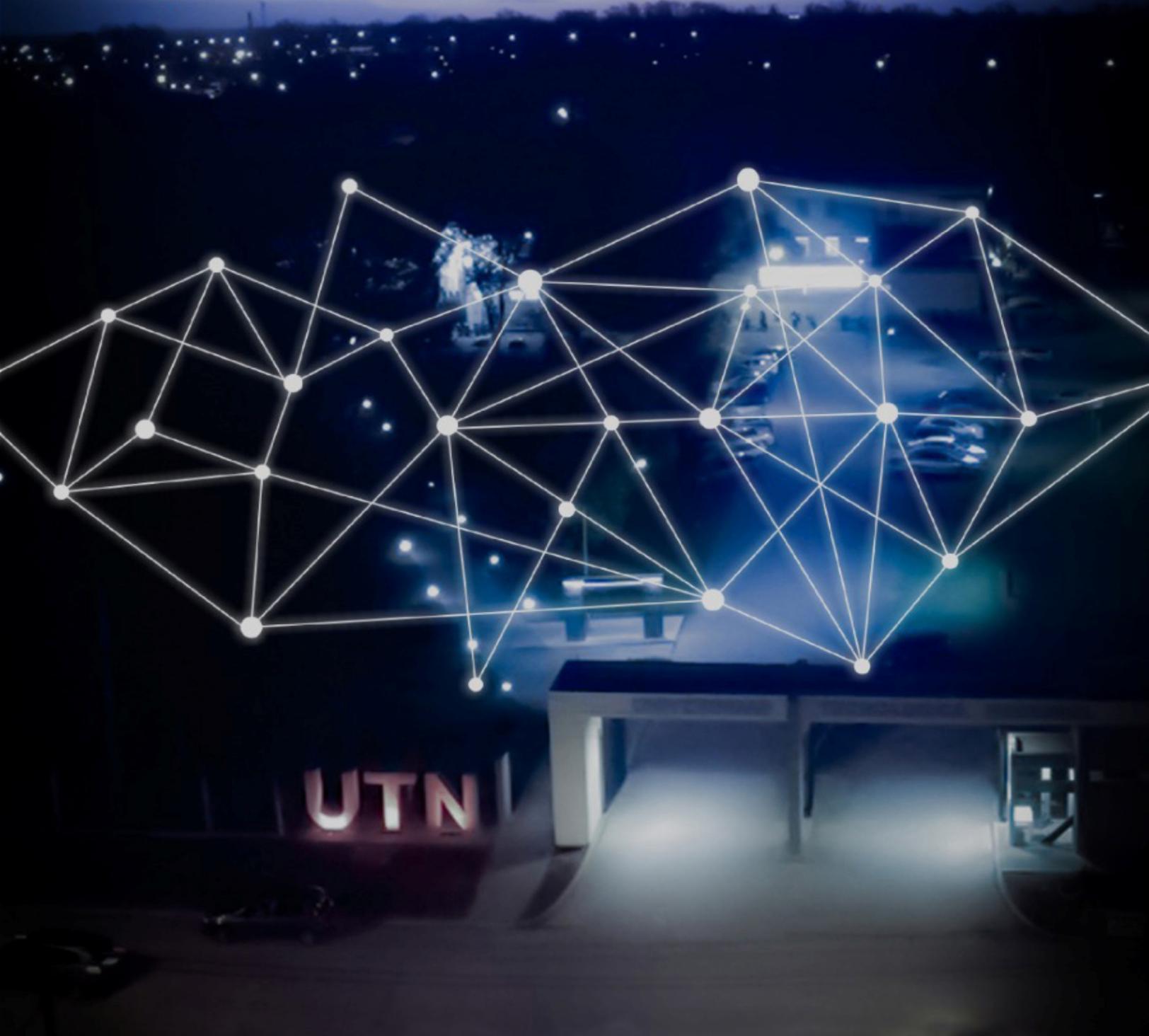




JORNADAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA 2021



UTN FACULTAD
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL REGIONAL
SAN FRANCISCO

SECYT FACULTAD
SECRETARIA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA REGIONAL
SAN FRANCISCO

**UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
NACIONAL**

AJEA
Actas de Jornadas y Eventos
Académicos de UTN

WWW.JORNADACYTUTNSANFRANCISCO2021.COM.AR

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Francisco

Jornadas de Ciencia y Tecnología 2021 de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco : 27 y 28 de octubre de 2021 / compilación de Alfonsina Ester Andreatta ... [et al.] ; ilustrado por Marcelo Ascencio. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Universidad Tecnológica Nacional, 2021.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-42-0206-6

1. Ingeniería. 2. Ciencias Tecnológicas. I. Andreatta, Alfonsina Ester, comp. II. Ascencio, Marcelo, ilus. III. Título. CDD 607.1

AJEA ISSN: 2683-8818

ISBN 978-950-42-0206-6



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.



Jornadas de Ciencia y Tecnología 2021

27 y 28 de octubre de 2021

Facultad Regional San Francisco

Memoria de Trabajos

Índice

Autoridades	Pág.9
Comité organizador y comité científico	Pág.11
Prólogo	Pág.12
Cronograma de actividades de las Jornadas	Pág.13
Conferencias plenarias	Pág.14
Trabajos de investigaciones	Pág.29

Ingeniería Electrónica

Análisis de la distorsión armónica total de un dispositivo de multiplexor y amplificador de audio....	Pág.31
R. Martín Guido; Fermín Scaliti; Fabián C. Tommasini.	
Visión estéreo con cámaras digitales de bajo costo para personas ciegas.....	Pág.38
Rodolfo Eduardo Neira; Gerardo Jorge Lurgo; Bruno Rubiolo; Fabián Agustín Burgos.	
Sistema de depilación laser basado en CNN.....	Pág.45
Ruben Roberto Navarro, Juan Carlos Colombo, Ruben Egea, Ángel Martin Leal.	

Ingeniería Electromecánica

Aplicaciones de la optimización topológica en Ingeniería Mecánica.....	Pág.53
Héctor Mina; Alejandro Bailo; Emanuel Giordano.	
Comparación entre dos métodos para el cálculo y selección de un tornillo de fijación o prisionero..	Pág.60
Jeremías R. Luque; Felipe A. Abraham; Ignacio R. Ortega Dall´Agata.	
Conformación de un kit didáctico sobre el funcionamiento de un DFIG.	Pág.68
Diego M. Ferreyra; Pablo A. Ferrero; Kevin D. Knüssel; Santiago M. Comba.	
Desarrollo de metodología para confección de un plan de expansión en una red de distribución con densidad alta de demanda.....	Pág.75
Ulises Manassero; Mariano Miguel Perdomo; Juan Pedro Fernandez; Irene Beatriz Steinmann; Pablo Sebastián Gaspoz.	
Efectos negativos en el suministro de la energía eléctrica debidos a la implementación de equipamientos electrónicos para iluminación.	Pág.82
Tomas Gabrielli; Mario Blume; Federico Conte.	
Estudio y diseño de una grabadora para identificación y trazabilidad de piezas metálicas.	Pág.91
Rodolfo Eduardo Neira; Julián Andrés Cavallo; Franco Damián Gribaudo; Rodolfo Eduardo Neira.	

Integración de vehículos eléctricos a las redes de distribución: desafíos en la demanda.....Pág.97
Sebastián U. Romero; Diego M. Ferreyra.

Polímeros conductivos biobasados: Evaluación de par AESO/CB.....Pág.104
Mariana Bernard, Franco Besso, María Laura Forte.

Protección contra rayos en granjas fotovoltaicas.Pág.111
Germán Zamanillo; Leonardo Sanchez; Gabriel Campetelli; Juan C. Gómez; Edgardo Florena; Hernán Rovere.

Protección interna contra sobretensiones por rayos en granjas fotovoltaicas.Pág.118
Germán Zamanillo; Edgardo Florena; Leonardo Sanchez; Gabriel Campetelli; Juan C. Gómez; Martin Mittino.

Simulación y Análisis del Arranque de Motores Asíncronos en el Hospital Central Reconquista.Pág.125
Franco Matías Cabas; Passarino, Pablo Matías; Saucedo, Nicolás Martín; Suligoy, Juan Pablo

Software de diagnóstico de motores de inducción.Pág.133
Omar D. Gallo; Diego M. Ferreyra; Alberto J. Díaz.

Ingeniería en Sistemas de Información

Accesibilidad en Sistemas e-Learning: Análisis de Necesidades.Pág.141
Iván Balmaceda Castro; Carlos Salgado; Mario Peralta; Alberto Sanchez.

Análisis y debilidades de la aplicación de metodologías ágiles.Pág.146
Sergio Daniel Conde; Ana Carolina Ferreyra; Daniel Garcia.

Definición de un instrumento evaluativo como apoyo a las empresas de Software y Servicios Informáticos (SSI).Pág.155
Walter Adrián Lucero; Carlos Humberto Salgado; Mario Gabriel Peralta; Alberto Antonio Sánchez; Luis Ernesto Roqué Fourcades; Javier Saldarini.

Detección de pose de objetos usando cámaras RGB para aplicaciones industriales.Pág.162
Rebeca Yuan, Micaela Mulassano, Bruno Chiabrando, Ibrahim Jaime, Gonzalo Cervetti, Javier Redolfi.

Generación de conocimiento de bases de datos para agricultura de precisión.Pág.167
Gustavo Eduardo Juarez; Daniel Eduardo Ibarra; Raul Eugenio Tejerizo; Ruben Olea; Francisco Vincente; Luis Vega Caro.

Modelo de balanceo de carga con calidad de servicio para aulas híbridas utilizando un Controlador SDN.Pág.174
Juan Carlos Calloni; Javier Daniel Saldarini; Federico Francia; Antonela Calloni.

Ontologías de usabilidad temprana: un estudio de mapeo sistemático de literatura.....Pág.181
María Alejandra Paz Menvielle; Brenda Elizabeth Meloni; Ana Belén Garneró; Karina Paola Ligorria; Marcelo Martín Marciszack.

Requisitos de calidad de datos: un aporte en el ámbito del desarrollo de sistemas de información. ..Pág.187
Claudio Carrizo, Javier Saldarini, Angélica Caro, Carlos Salgado, Alberto Sánchez, Mario Peralta

Sistema de detección de malware basado en patrones de llamadas al sistema en GNU/LinuxPág.194
Fabian Alejandro Gibellini; Sergio Ramón Quinteros; Germán Nicolás Parisi; Milagros Zea Cárdenas; Federico Javier Bertola; Ileana Maricel Barrionuevo; Leonardo Ramón Ciceri; Juliana María Notreni; Analía Lorena Ruhl

Una aproximación a la incorporación de Patrones de Negocio en el modelado de aplicaciones de Contratos Inteligentes.Pág.200

Oscar Carlos Medina; Marcelo Martín Marciszack; Mario Alberto Groppo.

Usabilidad Temprana en el Modelado Conceptual.Pág.204

Juan Carlos Moreno; Marcelo Martín Marciszack; Mario Alberto Groppo.

Ingeniería Industrial

Análisis de requerimientos de informática para el perfil ingeniero industrial.Pág.211

Blanca Carrizo; Jorge Abet; Constanza Caminos.

Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y su Relación con la Eficiencia Operacional en la Agroindustria .Pág.217

Oscar Pinto, Oscar Rete.

Ingeniería Química

Calidad microbiológica de budines no tradicionales envasados en atmosfera modificada.....Pág.224

Silvia A. Moyano, Jose M. Reynoso, Camila Bellotti, Melisa Baumam.

Diseño y formulación de un limpiador de vidrios.Pág.230

Federico Ezequiel Valle; Romina Bresso; Micaela Macagno; Paula Colombero; Vanina Alejandra Guntero.

Efectos antimicrobianos de aceites esenciales de Laurus nobilis y Eucalyptus cinerea aplicados en salchichas tipo Viena, inoculadas con Leuconostoc mesenteroides MS1.....Pág.235

Mónica A. Serra; Andrea del L. Quiberoni; Alfonsina E. Andreatta.

Encapsulación del acetato de vitamina E.Pág.241

Vanina Alejandra Guntero; Federico Ezequiel Valle; Romina Bresso; Micaela Macagno; Cristián Alejandro Ferretti.

Estado del arte del uso del quitosano pulverizado en la conservación de frutas frescas.....Pág.245

María A. Caula; Matías Raspo; Alfonsina Andreatta.

Esterificación catalítica del ácido levulínico con UiO-66, sistema batch y a presión.Pág.251

Daiana A. Bravo Fuchineco; Angélica C. Heredia; Mónica E. Crivello; Enrique Rodríguez Castellón.

Preparación y caracterización de nano- y micropartículas de sílice para la liberación controlada de atrazina.Pág.261

Federico Adrian Fookes; Carlos Alberto Busatto; María Eugenia Taverna; Maia Lescano; Diana Alejandra Estenoz.

Proceso para la Hidroximetilación de Lignina Kraft de Eucalipto: diseño y optimización.Pág.267

Micaela B. Peralta; Verónica V. Nicolau.

Producción de biodiesel a partir de diferentes aceites utilizando un catalizador mesoporosobimetálico.Pág.274

Edgar M. Sánchez Faba; Gabriel O. Ferrero; Griselda A. Eimer.

Sistemas de liberación de fármacos auto microemulsionables (SMEDDS)sólidos a base de aceite de hígado de bacalao para mejorarla biodisponibilidad oral de trans-resveratrol.Pág.281

Ankita Shah, Marcela Longhi, Abu Serajuddin, Carolina Aloisio.

Utilización de películas a base de quitosano para la conservación de tomates tipo Cherry.....Pág.288
Matías Alejandro Raspo; Cesar Gerardo Gomez; Alfonsina Ester Andreatta.

Valorización de biomasa residual olivícola mediante pirólisis catalítica.Pág.294
Nancy Florentina Bálsamo; Ayelén María Mansilla; Eliana Marcela Salgán; Dolores María E. Álvarez; Mónica Elsie Crivello.

Valorización de glicerol mediante el desarrollo de óxidos mixtos modificados con metales de transición.Pág.299
Dalma Sofía Argüello; Nancy Florentina Bálsamo; Mónica Elsie Crivello.

Licenciatura en Administración Rural

La degradación de los suelos y los costos ocultos asociados.Pág.309
Javier Vignolo; Natalia Benedetich; Stefania Capello; Daniel Ricci; Mónica Serra; Maricel Rovasio

Otras especialidades

Análisis energético de proyectos de generación renovable en la red de transmisión de CUYO y COMAHUE.Pág.317
Marcos M. Cea; Damián Cano; Juan Marcos Banegas; Javier Acosta; Pablo Gaspoz.

Análisis y planificación de la gestión del talento humano en grupos de I+D: enfoque basado en el conocimiento.....Pág.324
Paula Carolina Garnero.

Calidad en la producción y los servicios. Experiencia de un modelo de observatorio universitario en Argentina.Pág.331
Lucas Gabriel Giménez; Adriana Beatriz García; Demian Daniel Palumbo; Victoria Senia; Graciela Armenia Martínez; María Milagros Ferraresi; María Florencia Gallo.

Confinar pilas agotadas en hormigón.Pág.337
Edgardo Remo Benvenuto Pérez; Micaela A. Sanmartino; Carlos D. Fissore.

Desarrollo de un Sistema de Control y Medición de Potencia Mecánica de un Freno de Corrientes Parasitas para Ensayos de Motores Eléctricos de hasta 5 kW.....Pág.343
Franco Feck, Tomás Basilio, Franco Verón.

Descubrimientos de asteroides. Programa Internacional IASC.....Pág.349
Hugo Madonna; Mauricio Casalis; Nicolás Rocchia.

Detección de cadenas de fuerza en tolvas.Pág.354
Gabriel Darío Puccini; Sergio Eduardo Bertone; Matías Eduardo Peralta; Agustín Cabaña.

Efectos del trabajo virtual en el personal no docente de la UTN-San Francisco.Pág.360
Germán Yennerich; Alberto Toloza; César Mina; Myriam Bengtson.

Especies: contar o medir.....Pág.366
Edgardo R. Benvenuto Pérez; Micaela A. Sanmartino.

Evaluación de la vulnerabilidad del acuífero Pampeano frente a diferentes escenarios climáticos en la ciudad de Rafaela, Santa Fe (Argentina).	Pág.370
Milagros Márquez; Lara Tascón; Juan Nittmann.	
Impacto de generación distribuida renovable en la Operación del Sistema Interconectado Provincial de Entre Ríos.	Pág.376
Marcos Cea; Agustín Solari; Diego López; Juan Fernández; Pablo Marelli; Irene Steinmann.	
La gestión de la calidad como herramienta para una producción limpia y sustentable en la industria del hormigón elaborado.	Pág.381
Claudia Beltramone; Cristian di Gioia.	
Proyecto Aptitud: propuesta para los contenidos de una asignatura.	Pág.387
Edgardo Remo Benvenuto Pérez; Jorge Luis Contreras Vidal.	
Simulación preliminar del flujo de agua subterránea del acuífero freático en la cuenca del Arroyo Cululú, Santa Fe (Argentina)	Pág.393
Natalia Ramos; Joan Franzen; Andrés Capelino; Juan Nittmann.	
Subestación en IEC 61850 para una microred con recursos energéticos distribuidos. Parte I: construcción de la infraestructura.	Pág.400
Kevin Basilio; Franco Verón Lagger; Irene Steimann; Andrés Zottico .	
Subestación en IEC 61850 para una micro-red con recursos energéticos distribuidos. Parte II: Programación de los IEDs.	Pág.406
Kevin Basilio; Franco Verón Lagger; Irene Steimann; Andrés Zottico.	
Uso eficiente de válvulas para el control de presión en redes de distribución de agua.	Pág.413
Melina Denardi; Jezabel D. Bianchotti; Mario Castro-Gama; Gabriel D. Puccini.	
Utilización de residuos de cebada en la obtención de cerámicos porosos cocidos a diferentes temperaturas.	Pág.418
Cecilia Mazzola; Nancy E. Quaranta; Gisela G. Pelozo.	

Autoridades

Universidad Tecnológica Nacional – República Argentina

Rector: Ing. Héctor Eduardo Aiassa

Vicerector: Ing. Haroldo Tomás Avetta

Facultad Regional San Francisco – UTN

Decano: Ing. Esp. Alberto Toloza

Vice Decano y Director Dpto. Ingeniería en Sistemas de Información: Ing. Esp. Gabriel Cerutti

Subsecretaria General y Coordinadora Ingeniería Industrial: Ing. Carolina Apendino

Secretario Académico: Ing. Juan Calloni

Secretario de Extensión Universitaria y Cultura: Ing. Adrián Pagliano

Secretaria de Ciencia y Tecnología: Dra. Alfonsina E. Andreatta

Secretario Administrativo: Ing. Cesar D. Mina

Secretario de Asuntos Estudiantiles: Ing. Paulo Gianoglio

Subsecretario de Vinculación Tecnológica: Dr. Oscar Rete

Subsecretario de Posgrado: Ing. Claudia Verino

Subsecretaria de Planeamiento Académico: Lic. Vanina Fraire

Subsecretario de Tec. de la Comunicación y la Información: Ing. Sergio Felissia

Directora de Recursos Humanos: Tca. María Angélica Navarro

Directora Académica: Tca. Analía Armando

Directora Administrativa: Lic. Patricia Marchetti

Director de mantenimiento y servicios generales: Tco. Froilán Juan Gimenez

Director Dpto. Ingeniería Electromecánica: Ing. Ernesto Galiano

Director Dpto. Ingeniería Electrónica: Mag. Gastón C. Peretti

Directora Dpto. Ingeniería Química: Dra. Paula Garnero

Director Dpto. Licenciatura en Administración Rural: Cdor. Daniel Roberto Ricci

Director Dpto. de Materias Básicas: Ing. Gustavo Yoaquino

Organizan:



MIEMBROS DEL COMITÉ ORGANIZADOR

Alfonsina Ester Andreatta

Claudia del Valle Mercol

Jessica Pamela Pettiti

María José Gallo

MIEMBROS DEL COMITÉ CIENTÍFICO

Ing. Eduardo Galiano

Dra. Paula Garnero

Ing. Gustavo Yoaquino

Mg. Gastón Peretti

Cr. Daniel Ricci

Ing. Gabriel Cerutti

Dr. Diego Martín Ferreyra

Ing. Walter Tonini

Dra. Verónica Nicolau

Dra. María Eugenia Taverna

Ing. Raúl Marlatto

Dr. Matías Raspo

Ing. Emanuel Bernardi

Dr. Javier Redolfi

Mg. Juan Carlos Calloni

Ing. Javier Vignolo

Cra. Maricel Rovasio

Ing. Carolina Apendino

Ing. Diego Cocconi

Dra. Alfonsina Ester Andreatta

PRÓLOGO

Las Jornadas de Ciencia y Tecnología 2021, de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, busca a través de la presentación de investigaciones en marcha y de conferencias plenarias, estrechar lazos entre los distintos grupos de investigación de esta y otras Facultades relacionados a la ingeniería entre ellas de Electrónica, Electromecánica, Sistemas de información, Industrial, Química, Licenciatura en Administración Rural y resto de especialidades.

Estas Jornadas se vienen desarrollando desde el año 2002 y son coordinadas por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la UTN Facultad Regional San Francisco y constituyen un espacio de abordaje de contenidos científicos y tecnológicos para estudiantes, docentes e investigadores y profesionales.

Las conferencias plenarias fueron especialmente seleccionadas por el consejo asesor de cada uno de los departamentos de las carreras que se dictan en la Facultad; las cuales abordan temas específicos de cada carrera como así también temas como Vigilancia tecnológica e inteligencia estratégica, patentes y difusión de la ciencia y la tecnología, entre otros.

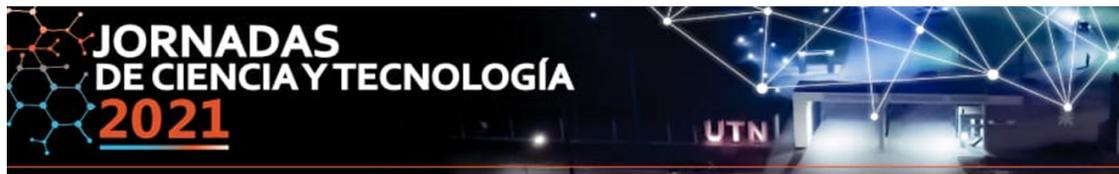
Como en la edición anterior, las Jornadas de Ciencia y Tecnología 2021 se presentan en modalidad virtual; más precisamente a través de la plataforma Zoom y mediante transmisión en vivo por el canal de youtube de la Facultad Regional San Francisco.

En esta edición, se han recibido 60 trabajos de investigación que se presentan en este libro digital; el cual posee referato y cumple con las normativas de la revista AJEA (Actas de jornadas y eventos académicos de la UTN).

Los principales beneficios son:

- Conocer y generar proyectos conjuntos de investigación coordinados entre distintas áreas especializadas de la Facultad y Facultades vecinas.
- Desarrollo de proyectos de transferencia entre el área académica y la industria.
- Fortalecimiento de las actividades de investigación de los docentes de la Facultad.

Cronograma de actividades de las Jornadas



CRONOGRAMA

MIÉRCOLES 27 DE OCTUBRE

13:30hs. Acto de apertura

14:00hs. Mg. Nancy Verónica Pérez Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica: herramientas diferenciadoras de gestión de la información en CyT para la toma de decisiones

14:30hs. Dr. Marco Mora Clasificación de millones de huellas dactilares mediante Redes Neuronales de Aprendizaje Extremo

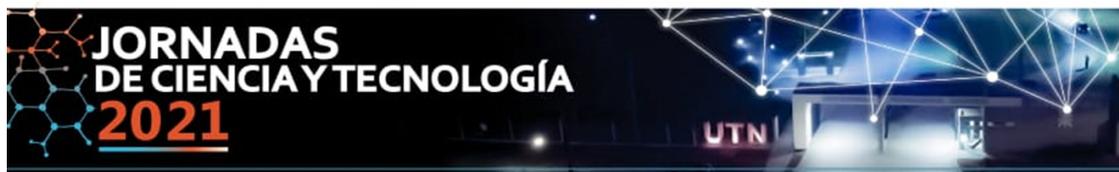
15:35hs. Ing. Pablo Paz ¿Por qué tod@ ingenier@ debería conocer sobre patentes?

16:45hs. Ing. Nicolás Bruna Todos los caminos conducen al Phishing. Paso a paso del ciberdelincuente para un ataque exitoso

17:50hs. Dr. Julius Koritschoner Modelado sitio-específico de la mineralización de carbono del suelo

18:30hs Dr. Pablo Arena Identificando puntos críticos ambientales en sistemas energéticos con Análisis de Ciclo de Vida

19:00hs Mg. Ing. Adrián Gonnet Generación de energía térmica y eléctrica a partir de celdas de combustible



CRONOGRAMA

JUEVES 28 DE OCTUBRE

14:15hs. Dr. Gastón Araguás Robots móviles autónomos

15:00hs. Dr. Gonzalo Perez Paina Robot educativo de diseño abierto EduRoMAA

15:45hs. Dr. Diego González Dondo Detección de elementos de protección personal en tiempo real

16:25hs. Dra. Yamila Victoria Vazquez Plásticos RAEE y Economía Circular

17:25hs. Dra. Laura Moyano Residuos agroindustriales: una fuente de productos con múltiples aplicaciones

18:05hs. Mg. Franco Novara Indicadores para la toma de decisiones en la gestión de operaciones

19:05hs. Invitado Especial: DR. DIEGO GOLOMBEK "Contar la ciencia y la tecnología para tod@s"



CONFERENCIAS PLENARIAS



Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica: herramientas diferenciadoras de gestión de la información en CyT para la toma de decisiones

MSc. Lic. Nancy Verónica Pérez*

nperez606@gmail.com

Resumen de la Exposición: Herramienta de gestión de la innovación que necesitan utilizar las organizaciones, la que mediante un proceso de recolección, interpretación y análisis de los datos tomados permite una mejor toma de decisiones y atender el medio que les rodea respecto a los problemas y oportunidades que ofrece el mercado en el mundo globalizado.

*Candidata a Doctora de Ciencias Sociales y Empresariales (UCES/FH Mainz University of Applied Sciences), aplicado a las Organizaciones. Magister en Ciencia, Tecnología y Sociedad (UNQUI). Gestora Tecnológica y de Innovación (UNLZ, GTEC), cumpliendo la función hace 10 años de investigadora, analista, vinculadora y especialista en Ciencia, Tecnología e Innovación, en Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica, Territorial y de Mercado (Marketing Intelligence).

Licenciada en Publicidad con orientación en Investigación Científica y de Mercados de la Facultad de Ciencias Sociales (UJK) y ha estudiado la carrera de Analista de Sistemas (UJK).

Investigadora Científica (Área de estudio: "Vinculación Universidad-Sociedad-Estado"). Tutora Universitaria (tesis, tesina y proyecto final de grado/posgrado). Autora de diversas Producciones Científicas-Tecnológicas. Evaluadora en diferentes Comités Editoriales. Participación desde hace 15 años en Proyectos CTI, servicios de Asistencia Técnica y Redes de Investigación Científica/Académica, con financiamiento nacional e internacional (CYTED-INNRED, PNUD, FO.AR, ERASMUS, RISE, Diálogos i2Latam-Mimir Andino, AL-INVEST MERCOSUR - Chile y Venezuela). Expositora/Disertante en Eventos, Conferencias y Mesas Redondas en Latino-Iberoamérica. Organizadora Integral de Eventos CTI y Actividades de Comunicación Pública.

Durante 23 años se ha desarrollado en el ámbito gubernamental, como gestora tecnológica y de innovación estratégica en áreas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación.

En los últimos 10 años, tuvo a cargo la "Coordinación de Estudios, Vigilancia e Inteligencia Estratégica". Co-creadora y Responsable de la primera y única iniciativa de su tipo en la Argentina, que apunta a la promoción, sensibilización y gestión de actividades de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Estratégica como política de CTI en el Estado Nacional, Programa Nacional VINTEC, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Evaluadora de proyectos dirigidos al mejoramiento de la productividad del sector privado, Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR), Agencia Nacional Científica y Tecnológica (ANCyT).

Actualmente, se desempeña en el ámbito académico; en la Secretaría de Ciencia y Técnica, Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER), Asesora Técnica en CTI, en Vinculación (Universidad-Sociedad-Estado) y Gestión de Proyectos CTI y en I+D+i, Docente Universitaria, carrera grado/posgrado a nivel nacional (UNER, UADER, UPE, UTN, UNDEF, UCE, UNLu), Apoyo Técnico en la generación de Observatorios de VT-IE (Sistemas Integrales) bajo Normas AENOR/IRAM" y Docente Latino-Iberoamérica (OVTT-UA, PUCP, UNMSM, CONCYTEC, ITP-CITE, UC, USTA, TECNOPOLI, PTI, UNAD, entre otras).

Clasificación de millones de huellas dactilares mediante Redes Neuronales de Aprendizaje Extremo

Dr. Marco Mora*

marcomoracofre@gmail.com

Resumen de la Exposición: La huella dactilar se utiliza ampliamente en sistemas de identificación biométricos, debido a que permite distinguir personas en forma robusta y por el bajo costo de la tecnología asociada a su captura. La literatura muestra que, según la geometría de los relieves de la yema de los dedos, las huellas dactilares pueden clasificarse en cinco categorías principales: Arco, Arco de carpa, Lazo izquierdo, Lazo derecho y Verticilo. El reconocimiento automático de las personas basado en huellas dactilares requiere la comparación de una huella dactilar de entrada con un gran número de huellas dactilares en una base de datos. El agrupamiento de huellas según su clase permite reducir el tiempo de búsqueda en la base de datos, pues se realiza dicha búsqueda en grupos de huellas con menos muestras. Por otro lado, las Redes Neuronales de Aprendizaje Extremo (ELM) están siendo ampliamente estudiadas debido a que tienen niveles de performance similares a los clasificadores tradicionales tales como las Redes de Retropropagación (MLP) y a las Máquinas de Soporte Vectorial (SVM), pero presentan un algoritmo de entrenamiento mucho más rápido. La presente charla muestra los primeros resultados científicos del proyecto Fondecyt Regular 2020 Very Large Finger Classification based on a Fast and Distributed Extreme Learning Machine Neural Network, el cual tiene como objetivo principal desarrollar un método de clasificación de huellas dactilares basado en una red ELM entrenada con millones de muestras. El método desarrollado permite entrenar un clasificador ELM con 18 millones de huellas en tiempos razonables y elevados niveles de performance.

*Ingeniero en Electrónica y Magíster en Ingeniería Eléctrica en la Universidad de Concepción, Chile, en 1998 y 2004, respectivamente; Doctor en Ciencias de la Computación del Instituto Nacional Politécnico de Toulouse (INPT), Universidad de Toulouse, Francia, en 2008. Actualmente es profesor del Departamento de las Ciencias de la Computación e Industria, Director del Laboratorio de Investigaciones Tecnológicas en Reconocimiento de Patrones LITRP, de la Universidad Católica del Maule, Chile, y Presidente de la Asociación Chilena de Reconocimiento de Patrones ACHIRP para el período 2021-2024. Sus intereses de investigación son el Procesamiento de Imágenes Digitales, Redes Neuronales, Biometría y aplicaciones industriales del Reconocimiento de Patrones.

¿Porqué tod@ ingenier@ debería conocer sobre patentes?

Ing. Pablo Paz*

pablofpaz10@gmail.com

Resumen de la Exposición: : Relevancia de conocer de patentes, aún más por parte de ingenieras e ingenieros, de modo de que eviten infringir derechos de otros y tener que parar una producción o comercialización de productos, para no perder la posibilidad de patentar productos o procesos desarrollados, para lograr que nuestros productos o procesos sean exitosos, para ser eficientes encontrando socios o aliados, para ser eficientes en desarrollar productos, para no perder el dinero invertido en presentar patentes que luego serán denegadas, porque no podemos ser competitivos si no conocemos a nuestros competidores, porque cada problema que buscamos resolver seguramente posee una solución pensada por alguna persona del mundo, y porque podremos a través del conocimiento de patentes ser más competitivos e innovadores.

*Ingeniero experto en patentes, capacitador de centros CATIs de Latinoamérica en Seminarios y Talleres llevados a cabo por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. Cuenta con casi 30 años de experiencia en búsqueda y redacción de patentes, modelos de utilidad y diseños industriales, realización de informes de patentabilidad, y de libertad de comercialización de productos y servicios. Es así mismo coordinador de tutores en cursos a distancia de OMPI DL318 Información de Patentes y DL320 – Redacción de Patentes. Asesora y capacita en estrategias internacionales de patentamiento a Universidades, Centros de Investigación, emprendedores, inventores y PYMEs de Latinoamérica.

Todos los caminos conducen al Phishing. Paso a paso del ciberdelincuente para un ataque exitoso

Ing. Nicolás Bruna*

bruna.nicolasgustavo@gmail.com

Resumen de la Exposición: Demostrar cómo un ciberdelincuente puede recolectar y analizar información a través de herramientas gratuitas para guiar sus decisiones y realizar un ataque de Phishing con éxito.

*Product Manager de SMARTFENSE. Es uno de los autores de la Guía de Ransomware de OWASP y el Kit gratuito de autodiagnóstico de Teletrabajo Seguro. Ha escrito dos whitepapers sobre la seguridad de la información, y más de 50 artículos sobre concientización de usuarios. También forma parte del equipo asignado por SMARTFENSE para el mantenimiento de Antiphishing Latinoamérica, proyecto creado por SeguInfo.

Se encuentra liderando varios proyectos de Seguridad, entre ellos el Calculador de Costos de Ransomware, en su objetivo profesional por desarrollar indicadores gerenciales que permitan representar los riesgos de la capa humana.

Modelado sitio-específico de la mineralización de carbono del suelo

Dr. Julius Koritschoner*

juliuskori@gmail.com

Resumen de la Exposición: : Los objetivos de este trabajo fueron estimar los parámetros de la cinética de mineralización de C del suelo a corto plazo en diferentes lugares dentro de una región y explorar las correlaciones entre los parámetros cinéticos específicos del sitio y las propiedades edafoclimáticas de los sitios muestreados. El estudio involucró 150 sitios con diferentes características de suelo y clima muestreados en un área de 165.000 km² en el centro de Argentina. Los datos de C-CO₂ se obtuvieron a partir de experimentos de incubación de laboratorio de 28 días de las 150 muestras de suelo. Se probaron tres modelos (exponencial, hiperbólico y de potencia), que dependen de forma no lineal de sus parámetros, para describir el CO₂-C acumulado promedio de la población. El mejor ajuste lo proporcionó el modelo de potencia con efectos aleatorios tanto en la tasa de mineralización inicial de C como en el coeficiente de tasa de mineralización. Los resultados sugieren procesos heterogéneos de mineralización de C en las zonas edafoclimáticas de Córdoba. Se esperan menores cantidades de CO₂-C (800 mg C kg⁻¹ suelo) a los 28 días de mineralización en suelos franco arenosos con menor materia orgánica que en suelos francos ricos (más de 1000 mg C kg⁻¹ suelo). Un estudio relacional que explica los parámetros de la curva de mineralización sitio-específicos partir de propiedades edafoclimáticas del sitio indicó una mineralización de C a corto plazo significativamente más alta en suelos con alta materia orgánica y fertilidad química del suelo.

*Doctor en Ciencias Agropecuarias. Escuela para Graduados, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. Maestría en geomática y geoinformación, Universidad de Jaén, España. Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Docente universitario de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Universidad Nacional de Villa María, Universidad Nacional de Córdoba. Actualmente, es becario de maestría por la Asociación Universitaria Iberoamericana de Posgrado (AUIP) y becario de doctorado, CONICET, Lugar de realización: FCA, UNC.

Apasionado por el suelo y la ciencia de datos aplicada. Pensamiento analítico aplicado a proyectos. Con 10 años de experiencia en experimentación agrícola, incluyendo diseño y manejo de ensayos a campo, análisis de laboratorio, redacción de artículos científicos y manejo de recursos aplicados a proyectos técnico-científicos.

Identificando puntos críticos ambientales en sistemas energéticos con Análisis de Ciclo de Vida

Dr. Pablo Arena*

aparena@gmail.com

Resumen de la Exposición: Se abordará el análisis de los inconvenientes comúnmente asociados con la identificación y cuantificación de los problemas ambientales asociados ocasionados por productos y sistemas, con énfasis en los sistemas energéticos. Se mostrarán los aspectos principales de la metodología del análisis de ciclo de vida, sus aplicaciones. Importancia del método para la detección de hotspots (puntos calientes) ambientales y oportunidades de mejora. La comunicación de impactos a través de huellas ambientales (huella de carbono, huella de agua, huella energética). Declaraciones ambientales de productos. Comparación entre productos. Huella ambiental de la comunidad europea (PEF). Influencia sobre el alcance de los Objetivos de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas, y protección de mercados.

*Profesor titular e investigador de la Universidad Tecnológica Nacional, e Investigador de CONICET.

Fundador y actual director del Grupo de I+D CLIOPE "Energía, ambiente y desarrollo sustentable", de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza, orientado a las energías renovables y la evaluación ambiental de productos y servicios con óptica de ciclo de vida.

Ha dirigido numerosos proyectos de I+D, y contribuido a la formación de becarios alumnos, graduados y de posgrado. Director de varias tesis de Maestría y Doctorado. Ha dirigido numerosos proyectos de I+D, con financiamiento de fuentes locales e internacionales.

Ha dictado capacitaciones y cursos de posgrado sobre Análisis de Ciclo de Vida, Análisis de Costo de Ciclo de Vida, Vivienda sustentable y Energías renovables en numerosas universidades del país y del exterior.

Co-fundador y actual director de la Maestría en Desarrollo Sustentable del Hábitat Humano, y del Doctorado en Ingeniería, Mención Civil - Ambiental.

Es miembro fundador de la Red Iberoamericana de Ciclo de Vida, de la cual fue chair en el período 2021-2013, y vice-chair en 2013-2015.

Es miembro fundador y actual presidente de la Red Argentina de Ciclo de Vida.

Es Revisor de estudios de ciclo de vida, y verificador de ecoetiquetas tipo III (Declaraciones ambientales de productos) del International EPD System.

Generación de energía térmica y eléctrica a partir de celdas de combustible

Mg. Ing. Adrián Gonnet*

gonnet@frbb.utn.edu.ar

Resumen de la Exposición: En la actualidad los sistemas basados en celdas de combustible utilizados para proveer energía eléctrica y calor, prometen ser una alternativa para solucionar algunos de los inconvenientes que afronta nuestro planeta, tanto desde el punto de vista energético como del climático.

Estos sistemas que producen electricidad y calor por cogeneración, a partir de una única fuente de combustible reciben la denominación de CHP. Cuando se los compara con la forma tradicional de abastecer de electricidad y calor se obtienen importantes ventajas; con ellos se logran eficiencias muy elevadas, se eliminan las pérdidas en la transmisión eléctrica y se reduce la emisión de CO₂. Para obtener estos importantes beneficios, resulta fundamental establecer un diseño adecuado del sistema, que permita utilizar eficientemente el calor producido por cogeneración.

Una celda de combustible constituye la parte fundamental de un sistema micro CHP, convirtiendo hidrógeno puro, biogás, gas natural u otros hidrocarburos en electricidad y calor mediante cogeneración. La conversión es directamente desde energía química del combustible a energía eléctrica y calor, por lo tanto, logran una eficiencia más alta que las tecnologías basadas en máquinas que convierten primero la energía química en mecánica y luego en eléctrica y calor.

Varios países están desarrollando programas para incentivar la utilización de los sistemas CHP residenciales. De esta manera se pretende demostrar los beneficios que su utilización masiva provocaría tanto en el ahorro de energía primaria como en la reducción de las emisiones de CO₂.

*Ingeniero Electricista egresado de la Facultad Regional Bahía Blanca (FRBB) de la UTN, Magister en Ingeniería en la Universidad Nacional del Sur e Integrante del Grupo de Estudios Sobre la Energía (GESE) de la FRBB.

Responsable de la instalación y puesta en marcha de un sistema de celda de combustible de membrana polimérica y el abastecimiento de hidrógeno gaseoso. El sistema se instaló en el año 2010, en el laboratorio de Ingeniería Eléctrica de la FRBB.

Docente en las carreras de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Mecánica de la FRBB. Profesor titular en la asignatura Tecnologías y Ensayos de los Materiales Eléctricos.

Director del proyecto de investigación y desarrollo: "Evaluación de sistemas CHP, que integran electricidad y calor para uso residencial y comercial en la Provincia de Buenos Aires".

Autor de artículos sobre utilización de celdas de combustibles y sistemas CHP en las revistas: International Journal of Hydrogen Energy, Tecnología y Ciencia (Rectorado UTN) e Ingenio Tecnológico (FRLP UTN).

Robots móviles autónomos

Dr. Gastón Araguás*

garaguas@gmail.com

Resumen de la Exposición: La robótica móvil está presente en la sociedad desde hace varias décadas, particularmente en el ámbito industrial, en el formato conocido como vehículo auto guiado (AGVs por sus siglas en inglés). Un AGV consisten básicamente en un robot móvil que realiza un recorrido predeterminado y guiado por algún sistema fijo como una cinta magnética pegada al piso o mediante sistemas más complejos como los de balizas activas. La instalación y mantenimiento de los sistemas de guiado y la poca flexibilidad en el cambio de recorridos por un lado, y la madurez que han adquirido los algoritmos de navegación (que hasta hace poco tiempo eran sólo de interés para investigación) por el otro, han dado lugar a los llamados robots móviles autónomos (AMRs por sus siglas en inglés). El uso de los AMRs en la industria está en crecimiento y sin que eliminen totalmente a los AGVs, se espera que en corto plazo reemplacen a un gran número de ellos.

*Ingeniero Electrónico, Dr. en Ingeniería. Docente-Investigador. Profesor titular del departamento de Electrónica de UTN Facultad Regional Córdoba, Director del Centro de investigación en Informática para la Ingeniería CIII. Director del programa de Doctorado en Ingeniería, mención Electrónica de la UTN-FRC. Miembro de la comisión de posgrado de UTN.

Robot educativo de diseño abierto EduRoMAA

Dr. Gonzalo Perez Paina*

gfperezpaina@gmail.com

Resumen de la Exposición: Se presentará el robot con fines educativos “EduRoMAA” desarrollado bajo un proyecto de I+D homologado de la Universidad Tecnológica Nacional. El robot EduRoMAA es un robot diseñado para ser utilizado como herramienta didáctica en cursos de programación de sistemas embebidos en la carrera de Ingeniería Electrónica de la UTN- Facultad Regional Córdoba. Se muestran el diseño y proceso de fabricación de las diferentes versiones del robot, en el que han participado diferentes becarios del Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería de nuestra Facultad.

*Docente-investigador de la Facultad Regional Córdoba de la Universidad Tecnológica Nacional. Ingeniero en electrónica y Doctor en Ingeniería mención electrónica por la UTN. Actualmente es Profesor Adjunto de dedicación exclusiva en la cátedra “Informática II” y “Fundamentos de robótica móvil” del Departamento de Ingeniería Electrónica de la UTN-Facultad Regional Córdoba. Los temas de interés en I+D son la robótica móvil, visión por computadoras y sistemas embebidos.

Detección de elementos de protección personal en tiempo real

Dr. Diego Gonzalez Dondo*

diegobcuadro@gmail.com

Resumen de la Exposición: En este trabajo se presenta un sistema para la detección de uso de elementos de protección personal en ambientes industriales, tales como guantes, cascos y lentes. Recientemente con el advenimiento de la pandemia se incorporó los barbijos como elemento a detectar. El mismo se compone de un sistema de adquisición y procesamiento de imágenes basado en redes neuronales profundas en conjunto con un sistema de visualización y alarma. El esquema funciona en tiempo real. Si bien las personas admiten fácilmente que el correcto uso de los diferentes equipos de protección personal (EPP) son de gran utilidad para disminuir los riesgos de accidentes laborales o contagios, el uso continuo y prolongado de estos elementos suele generar incomodidad al trabajar. Una forma de garantizar su uso en ambientes de trabajo es mediante un sistema de control inteligente que mediante un monitoreo permanente pueda generar una alarma o inhibir el acceso a una determinada área al detectar un uso indebido, o no uso, de estos EPPs.

*Dr. en Ingeniería Electrónica. Investigador del Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería (CIII) de la UTN- Facultad Regional Córdoba. Profesor en la carrera de Ingeniería Electrónica en la misma casa de estudios. Actualmente, participa en proyectos de robótica educativa e inteligencia artificial entre otros.

Plásticos RAEE y Economía Circular

Dra. Yamila Victoria Vazquez*

yvazquez@plapiqui.edu.ar

Resumen de la Exposición: Los plásticos provenientes de residuos de artículos de eléctrica y electrónica (RAEE) conforman una corriente de residuos que crece continua y exponencialmente. Actualmente, no cuenta con sistemas de gestión y valorización, alineados al uso masivo y generalizado de los mismos. En este sentido, es necesario el diseño de estrategias de gestión sostenible que permitan la reinserción de estos materiales en el ciclo de vida de los plásticos, cerrando así el ciclo de economía circular. Mediante el análisis de distintas metodologías de valorización de plásticos RAEE propuestas en la literatura, surge que la alternativa más económica y ecológicamente viable es el reciclado mecánico de los plásticos RAEE mayoritarios mezclados. Para ello, es necesario utilizar distintas metodologías para incrementar las propiedades (y por ende el valor del producto final), priorizando el uso de procesos económicos y operativamente sencillos y seguros para los trabajadores. De los resultados obtenidos, sobre mezclas de plásticos RAEE reales, la “auto-compatibilización” se presenta como una metodología altamente promisorio para las empresas recicladoras. La razón se debe principalmente a que, las mezclas de estos materiales recuperados pueden ser utilizadas en reemplazo de los plásticos separados por tipo. Incluso, las propiedades finales de los materiales obtenidos permiten utilizar estos plásticos en una gran variedad de aplicaciones o en el desarrollo de nuevos productos.

*Yamila Victoria Vazquez es Ingeniera Química y Doctora en Ingeniería Química. Actualmente es Investigadora Asistente de CONICET en la Planta Piloto de Ingeniería Química (PLAPIQUI) y Jefa de Trabajos Prácticos en la cátedra Estudio de los Materiales en la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Sur. Sus principales líneas de investigación se desarrollan en el campo del reciclado de plásticos provenientes de artículos de eléctrica y electrónica (RAEE) y sostenibilidad de materiales plásticos.

Residuos agroindustriales: una fuente de productos con múltiples aplicaciones

Dra. Elizabeth Laura Moyano*

lauramoy99@gmail.com

Resumen de la Exposición: La gestión de los residuos es sin duda uno de los principales retos con los que se encuentran las sociedades actualmente, dado su progresivo incremento en la producción y su impacto ambiental, económico y social. La mayor parte de estos residuos continúan actualmente teniendo un destino final poco sostenible a nivel ambiental. No obstante, la tendencia es ir reduciendo esta práctica en favor de alternativas más interesantes, tanto desde el punto ambiental como económico.

El aprovechamiento al máximo de cualquier subproducto generado durante un proceso industrial es un desafío cotidiano. Una de las formas de reciclar o valorizar estos desechos es desarrollar aplicaciones concretas de uso que sean factibles con las características de estos. La valorización incluye todos aquellos circuitos que permiten el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos y puede ser material o energética. Los subproductos industriales forman parte de lo que se denomina biomasa residual y contiene una gran cantidad de materia orgánica que puede ser eficientemente transformada. En general la biomasa es considerada una fuente de energía renovable y de compuestos químicos con potencial para contribuir a las necesidades de consumo de la sociedad actual y de la economía mundial. En esta presentación se mostrarán los avances del grupo de investigación en pos de transformar diferentes residuos agroindustriales mediante técnicas termoquímicas en productos líquidos, sólidos y gaseosos de mayor valor agregado con posibilidades de comercialización.

*Dra. en Ciencias Químicas de la Facultad de Ciencias Químicas - UNC. Profesora Asociada (DE) por Concurso de la Facultad de Ciencias Químicas - UNC. Miembro de la Carrera de Investigador Científico, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Categoría: Principal. Miembro del Instituto de Investigaciones en Físicoquímica Orgánica de Córdoba (INFIQC). Directora del Grupo de Investigación "Productos a partir de Pirólisis de Biomasa y Síntesis de Heterociclos" del Departamento de Química Orgánica de la Facultad de Ciencias Químicas, UNC. Directora del Departamento de Química Orgánica de la Facultad de Ciencias Químicas, UNC. Co-autora de más de 50 publicaciones científicas, varios capítulos de libro y patentes en el área de Química Orgánica. Directora de nueve tesis de doctorado finalizadas y cuatro en curso, de cuatro investigadores, varios becarios de grado, posgrado y posdoctorandos.

Indicadores para la toma de decisiones en la gestión de operaciones

Ing. Franco Novara*

fnovara@facultad.sanfrancisco.utn.edu.ar

Resumen de la Exposición: : Así como ocurre en muchas áreas de trabajo, en la gestión de operaciones (planificación industrial, manufactura, logística, etc.) los gestores toman numerosas decisiones a diario. La gran mayoría, a contra reloj y con información parcial/incompleta; e inclusive, muchas veces, con información errónea. Más aún, en ciertas ocasiones, el tomador de decisiones, ante la falta de información objetiva, procede de manera intuitiva. Por supuesto, habitualmente los resultados no son los esperados ni deseados.

El área de gestión de operaciones, asimismo, se caracteriza por estar compuesta de sistemas complejos donde las decisiones tomadas están separadas, en tiempo y espacio, del momento y lugar en que sus resultados se manifiestan. Esto impide corregir las malas decisiones rápidamente, aprender de los errores, etc.; en otras palabras, acrecienta el problema introducido anteriormente.

Para mitigar esta situación, es importante que el tomador de decisiones acceda a la información oportuna, en el momento adecuado y que, además, sepa interpretarla y traducirla en las acciones correctas. Aunque la disponibilidad de datos es un problema cada vez más pequeño, la calidad, relevancia, etc. de los mismos permanece como un desafío abierto. Más aún, pasar de los datos a decisiones de negocio oportunas es una brecha aún abierta y vigente.

En esta exposición se aborda la temática, así como algunas líneas de acción para atacar el problema, desarrollar una gestión objetiva y encontrar las vinculaciones apropiadas entre datos y negocio/área de decisión. Esto, sin lugar a dudas, requiere profesionales que sean capaces de entender ambos lados del problema (generación de la información y dinámica de la toma de decisiones).

*Es Ingeniero industrial de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Litoral, ha finalizado la Maestría en Dirección de Empresas, UADE, y le resta la tesis de su carrera de doctorado en Ingeniería, mención en Ingeniería Industrial, UTN Santa Fe.

Posee como formación específica las siguientes capacitaciones: Coaching ontológico, Certified in Production and Inventory Management, Diplomatura en Supply Chain Management, Marketing y Logística: Gestión logística, de materiales y de la cadena de suministro, Planificador Logístico, Experto universitario en Six Sigma Green Belt, Project Management.

Actualmente se desempeña como consultor en operaciones y gestión empresarial, enfocado en el desarrollo de soluciones de alto valor agregado para problemas específicos (medición del desempeño en negocios, simulación de procesos para su rediseño, desarrollo de aplicaciones informáticas, ruteo dinámico de vehículos, análisis de datos, etc.)

Con 8 años de experiencia docente, la academia constituye una parte importante de su actividad actual. Se encuentra dictando asignaturas vinculadas a las operaciones industriales y evaluación de desempeño, tanto en cursos de grado y posgrado, localmente y para programas internacionales. También desarrolla actividades de investigación y publica activamente, en el marco de la actividad académica, en el área de scheduling industrial, evaluación de desempeño y logística.

Contar la ciencia y la tecnología para tod@s

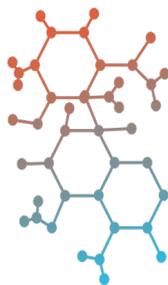
Dr. Diego Golombek*

dgolombek@gmail.com

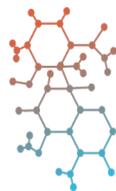
Resumen de la Exposición: : Se hablará sobre la comunicación pública de la ciencia como una actividad más de la investigación científica.

*Doctor en Ciencias Biológicas y divulgador científico argentino. Se desempeña como profesor titular regular de la Universidad Nacional de Quilmes, investigador superior del CONICET y Director ejecutivo Instituto Nacional de Educación Tecnológica. Desde comienzos de los 2000, ha mechado su actividad científica con actividades de divulgación, gracias a las cuales se ha convertido en uno de los científicos más conocidos del país. Desde un principio se ha mostrado optimista sobre el futuro del periodismo científico y de su efecto sobre el entendimiento del público general. Entre sus actividades como divulgador se destaca su participación en el programa "Científicos Industria Argentina" y la edición de la colección de libros "Ciencia que ladra" que cuenta con el libro más vendido en Argentina con más de 500.000 ejemplares. También fue asesor científico del programa de Discovery Channel, "La Fábrica". Además, fue conductor del programa "Proyecto G" en el canal Encuentro de Argentina. Por sus tareas de divulgación científica ha ganado el premio Konex 2007 y nuevamente en 2017, el Konex de Platino. También obtuvo el Premio Ig Nobel de Aviación en 2007.

Trabajos de investigaciones



Ingeniería Electrónica



Análisis de la distorsión armónica total de un dispositivo demultiplexor y amplificador de audio

Total harmonic distortion analysis of an audio demultiplexer-amplifier device

R. Martín Guido *

Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), CONICET, UTN Facultad Regional Córdoba, Argentina.
rguido@frc.utn.edu.ar

Fermín Scaliti *

Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), CONICET, UTN Facultad Regional Córdoba, Argentina.
ferminscaliti@gmail.com

Fabián C. Tommasini

Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), CONICET, UTN Facultad Regional Córdoba, Argentina.
ftommasini@frc.utn.edu.ar

* Contribución igualitaria en la elaboración del trabajo

Resumen

Diversas aplicaciones acústicas experimentales, como la medición de funciones de transferencia de cabeza (HRTFs), utilizan múltiples canales de salida de audio que no se activan simultáneamente. Es posible entonces realizar una demultiplexación analógica a partir de una menor cantidad de canales. En este trabajo se evaluó objetivamente la calidad sonora de un sistema demultiplexor y amplificador de audio utilizado en conjunto con la cadena electroacústica de un sistema de medición de HRTFs. Se realizaron mediciones eléctricas y acústicas utilizando la distorsión armónica total (THD) como parámetro de calidad. Los resultados arrojaron que la THD eléctrica promedio es $0,061\% \pm 0,002\%$, mientras que la THD acústica promedio es $0,056\% \pm 0,002\%$, en las mejores condiciones. Estos valores se encuentran dentro de los parámetros de calidad deseables (THD menor a 1%) según la literatura. Se evaluaron también otras condiciones experimentales acústicas que permitieron tomar decisiones acerca del mejor uso del dispositivo.

Palabras clave: Electroacústica, Amplificadores de Audio, Demultiplexación de Señales, Distorsión Armónica Total

Abstract

Several experimental acoustic applications, such as the measurement of head-related transfer functions (HRTFs), use multiple audio output channels that are not activated simultaneously. It is then possible to perform an analog demultiplexing from a fewer number of channels. In this study, the sound quality of an audio

demultiplexer-amplifier system used in conjunction with the electroacoustic chain of an HRTF measurement system was objectively evaluated. Electrical and acoustic measurements were performed using total harmonic distortion (THD) as a quality parameter. The results showed that the average electrical THD is $0.061\% \pm 0.002\%$, while the average acoustic THD is $0.056\% \pm 0.002\%$, under the best conditions. These values are within the desirable quality parameters (THD less than 1%) according to the literature. Other acoustic experimental conditions were also evaluated to make decisions about the best use of the device.

Keywords: Electroacoustics, Audio Amplifiers, Signal Demultiplexing, Total Harmonic Distortion

Introducción

Diversas aplicaciones en el campo de la acústica virtual precisan operar una gran cantidad de altavoces para lograr un registro completo de un espacio sonoro, ya sea para ser caracterizado analíticamente o utilizado en ensayos acústicos y psicoacústicos. Particularmente, los sistemas de medición de funciones de transferencia de cabeza (head-related transfer functions, HRTFs) utilizan comúnmente más de 20 altavoces (Guido et al., 2019; Majdak et al., 2013; Richter et al., 2016), los cuales no necesitan activarse en forma simultánea (Majdak et al., 2007).

En el Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), Unidad Ejecutora de doble dependencia CONICET y Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Córdoba, se está desarrollando un sistema de medición de HRTFs compuesto por una serie de equipos diseñados ad-hoc (Guido et al., 2019, Mendez et al. 2020). Uno de estos equipos fundamentales es un sistema demultiplexor y amplificador de audio, denominado AuDemux (Scaliti et al., 2019; Scaliti et al., 2020).

Este dispositivo demultiplexa 4 entradas de audio analógico de nivel de línea, provenientes de una interfaz de audio profesional, a 32 salidas de audio de potencia. Una computadora personal (PC) es la encargada de administrar tanto las señales de audio, por intermedio de una interfaz de audio profesional, como las señales de control, mediante conexión USB. El sistema principal del Audemux consta de 4 placas demultiplexoras de 8 salidas cada una, las cuales se encargan de realizar la demultiplexación y, posteriormente, la amplificación de las señales de audio por medio de amplificadores Clase D Texas Instruments TPA3118D2. Un sistema embebido, implementado en un módulo ESP32 y comunicado con la PC, selecciona la salida a la cual se redirecciona el sonido analógico.

En el presente trabajo se pretende caracterizar objetivamente la calidad sonora de este dispositivo al ser utilizado en conjunto con la cadena electroacústica que constituye el sistema de medición de HRTFs (Guido et al., 2019; Scaliti et al., 2019; Mendez et al., 2020). Se empleó como medida la distorsión armónica total (total harmonic distortion, THD). La THD es un indicador importante usado para cuantificar el nivel de armónicos en una onda de tensión o corriente (Shmilovitz, 2005) que puede ser expresado en términos relativos, porcentuales o en decibeles. En este caso, se utilizará la definición que compara la cantidad de armónicos con respecto a la fundamental en términos porcentuales, de acuerdo con la ecuación 1.

$$THD_F = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \cdot 100 \% \quad (1)$$

donde V_n es la amplitud del armónico n -ésimo y V_1 la amplitud de la frecuencia fundamental.

Como referencia, para la reproducción de señales de audio de alta fidelidad (Hi-Fi) es recomendable que la THD para una señal senoidal de 1 kHz sea menor al 1% (Guerriero et al., 2012). En esta misma dirección, investigaciones publicadas sobre la percepción de la distorsión por el oído humano sugieren un límite que se encuentra en el orden del 1% (International Electrotechnical Commission, 2018).

Metodología

Para caracterizar la calidad sonora, se realizaron mediciones de la THD a las señales eléctricas que llegan al altavoz, y a las señales acústicas registradas por un micrófono. En este último caso, bajo diferentes condiciones experimentales de uso. Se utilizó una señal de excitación senoidal de 1 kHz, generada por el software REW 5.19 con una resolución de 16 bits y una frecuencia de muestreo de 44100 Hz. Como condición normal de uso se estableció un nivel de presión sonora de ~66 dBA, que representó una potencia eléctrica de ~110 mW.

Todas las mediciones se llevaron a cabo en una cámara tratada acústicamente (dimensiones 4.20 m × 3.80 m × 2.60 m, volumen ~41 m³) con paredes y cielo raso cubierto de paneles de fibra de vidrio, y el piso mediante una alfombra. La misma posee un tiempo de reverberación de 170 ms en la banda de octavas de 1 kHz. El ruido de fondo fue de ~17 dBA SPL. Se registraron condiciones ambientales entre 18°C y 20°C de temperatura y entre 61% y 72% de humedad relativa.

La configuración elemental contó con el AuDemux como dispositivo bajo testeo, controlado mediante una computadora portátil y una interfaz de sonido profesional PreSonus Studio 26 con cuatro salidas conectadas a las entradas del dispositivo. A cada salida del AuDemux se conectó una caja acústica con un altavoz AuraSound NSW1-205-8W (impedancia nominal de 8 Ω, potencia máxima de 5 W RMS), el cual posee una variación de ±4 dB entre 0,2 y 20 kHz (Scaliti et al., 2019). Todos los elementos fueron cubiertos con material absorbente para disminuir las reflexiones acústicas.

Mediciones eléctricas de THD

Para las mediciones eléctricas se utilizó el osciloscopio Digilent Analog Discovery 2 de 2 entradas y 2 salidas BNC, una resolución de 14 bits, 100 MS/s y un ancho de banda de 30 MHz, en conjunto con el software Waveforms 3.16.3. Se utilizó una señal temporal de 262144 puntos muestreados a 50 kHz durante ~5,24 s, en modo diferencial y un filtro pasa banda entre 0,1 y 20 kHz. Para el cálculo de la THD se utilizaron los valores de la frecuencia fundamental junto a 9 armónicos.

Mediciones acústicas de THD

Para las mediciones acústicas se utilizó el software REW. Como receptor acústico se utilizó un micrófono Brüel & Kjaer Type 4133 enfrentado al parlante a 1 m de distancia sobre el eje axial, a una altura de 1 m, y un preamplificador Brüel & Kjaer Type 2804 conectado a la interfaz de audio PreSonus Studio 26. Los parámetros usados en el software fueron: resolución espectral de 65536 puntos, ventana rectangular, 8 promediaciones, filtro pasa banda entre 0,1 y 20 kHz y sin suavizado. Para el cálculo de la THD acústica se utilizaron los valores de la frecuencia fundamental junto a 8 armónicos, la cual fue la configuración más cercana a la usada para las mediciones eléctricas de THD.

Se evaluaron diferentes condiciones experimentales: a) *Con Reposo* temporal (al menos de 165 s) y *Sin Reposo* temporal de uso entre las diferentes salidas de la misma placa del Audemux. El objetivo fue evaluar la posible implementación de técnicas de excitación acústicas para sistemas rápidos de medición de HRTFs (Richter et al., 2016). b) Dos cajas acústicas (*Caja A* y *Caja B*) idénticas, que siguen lineamientos de un estudio anterior (Cravero et al., 2020), con un volumen interior de 216 cm³. Se diferenciaron por su sistema constructivo: la *Caja A* poseía un

sistema de ajuste del altavoz en base a encastre y la *Caja B* se encontraba sujeta mediante tornillos. Esto permitirá evaluar la forma de construcción para las cajas acústicas del arco de altavoces del sistema de medición de HRTFs del CINTRA.

Para evaluar estas condiciones, se realizaron tres experimentos.

Experimento 1: Caracterización inicial mediante THD de las placas que componen el AuDemux. Se utilizó la configuración *Con Reposo* y la *Caja A*. Se realizaron 10 mediciones de THD para cada una de las 32 salidas (10 repeticiones \times 4 placas \times 8 canales por placa = 320 mediciones).

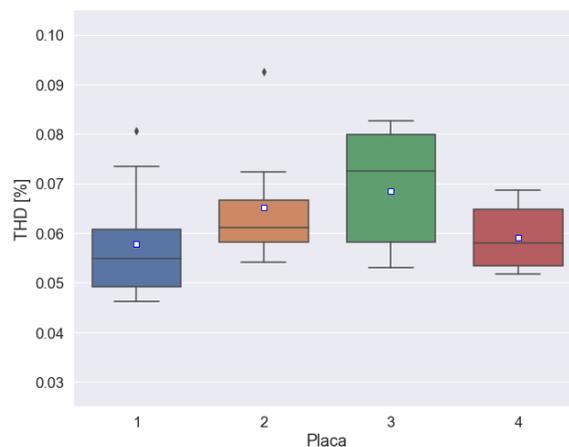
Experimento 2: Determinar la influencia del reposo en la THD. Se eliminó el reposo entre mediciones (condición *Sin Reposo*), manteniendo el altavoz funcionando con sonido ininterrumpido, y se utilizó la *Caja A*. Se realizaron 10 mediciones para cada una de las salidas de la *Placa 4* (10 repeticiones \times 1 placa \times 8 canales por placa = 80 mediciones), para comparar los resultados con el Experimento 1.

Experimento 3: Determinar la influencia del sistema de sujeción del altavoz en la THD. Se utilizó la *Caja B* en condición *Con Reposo*. Se realizaron 10 mediciones por placa para una salida seleccionada (10 repeticiones \times 4 placas \times 1 canal por placa = 40 mediciones), para comparar resultados con el Experimento 1.

Resultados

Mediciones eléctricas de THD

La THD eléctrica promedio general junto a su error estándar de la media se estableció en $0,061\% \pm 0,002\%$, con una desviación estándar de $0,009\%$. Los valores discriminados por Placa se muestran en el boxplot de la Figura 1.



A partir de estos resultados, se realizó un tratamiento estadístico para los valores *outliers* indicados por el boxplot: fueron reemplazados por el valor medio respectivo de cada placa. Se obtuvieron así los siguientes valores promedios: Placa 1: $0,055\% \pm 0,003\%$; Placa 2: $0,061\% \pm 0,002\%$; Placa 3: $0,069\% \pm 0,004\%$; y Placa 4: $0,059\% \pm 0,002\%$.

Se realizó una prueba *t*-Student apareada con un $\alpha = 0,05$ para comparar el THD eléctrico entre todas las placas. Se aplicó la corrección de Bonferroni al *p*-valor debido a las comparaciones múltiples. Se comprobó que no existen diferencias significativas en la THD entre las diferentes placas (Tabla 1).

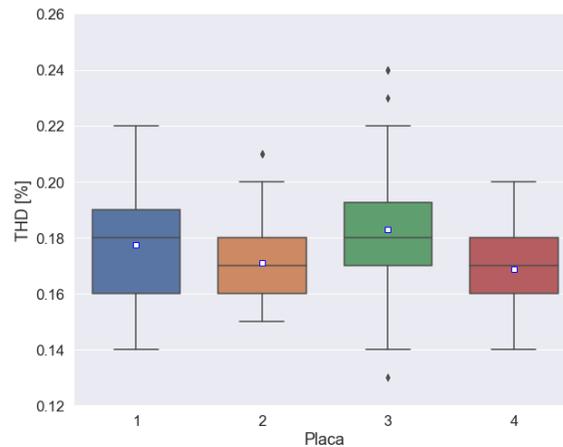
Placas	1 / 2	1 / 3	1 / 4	2 / 3	2 / 4	3 / 4
<i>t</i>	-1,887	-2,788	-1,147	-1,683	0,853	2,151
<i>p</i>	0,465	0,079	1,000	0,674	1,000	0,283

Tabla 1. Comparación entre placas mediante *t*-Student para THD eléctrico

Mediciones acústicas de THD

Experimento 1: Caracterización inicial mediante THD de las placas que componen el AuDemux

La THD promedio general junto a su error estándar de la media fue de 0,175% ± 0,001%, con una desviación estándar de 0,019%. En la Figura 2 se muestra la distribución de los valores en un gráfico boxplot.



También aquí fueron reemplazados los valores *outliers* por el valor medio respectivo de cada placa. Se obtuvieron así los siguientes valores promedio: Placa 1: 0,177% ± 0,002%; Placa 2: 0,170% ± 0,002%; Placa 3: 0,181% ± 0,002%; y Placa 4: 0,169% ± 0,001%.

Luego, se realizó una prueba *t*-Student apareada con un $\alpha = 0,05$ para comparar el THD acústico entre todas las placas, aplicando también la corrección de Bonferroni. En la misma dirección que las mediciones eléctricas, se comprobó que no existen diferencias significativas en los valores de la THD entre las diferentes placas (Tabla 2).

Placas	1 / 2	1 / 3	1 / 4	2 / 3	2 / 4	3 / 4
<i>t</i>	1,006	-0,420	1,692	-1,179	0,579	1,935
<i>p</i>	1,000	1,000	0,807	1,000	1,000	0,565

Tabla 2. Comparación entre placas mediante *t*-Student para THD acústico.

Experimento 2: Determinar la influencia del reposo en la THD

Como no existieron diferencias significativas para la THD acústica entre placas, se compararon las condiciones *Con Reposo* y *Sin Reposo* sólo para la Placa 4, utilizando la misma caja acústica anterior (*Caja A*). El THD promedio para las mediciones en condición *Sin Reposo* fue de 0,273% ± 0,007%, con una desviación estándar de 0,066%. Se realizó una prueba *t*-Student apareada con un $\alpha = 0,05$ para comparar los valores de THD entre ambas condiciones. Se observó que la THD para la condición *Con Reposo* es significativamente menor ($t = 3.923$, $p = 0.005$) que la condición *Sin Reposo*.

Experimento 3: Determinar la influencia del sistema de sujeción del altavoz en la THD

Se utilizó la otra caja acústica (*Caja B*) para comparar los valores de THD obtenidos con la primera (*Caja A*), manteniendo el reposo entre mediciones de distintas salidas (condición *Con Reposo*), ya que arrojó mejores resultados. Se obtuvo una THD promedio de $0,056\% \pm 0,002\%$, con una desviación estándar de $0,014\%$. Se realizó una prueba *t*-Student apareada con un $\alpha = 0,05$ para comparar la THD entre ambas cajas. El resultado indicó que los valores de THD para la *Caja B* son significativamente menores ($t = -15,034$; $p = 0,001$) que los de la *Caja A*.

Conclusiones

La distorsión armónica total (THD) es un parámetro que permite cuantificar la calidad del audio de un equipamiento. Se evaluó un dispositivo demultiplexor y amplificador, llamado AuDemux, utilizando este indicador. Se pudo corroborar que no existieron diferencias significativas en las mediciones de THD entre las cuatro placas que posee el dispositivo, ya sea para mediciones eléctricas como para mediciones acústicas.

A partir de las diferentes condiciones experimentales evaluadas, también se comprobó que la condición *Con Reposo* posee una mejora significativa con respecto a la condición *Sin Reposo*. Esto indica que es conveniente realizar un reposo entre los canales de una misma placa al momento de la conmutación. En el uso con un sistema de medición de HRTFs, es conveniente no realizar mediciones sucesivas con una misma placa, sino que se debería alternar salidas de distintas placas. Por ejemplo, en lugar de usar la secuencia de salidas (placa-canal) 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, ... conviene reemplazarla por la secuencia 1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 1-2, ... Otra conclusión importante es que se determinó experimentalmente que el mejor sistema de construcción para la caja acústica es la sujeción mediante tornillos.

Los resultados generales arrojaron que la THD eléctrica promedio del dispositivo es de $0,061\% \pm 0,002\%$, mientras que la THD acústica promedio es de $0,056\% \pm 0,002\%$, en las mejores condiciones (*Caja B*, *Con Reposo* entre mediciones). Esto demuestra que funciona dentro de los parámetros de calidad deseables (THD menor a 1% para una frecuencia de 1 kHz).

Referencias

- Cravero, G. A., Tommasini, F. C., Guido, R. M., Scaliti, F. (2020). Diseño de caja acústica para sistema de medición de funciones de transferencia de cabeza. *Jornadas de Ciencia y Tecnología "50 Aniversario" de la UTN FRSF*.
- Guerriero, E., Polloni, L., Rizzi, L. G., Bianchi, M., Mondello, G., & Sordan, R. (2012). Graphene Audio Voltage Amplifier. *Small*, 8(3), 357-361. <https://doi.org/10.1002/sml.201102141>
- Guido, R. M., Pucheta, M. A., Tommasini, F. C., Vergara, R. O., & Scaliti, F. (2019). Sistemas de Medición de HRTFS Individuales: Revisión del Estado del Arte y Desarrollos en Argentina. *Mecánica Computacional*, 37(5), 77-85.
- International Electrotechnical Commission. (2018). *Sound system equipment—Part 3: Amplifiers*. (IEC Standard No. 60268-3:2018). <https://webstore.iec.ch/publication/32788>
- Majdak, P., Balazs, P., & Laback, B. (2007). Multiple Exponential Sweep Method for Fast Measurement of Head-Related Transfer Functions. *Journal of the Audio Engineering Society*, 55(7/8), 623-637.

- Majdak, P., Masiero, B., & Fels, J. (2013). Sound localization in individualized and non-individualized crosstalk cancellation systems. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 133(4), 2055-2068. <https://doi.org/10.1121/1.4792355>
- Mendez, M., Bordón, J. C., Guido, R. M., Cravero, G. A., Scaliti, F., Tommasini, F. C. (2020). Diseño mecánico de soporte de altavoces para un sistema de medición de funciones de transferencia de cabeza. *Jornadas de Ciencia y Tecnología "50 Aniversario" de la UTN FRSF*.
- Richter, J.-G., Behler, G., & Fels, J. (2016, mayo 26). *Evaluation of a Fast HRTF Measurement System*. Audio Engineering Society Convention 140.
- Scaliti, F., Rametta, J., Marcel, E., Guido, R. M., Tommasini, F. C. (2020). Control de sistema demultiplexor-amplificador de audio basado en módulo microcontrolador ESP32. *Congreso Argentino de Sistemas Embebidos 2020*.
- Scaliti, F., Tommasini, F. C., Guido, R. M., Cravero, G. A., Capiglioni, L., & Guber, D. M. (2019). Amplificador de Audio Multicanal con Control de Salidas para Aplicaciones Experimentales de Acústica. *Mecánica Computacional*, 37(5), 87-96.
- Shmilovitz, D. (2005). On the definition of total harmonic distortion and its effect on measurement interpretation. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 20(1), 526-528. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2004.839744>

Visión Estéreo con Cámaras Digitales de Bajo Costo para Personas Ciegas

Stereo Vision with Low Cost Digital Cameras for the Blind

Rodolfo Eduardo Neira

UTN Facultad Regional San Francisco - Argentina
rodolfoneira8@gmail.com

Gerardo Jorge Lurgo

UTN Facultad Regional San Francisco - Argentina
slurgo@arnet.com.ar

Bruno Rubiolo

UTN Facultad Regional San Francisco - Argentina
brunorubiolo1@gmail.com

Fabián Agustín Burgos

UTN Facultad Regional San Francisco - Argentina
fabianburgos.09@gmail.com

Resumen

En este trabajo se presenta el diseño de un equipo de visión estereo con cámaras de bajo costo capaz de detectar objetos dentro de una habitación y, la ubicación de las puertas, para facilitar la movilidad de personas no videntes dentro de la misma, evitando que sufra accidentes con algún objeto presente. Se utilizan cámaras digitales, ordenadores y software de programación, para brindar una herramienta que permita lograr una mejor integración social de la misma, aumentando sus expectativas en cuanto a movilidad y libertad de acción. Se ha demostrado que estas tecnologías favorecen su participación en el medio familiar cercano, desarrollar tareas productivas y, también poseen un importante alcance psicológico desde lo emocional. Con los conocimientos obtenidos se puede mejorar la construcción de ambientes más inclusivos y de bajo costo, accesibles a la sociedad toda, muy útiles para las instituciones que tratan la discapacidad visual.

Palabras clave: Discapacidad Visual, Integración Social, Persona, Bajo costo, Cámaras

Abstract

This paper presents the design of a stereo vision equipment with low-cost cameras capable of detecting objects within a room and the location of the doors, to facilitate the mobility of blind people within it, preventing them from suffering accidents with an object present. Digital cameras, computers and programming software are used to provide a tool that allows for a better social integration of it, increasing their expectations in terms of mobility and freedom of action. It has been shown that these technologies favor their participation in the close family environment, develop productive tasks and also have an important psychological scope from the emotional point of view. With the knowledge obtained, it is possible to improve the construction of more inclusive and low-cost environments, accessible to all of society, very useful for institutions that treat visual impairment.

Keywords: Visual Impairment, Social Integration, Person, Low cost, Cameras

Introducción

El desarrollo de cámaras digitales con alta tecnología y mejores capacidades, ha permitido que en diferentes aplicaciones se utilicen como una alternativa a la visión humana. Este trabajo presenta el diseño de un equipo de visión estéreo con cámaras de bajo costo capaz de detectar objetos dentro de una habitación y, la ubicación de las puertas, para facilitar la movilidad de personas no videntes dentro de la misma, evitando que sufra accidentes con algún objeto presente. Dichas cámaras se utilizan en diferentes tareas como, en la supervisión de personas mediante sistemas inteligentes que pueden detectar, contar, identificar y seguir la trayectoria de las personas (Dee and Velastin, 2008), (Vera, et al, 2013); en sistemas de inspección visual automatizados de productos para el control de su calidad en las empresas de manufactura (Chin and Harlow, 1982).

El empleo de cámaras como sensores de medición de distancia ha tenido diferentes aplicaciones: su utilización para permitir la navegación autónoma de robots terrestres (Royer E. et al., 2007); en arquitectura como un instrumento de medición en interiores para obtener las dimensiones de paredes y pisos, en exteriores para medir el tamaño y la posición de ventanas y puertas (Criminisi and Zisserman, 1999). Una imagen o secuencia de imágenes trae consigo una cantidad importante de información geométrica acerca de la escena representada; se han desarrollado diferentes técnicas para la construcción de escenarios 3D a partir de imágenes en 2D (Wan Y. et al., 2012).

Thomas Bucher, describe un método para mapear una imagen a coordenadas del mundo real y obtener así, una aproximación de la altura de objetos, longitudes y cambios de posición; basándose en un pequeño grupo de parámetros de fácil estimación a partir de características de los objetos o marcas en la escena, esto sin la necesidad de requerir alguno de los parámetros intrínsecos de la cámara. (Bucher, 2000)

Lázaro et al, presentan la caracterización de la variación de intensidad de niveles de grises y su análisis mediante FFT (Fast Fourier Transform: Transformada rápida de Fourier), en imágenes tomadas para medir la distancia entre un diodo emisor de infrarrojo y el centro de una cámara. El método propuesto se aplicó para hacer una estimación de distancias en el rango de 420 a 800 cm, logrando una exactitud sobre el 3%. (Lázaro, et al., 2009)

Un campo en el que confluyen cámaras y ordenadores es, como su nombre indica, el de la Visión por Computador y, dentro de éste, la visión estereoscópica. Las imágenes son bidimensionales mientras que la escena cotidiana es tridimensional. Entre la realidad y la imagen, se ha perdido lo que denominamos la tercera dimensión. La visión estereoscópica constituye un procedimiento más para la obtención de esa tercera dimensión perdida y, a partir de ella en la medida de lo posible la obtención de la forma de los objetos en la escena. El sistema visual humano es capaz de percibir en tres dimensiones y además es estereoscópico, lo que ha hecho que los sistemas artificiales utilicen al menos, dos imágenes distintas de la misma escena. Las cámaras se utilizan para captar las imágenes y el computador se requiere para realizar los cálculos que determinan la distancia al observador. En trabajos previos, (Brady and Wang, 1992). (Álvarez y Sánchez, 1999), se han desarrollado técnicas computacionales basadas en el análisis de imágenes estereoscópicas con el fin de determinar la estructura tridimensional de la escena captada y poder obtener parámetros tales como distancia entre los objetos de la imagen.

Básicamente el problema en visión estereoscópica es: estimar un punto en el espacio de 3 dimensiones a partir de 2 fotografías distintas del punto deseado, todo con respecto a un sistema de referencia. Esto normalmente se resuelve por aproximación geométrica, comúnmente llamada triangulación.

Desarrollo

En la actualidad es casi indispensable el uso de la tecnología para la solución a problemas cotidianos en la sociedad. Las cámaras digitales se utilizan en diversos ambientes y para distintas finalidades. Con la ayuda de una computadora se pueden desarrollar increíbles aparatos tecnológicos.

En este proyecto diseñaremos un equipo capaz de detectar objetos dentro de una habitación para facilitar la movilidad de personas no videntes, de esta forma se les indica cuando están cerca de un objeto para evitar accidentes mediante un choque con el mismo y, la ubicación de las puertas.

En la Figura 1 se observa el siguiente diagrama en bloques que resume el proyecto:

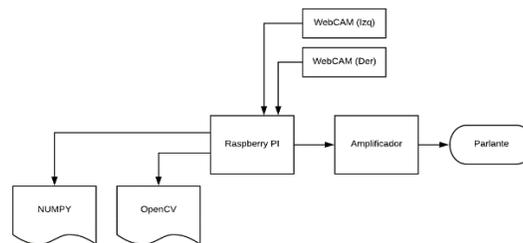


Figura 1. Diagrama General del proyecto.

Luego de un estudio sobre las cámaras digitales que se comercializan en el mercado local, decidimos utilizar una cámara Web marca Logitech modelo C270 por su relación precio-calidad ya que se utilizarían dos, las mismas poseen una resolución HD 720p que nos permite trabajar bien sobre la imagen y, además nos brinda un refresco de imagen bastante adecuado para su utilización gracias a los 30 FPS de la misma.

Las características técnicas de la cámara Web marca Logitech modelo C270, se muestran en la Tabla 1:

Parámetro	Característica
Marca	Logitech
Modelo	C270
Línea	HD
Modelo alfanumérico	V-U0018
Micrófono Incorporado	Sí (mono)
Resolución de vídeo	HD 720p
Resolución de imagen	3 Mpx
Interfaces	USB 2.0
Sistema operativo que soporta	Windows 7, Windows Vista, Windows XP, Mac, Windows 10, Windows 8.1, Windows 8
Fluidez de video	30 FPS
Protección de imagen	Sí
Tipo de enfoque	Foco fijo
Tecnología de lente	Estándar
Campo visual	60°

Tabla 1. Características Técnicas.

Las cámaras de bajo costo existentes en el mercado actual introducen mucha distorsión en las imágenes. Dos distorsiones principales son la distorsión radial y la distorsión tangencial, que se resuelven mediante ecuaciones.

Necesitamos encontrar cinco parámetros, conocidos como coeficientes de distorsión, que se observan en la Ecuación (1)

$$\text{Distortion coefficients} = (k_1 \quad k_2 \quad p_1 \quad p_2 \quad k_3)$$

Además de los coeficientes de distorsión dados, necesitamos encontrar los parámetros intrínsecos y extrínsecos de una cámara digital. Los parámetros intrínsecos son específicos de una cámara. Incluye información como distancia focal (f_x , f_y), centros ópticos (c_x , c_y), entre otros. También se llama matriz de cámara. Los parámetros extrínsecos corresponden a vectores de rotación y traslación que traducen las coordenadas de un punto 3D a un sistema de coordenadas.

Para realizar lo mencionado en este proyecto se desarrolló una programación en Python 2.7 mediante el editor de texto NOTEPAD++ unido con la librería OPENCV y NUMPY. La primera librería facilita el procesamiento de la imagen como lo es el escalado de colores y la generación de los mapas de disparidad, mientras que la última librería mencionada nos facilita el cálculo numérico y de matrices.

Dentro de sus principales características, se mencionan su libre disponibilidad, como así también su posibilidad de usarse en varias plataformas, tales como: Windows, Mac OS X, GNU/Linux, Android, para arquitecturas de hardware ARM (dispositivos móviles y Raspberry PI) y para PC.

Al utilizar el lenguaje de programación *Python* para analizar datos, considerando que al final casi todo se reduce a realizar cálculos numéricos con matrices de dimensiones considerables, NumPy se convierte entonces en una herramienta esencial.

NumPy es un paquete de Python que significa “Numerical Python”, es la librería principal para la informática científica, proporciona potentes estructuras de datos, implementando matrices y matrices multidimensionales. Estas estructuras de datos garantizan cálculos eficientes con matrices. Los beneficios que aporta son: ser más compacto, acceder más rápido a leer y escribir artículos, ser más conveniente y más eficiente.

Para el desarrollo del equipo, la intención del proyecto es utilizar el ejecutador de Python 2.7 en una computadora u ordenador tal como una Raspberry Pi 3 model B+, de modo que el sistema sea compacto, eficiente, de bajo consumo, confiable y económico. Esta placa realizara el procesamiento de las cámaras mediante el código en lenguaje Python y advertirá a la persona no vidente sobre los obstáculos y puertas presentes en los ambientes cerrados.

El sistema deberá avisar a la persona no vidente cuando la distancia del objeto sea menor o igual a la establecida y, para eso se debe medir la distancia entre las cámaras para luego encontrar la expresión que nos facilitara calcular la distancia a un objeto. Esta también depende de la distancia focal propia de la cámara digital, pixeles, y ángulo de apertura.

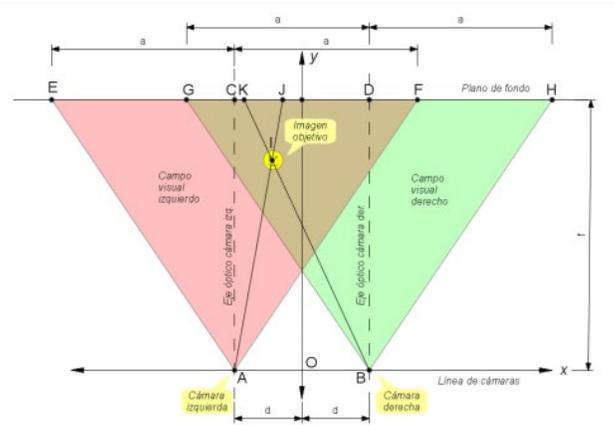


Figura 2. Vista de la distancia entre las cámaras digitales.

En la Figura 2, se puede apreciar las distancias de las cámaras y la triangulación necesaria para obtener la distancia entre el objeto y el centro (ubicado en el medio de las dos cámaras).

A partir de dos imágenes (una de la cámara izquierda y una de la cámara derecha) se procede a detectar el mismo objeto, y a mediante la fórmula matemática detectar la distancia al objeto.

Con una fórmula matemática se compara dicha distancia con la distancia patrón y de esta forma se alertará a la persona no vidente cuando el obstáculo esté cerca para que pueda tomar las decisiones adecuadas.

Para hacer el proyecto viable como se mencionó anteriormente, se utilizara una Raspberry Pi 3 model B+ como procesamiento, para esto es necesario instalar una imagen de Linux y, luego instalar Python.

Para lograr el inicio automático del script de Python se utiliza el crontab de Linux de modo tal que al alimentar el circuito, se ejecutará de forma autónoma el script que contiene la programación de detección de obstáculos.

Para lograr emitir el sonido en un parlante se utiliza un amplificador configurado de la siguiente manera, como se muestra en la Figura 3:

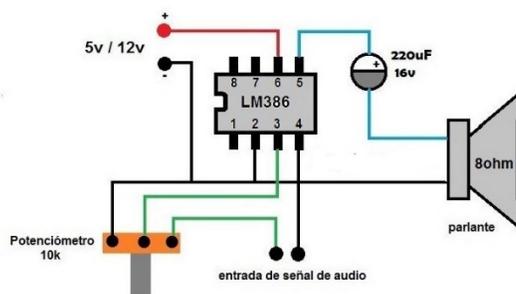


Figura 3. Vista del amplificador del parlante.

El LM386 es un circuito integrado que consiste en un amplificador que requiere bajo voltaje, tanto en la entrada de audio como en la alimentación. Suministrando 12 Volt se puede obtener 0,5 W de potencia, con solo un 0,2% de distorsión.

Resultados

Mediante un estudio de los elementos existentes aplicados a facilitar la movilidad de personas no videntes, evitando que sufran accidentes con algún objeto presente, dentro de ambientes cerrados como una casa de familia o una oficina, hemos observado que los mismos son escasos y, de un costo elevado, generalmente por su procedencia del exterior.

Con el diseño y construcción de este equipo se logra mejorar la integración de la persona no vidente, así como disminuir notablemente los inconvenientes que origina en los familiares directos, reduciendo tiempos improductivos de quien lo asiste o acompaña y, mejorando su calidad de vida al tener mayor autonomía para desenvolverse en su hogar o en otro ámbito donde desarrolle sus actividades.

La construcción de este equipo, es producto de un desarrollo local que traería muchos beneficios al aprovechar la capacidad técnica e intelectual de la comunidad y, permitiría su aplicación a nivel regional y nacional.

Conclusiones

El sentido de la vista es uno de los más importantes del ser humano, porque a través de ellos percibimos la mayor parte de la información del mundo que nos rodea.

Con los avances en tecnología de cámaras digitales que presentan mejores capacidades de resolución, ha permitido que se utilicen como una alternativa válida a la visión humana, lo que posibilita a las personas con discapacidad visual, desarrollar muchas tareas productivas y, ser un ejemplo para los demás, logrando su integración a la sociedad pero principalmente, que se sientan capaces de hacer lo que se propongan.

El acceso a estas nuevas tecnologías puede resultar algo costoso para algunas personas, pero cada vez que ingresa al mercado un producto nuevo, los costos van disminuyendo y, se vuelven accesibles cada vez más para la sociedad toda.

Con el desarrollo de este equipo, se obtendrá información que puede ser utilizada para mejorar en forma significativa la construcción de ambientes adaptados con tecnología disponible para personas no videntes, además aportar información importante para potenciar políticas públicas para mejorar la movilidad de personas con baja visión o ceguera, entre otros avances.

Además, articular experiencias con organismos que trabajan la problemática de la discapacidad visual, se retroalimentarán mutuamente pudiendo utilizar herramientas estadísticas para ser aplicadas en la mejora de la calidad de vida de las mismas.

Referencias

Álvarez L., Sánchez J. (1999). Sobre algunos problemas reales en visión por ordenador que conducen a sistemas de ecuaciones algebraicos., Departamento de Informática y Sistemas, Universidad de Las Palmas de G.C.

Brady M., Wang H., (1992). Visión for Mobile Robots, Robotics Research Group, Department of Engineering Science, University of Oxford.

- Bucher, T. (2000) Measurement of distance and height in images based on easy attainable calibration parameters, Proceedings of the IEEE in Intelligent Vehicles Symposium, IV, pp. 314–319.
- Chin, R. T., Harlow, C. A. (1982) Automated visual inspection: A survey, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 6, pp. 557–573.
- Criminisi, A., Reid, I., Zisserman, A. (1999) A plane measuring device, Image and Vision Computing, vol. 17, no. 8, pp. 625–634.
- Dee, H. M., Velastin, S. A. (2008) How close are we to solving the problem of automated visual surveillance? Machine Vision and Applications, vol. 19, no. 5–6, pp. 329–343.
- Lázaro J. L. et al. (2009) Sensor for distance estimation using FFT of images. Sensors, vol. 9, no. 12, pp. 10434–10446.
- Royer E. et al., (2007) Monocular vision for mobile robot localization and autonomous navigation, International Journal of Computer Vision, vol. 74, no. 3, pp. 237–260.
- Vera P., Zenteno, D., Salas, J. (2013) Counting Pedestrians in Bidirectional Scenarios Using Zenithal Depth Images, Proceedings of 5th Mexican Conference, MCPR, Querétaro, Mexico. Junio 26–29, pp. 84–93.
- Wan Y. et al., (2012) A Study in 3D-Reconstruction Using Kinect Sensor, 8th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM), IEEE, pp. 1–7.

Sistema de depilación laser basado en CNN

CNN-based laser hair removal system

Ruben Roberto Navarro

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán. Rivadavia 1050. S.M. de Tucumán, Tucumán - Argentina
E-mail de contacto del autor: office@nr2system.com

Juan Carlos Colombo

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán. Rivadavia 1050. S.M. de Tucumán, Tucumán - Argentina

Ruben Egea

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán. Rivadavia 1050. S.M. de Tucumán, Tucumán - Argentina

Ángel Martín Leal

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán. Rivadavia 1050. S.M. de Tucumán, Tucumán - Argentina

Resumen

En la actualidad los sistemas de depilación laser son cada vez más utilizados en tratamientos estéticos, muchas veces por personal que no tiene una gran capacitación en su manejo. Los parámetros de funcionamiento de estos equipos son definidos a criterio del operador. Por lo que, si son inadecuados, pueden producir diferentes efectos adversos desde pequeños inconvenientes como dolor o ardor en el tratamiento hasta daños a la textura de la piel, cambios de pigmentación, cicatrices, hinchazón excesiva, piel frágil y hematomas. En este trabajo de investigación se plantea el desarrollo de un dispositivo electrónico basado en CNN (Redes Neuronales Convolucionales) que analice la imagen de la piel. En función de la imagen obtenida se determinará su condición y cuáles son los parámetros óptimos de tratamiento. Esto redundará en una mayor facilidad de manejo por parte del operador y un mayor grado de seguridad para el paciente.

Palabras clave: Depilación Láser, Error Humano, Efectos Adversos, fototermolisis selectiva, diodo laser, Tipos de Piel, Fluencia, Dispositivo electrónico, Redes Neuronales convolucionales, CNN, Asic, IA.

Abstract

At present, laser hair removal systems are increasingly used in aesthetic treatments, many times by personnel who do not have great training in their handling. The operating parameters of these equipments are defined at the discretion of the operator. Therefore, if they are inappropriate, they can produce different adverse effects from minor inconveniences such as pain or burning in the treatment to damage to the skin texture, pigmentation changes, scars, excessive swelling, fragile skin and bruises. In this research work, the development of an electronic device based on CNN (Convolutional Neural Networks) is proposed that analyzes the image of the skin. Depending on the image obtained, your condition and the optimal treatment parameters will be determined. This will result in greater ease of handling by the operator and a greater degree of safety for the patient.

Keywords: Laser Hair Removal, Human Error, Adverse Effects, selective photo thermolysis, diode laser, , Skin Types, Fluence, electronic device, Convolutional Neural Networks, CNN, Asic, IA.

Introducción

Los equipos basados en láser son ampliamente utilizados hoy día en las consultas médicas dermatológicas para tratar distintos problemas estéticos y médicos. Estos se aplican en una gran variedad de tratamientos tales como eliminación de manchas, rejuvenecimiento de la piel, depilación, estimulación capilar, tratamiento del acné y otros problemas estéticos. Estos equipos se utilizan en dos ámbitos profesionales específicos: centros médicos y otros centros no sanitarios como peluquerías, gimnasios, centros de belleza, etc. Produciéndose en los últimos años un gran incremento de su utilización en centros no sanitarios.

La regulación internacional que existe hoy en día considera estos sistemas como productos de venta sin receta, y por tanto su prescripción es la misma que para cualquier producto cosmético. Los criterios de aprobación de estos sistemas y sus estudios de eficacia no son los mismos que los utilizados para los sistemas médicos, este criterio puede verse en la página web de la Food and Drug Administration (FDA) o de la Agencia Europea del Medicamento (EMA).

Esto plantea un vacío legal para regular este campo (Ramírez Bello et al,2015), ya que, si bien los equipos son aprobados por los organismos internacionales correspondientes para su uso, la aplicación y los efectos del tratamiento dependen en gran medida de las definiciones de parámetros realizadas por el operador.

La Argentina sigue esta definición por lo que no es obligatorio que el personal que maneje el equipo tenga una capacitación especial. Sin embargo, se trata en la mayoría de los casos de sistemas láser de tipo II y VI. que requieren una serie de precauciones en su manejo y no están exentos de riesgos (Nisar, Mahrukh et al, 2013).

La falta de capacitación o experiencia del operador del sistema láser puede generar diversos efectos adversos como dolor durante el tratamiento, eritema y edema perifolicular postratamiento, ampollas, alteraciones de la pigmentación y cicatrices (S.P.R. Lim et al,2006), (P. Boixeda et al,2003).

La mayoría de estas complicaciones se producen en pacientes bronceados o con fototipos altos, también en función del área a tratar y de la densidad de los folículos pilosos pueden desarrollarse edemas localizados y transitorios. Además del denominado “crecimiento paradójico”, que consiste en la aparición de folículos nuevos en las áreas vecinas a las tratadas (A. Alajlan et al, 2005).

Este fenómeno se traduce clínicamente en una falta de eficacia del procedimiento con un incremento en el número de folículos del área tratada o zonas vecinas. El mecanismo por el cual se produce es desconocido, pero posiblemente esté implicado un fenómeno de fotoactivación de estructuras foliculares potenciales de dichas zonas. La utilización de parámetros de tratamiento excesivamente conservadores con fluencias insuficientes se ha propuesto como uno de los posibles causantes de este fenómeno. En función de todo lo anterior surge la necesidad de un dispositivo que realice en forma automática el análisis de la condición de la piel del paciente y determine los parámetros óptimos de tratamiento. De esta manera se disminuye drásticamente los errores producidos por el factor humano lo que redundará en una mayor facilidad de manejo para el operador y un mayor grado de seguridad para el paciente.

Desarrollo

La depilación es la eliminación del tallo piloso (Camacho F et al, 1996) ya sea en forma temporal o definitiva. Esta puede realizarse con diversos métodos Físicos, Químicos, Eléctricos, Lumínicos y Foto acústicos.

La depilación mediante láser consiste en la destrucción del folículo piloso, para ello se basa en la teoría de la fototermólisis selectiva (A.J. Stratigos, 1998: 103-106). Esta plantea que se puede destruir el folículo por un láser, sin afectar los elementos circundantes, si la longitud de onda emitida es absorbida preferentemente por la melanina del mismo (figura 1).

La energía del láser produce sobre el pelo un efecto fototérmico que genera una temperatura suficientemente alta para producir un daño irreversible en las estructuras foliculares. La melanina está distribuida en la estructura folicular, sobre todo en el tallo piloso y en menor medida en la papila dérmica y en la protuberancia, siendo éstas las vías de destrucción del mismo. Por tanto, a mayor concentración de melanina, mayor probabilidad de destruir el folículo piloso (Liew SH et al, 1999).



Fig. 1. Fototermólisis selectiva

La fototermólisis selectiva, relaciona los conceptos de longitud de onda y cromóforo (molécula que sufre modificación en su estructura por efecto lumínico). Determinando que las longitudes de onda que están entre los 700 y 1000 nanómetros (nm) aproximadamente, son absorbidas selectivamente por la melanina. Así, cualquier fuente de láser que emita en este rango como el láser de rubí, alexandrita, diodo y Nd-YAG teóricamente son apropiados para tener como tejido objetivo la porción pigmentada del folículo piloso.

En los primeros equipos que se implementaron se utilizaba el láser de rubí o el Nd-YAG, pero los resultados obtenidos fueron poco satisfactorios. Estos han sido reemplazados por el diodo láser que supera ampliamente a sus antecesores en eficacia y seguridad. También se ha incorporado un sistema de enfriamiento para disminuir efectos adversos como daños a la epidermis (Rosenberg G et al, 1996). La fototermólisis selectiva está determinada por los siguientes parámetros:

Longitud de onda: Las fuentes de luz y los láseres habitualmente utilizados emiten radiación en el espectro rojo o infrarrojo cercano (entre 600 y 1.200nm). A estas longitudes de onda la melanina presenta coeficientes de absorción (G. Lask, M. et al, 1997) y una capacidad de penetración dérmica suficientes (R.R. Anderson et al, 1982).

Spot: Este es el tamaño del punto luminoso. Un mayor tamaño va a determinar una mayor capacidad de penetración de la radiación utilizada.

Duración del pulso. Este debe ajustarse a las características biológicas del folículo, en concreto a su tamaño. Los folículos pilosos tienen una forma aproximadamente esférica con dimensiones variables entre 100 μm y 300 μm de diámetro. El TRT puede ser estimado entonces entre 4 ms y 36 ms. Debe tenerse en cuenta que siempre la duración del pulso debe ser menor que el tiempo de relajación térmica del folículo piloso (C. Raulin et al, 2003). Esto asegura que la energía queda en el folículo sin disiparse al tejido circundante

Fluencia: Esta se define como la energía por unidad de superficie medida en J/cm^2 . Su valor es inversamente proporcional a la cantidad de cromóforo presente en el pelo. Por ello, cuanto mayor es el tamaño del folículo y su grado de pigmentación, menor es la fluencia requerida para su fototermólisis. Contrariamente, los cabellos más finos y/o menos pigmentados van a requerir fluencias superiores.

Las condiciones del paciente son fundamentales para poder definir correctamente estos parámetros, los dos factores más importantes a tener en cuenta son el fototipo de la piel (fig. 2) además del color y espesor del pelo.

El fototipo de la piel es un factor importante porque la piel que corresponde a los fototipos altos o pieles bronceadas absorbe una mayor energía del láser, presentando mayores riesgos de quemadura y efectos secundarios.



Fig. 2. Fototipos de piel

En pacientes con fototipos altos o exposición solar previa se deberá utilizar parámetros de tratamiento más conservadores con duraciones de pulso más largos y fluencias inferiores.

El color y espesor del bello modifica el índice de absorción del láser y el TRT siendo además estas características variables de una sección de tratamiento a otra ya que se produce una miniaturización progresiva de los folículos en cada una de ellas. Por lo que se observa que el análisis adecuado de la piel y bello del paciente es fundamental para la correcta realización del tratamiento.

Dispositivo Propuesto

El dispositivo electrónico a desarrollar debe realizar el análisis de la piel del paciente en forma automática y determinar los parámetros óptimos del tratamiento. Para ello tomara imágenes con una cámara, las cuales serán analizadas utilizando redes neuronales convolucionales. La fig. 3 muestra el diagrama en bloques del dispositivo electrónico propuesto, este consiste en un emisor laser de clase IV con su correspondiente sistema de enfriamiento. Como sistema de control se utilizaría en la etapa inicial del proyecto una placa STM32F735 la cual también incorpora un display touch de 4.3 pulgadas para implementar la interfaz de usuario.

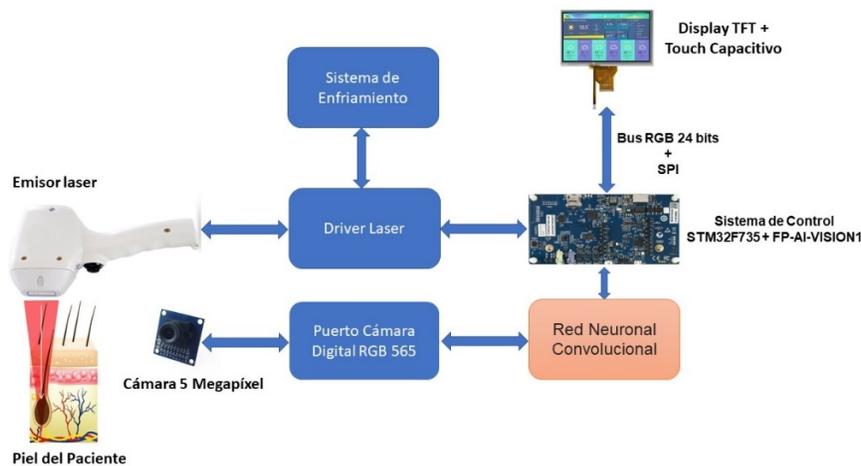


Fig. 3. Diagrama en bloques del dispositivo electrónico propuesto.

Adema se incorporará una cámara de 5 megapíxeles que se encargará de la toma de imágenes de la piel realizándose el procesamiento de imágenes con la red CNN que se implementará utilizando las bibliotecas FP-AI-VISION1 que proporciona el fabricante para tal efecto.

Clasificación de imágenes

Desde el punto de vista digital, las imágenes son una matriz de puntos (píxeles) de la que es complejo determinar de qué se tratan. Cada vez más se utilizan técnicas de Inteligencia Artificial, en especial las conocidas como ML (aprendizaje automático) para la resolución de este problema.

Estas técnicas engloban los métodos donde, a través de numerosos ejemplos resueltos, se automatiza el aprendizaje y mejora de manera continua, el desempeño y la calidad de los resultados.

Otra estrategia son las técnicas de Deep Learning (Aprendizaje Profundo), en particular las denominadas Redes Neuronales Convoluciones (CNN). Estas funcionan en forma similar a como procesa las imágenes el cerebro humano. Para ello, la red contiene varias capas especializadas ocultas y con una jerarquía determinada. Donde las primeras capas detectan formas básicas hasta llegar a las capas más profundas capaces de reconocer formas cada vez más complejas (Fukushima, K, 1988: 119–130).

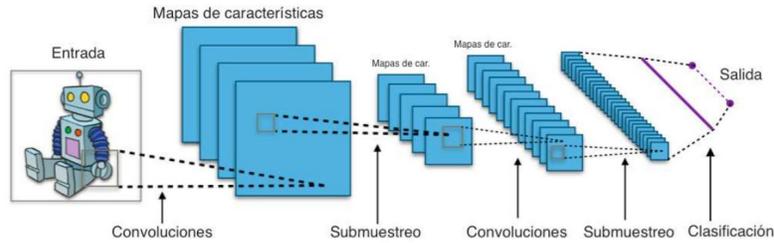


Fig. 4. Esquema básico de una red neuronal convolucional.

El propósito de esta red es extraer todas las características de una imagen y luego usar dichas características para detectar o clasificar los objetos en una imagen como se muestra en la figura 4. Los parámetros de los filtros que se pueden aprender en estas capas; se ajustarán y optimizarán junto con los componentes de clasificación para minimizar el error de clasificación total (LeCun, Y. et al, 1998).

Para la implementación de nuestro sistema el primer paso consiste en entrenar la red neuronal a partir de cada una de las imágenes obtenidas de la piel de los pacientes. Para cada imagen un especialista definirá los parámetros a aplicar en el tratamiento de la misma. En nuestro caso cada imagen está compuesta por una matriz de píxeles cuyo valor va de 0 a 255 pero se normaliza para la red neuronal de 0 a 1.

Donde el tamaño inicial de las imágenes será de 50x50 píxeles de alto y ancho, Como la imagen es en color se necesitarán tres canales distintos: Red, Green y Blue como se muestra en la figura 5.

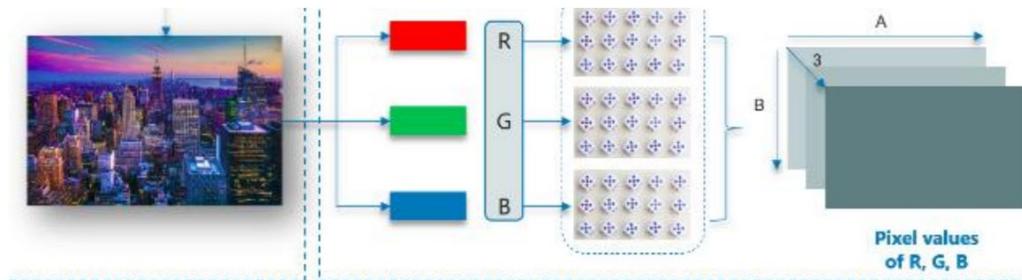


Fig. 5. Procesamiento de imagen

El número de neuronas de entrada para la red convolucional esta dado por:

$$n = m \times n \times r = 50 \times 50 \times 3 = 7500 \quad (1)$$

Cada una de estas imágenes se recorre aplicando filtros, lo que se denomina “convolución”, y otros procesos, obteniendo nuevas imágenes que son tomadas de manera sucesiva capa tras capa. Las imágenes obtenidas en la última capa se pasan a un clasificador (Figura 4); que indica la clase a la que pertenece la imagen original.

Este proceso debe repetirse con cada una de las imágenes de entrenamiento de la red, modificándose o no los filtros según el error de la función de costo. Donde las ecuaciones 2 y 3 muestran la función de coste y el gradiente para su utilización en el algoritmo de optimización.

$$J(\theta) = - \left[\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^K 1\{y^i = k\} \log \left(\frac{e^{\theta T x^{(i)}}}{\sum_{j=1}^K e^{\theta T x^{(i)}}} \right) \right] \quad (2)$$

$$\Delta_{\theta^{(k)}} J(\theta) = - \sum_{i=1}^m \left[x^{(i)} \left(1\{y^{(i)} = k\} - P(y^{(i)} = k | x^{(i)}; \theta) \right) \right] \quad (3)$$

El procedimiento de entrenamiento y recalcado de la red, se repite hasta alcanzar un error aceptable o hasta que no se pueda bajar más el error. Después del entrenamiento se aplica el modelo obtenido sobre los datos de validación a fin de conocer cómo se desenvuelve en el mundo real con imágenes que nunca observó o trabajó durante el entrenamiento. Si el modelo obtiene una precisión adecuada trabajando sobre los datos de validación, se habría

finalizado el entrenamiento; si la precisión no es la deseada, se deberán modificar algunos hiperparámetros de la red y volver a entrenarla. El procedimiento de diseño y entrenamiento de la red CNN será realizado utilizando un lenguaje específico para tal fin, el Keras lo que nos permitirá obtener un modelo en punto flotante de la red.

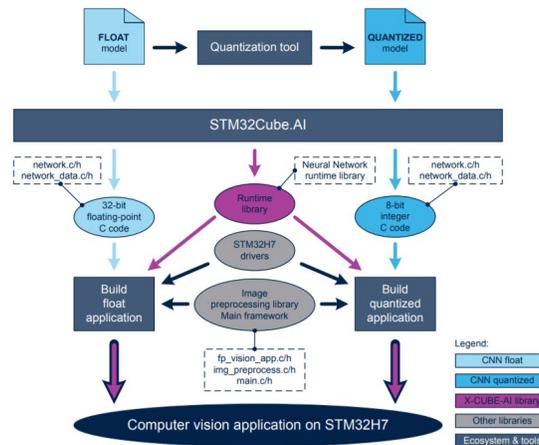


Fig. 6. Implementación del firmware con red CNN en el ecosistema de ST

A partir de este modelo se genera un código C optimizado (usando la herramienta STM32Cube.AI) y se lo integra en el framework de visión por computadora incluido en las librerías FP-AI-VISION1.

para compilar la aplicación como se ve en la fig. 6. Se tiene la posibilidad de seleccionar dos opciones para generar el código C. Una de ellas consiste en generar el código C de punto flotante directamente desde el modelo CNN en punto flotante. La otra opción es cuantificar el modelo CNN de punto flotante para obtener un modelo de 8 bits y, posteriormente, generar el código C cuantificado correspondiente. Por lo que una vez finalizado el proceso de definición y entrenamiento de la red deberá determinarse cuál es la más conveniente para la implementación del firmware de la aplicación.

Conclusiones

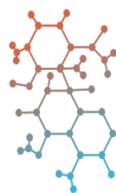
En la actualidad se está trabajando en la definición de la red CNN en Keras, así como en la implementación de la base de datos de conocimiento para realizar el entrenamiento de la IA encargada de definir los parámetros del tratamiento. Una vez finalizada esta etapa e implementado el firmware se tendrá un prototipo funcional del dispositivo que se podrá trasladar posteriormente al prototipo final del equipo con una placa propia. El sistema una vez completado permitirá tener equipos de depilación laser con una mayor facilidad de manejo por parte del operador y un mayor grado de seguridad para el paciente.

Referencias

- Ramírez Bello, Susana. "Problemas ético-jurídicos en centros sanitarios y no sanitarios de estética fotodepilación: depilación láser y luz pulsada intensa o IPL." RDUNED : revista de derecho UNED, 17, Pág. 455-488, 2º semestre 2015.
- Nisar, Mahrukh; Lloyd, Jenifer; Khan, Tanweer. "Laser Hair Removal Put in the Wrong Hands" Dermatologic Surgery: Volume 39 - Issue 3 pt1 - p 480-482, 2º, March 2013.
- S.PR. Lim, S.W. Lanigan. "A review of adverse effects of laser hair removal". Lasers Med Sci, Nro. 21, Pág. 121-125, 2006.

- P. Boixeda, A. Pérez-Rodríguez, M. Fernández Lorente, J.M. Arrazola. "Novedades en láser cutáneo". Actas Dermosifilogr, Nro. 94, Pág. 199-231, 2003
- A. Alajlan, J. Shapiro, J.K. Rivers, N. MacDonald, J. Wiggin, H. Lui. "Paradoxical hypertrichosis after laser epilation". J Am Acad Dermatol, Nro. 53, Pág. 85-88, 2005.
- Camacho F, Moreno Giménez JC. Depilaciones. "Procesos físicos (electrólisis, termólisis, blend) y químicos (depilaciones químicas). Decoloración." Tricología. Madrid. Aula Médica Ed, p. 65-74. 1996
- A.J. Stratigos. "A review of laser system and light sources for hair removal". Med Surg Dermatol, Pag. 103-106, 1998.
- Liew SH, Grobbelaar AO, Gault DT, et al. The effect of ruby laser light on ex vivo hair follicles: Clinical implications. Ann Plast Surg; Num. 42: Pag. 249-254. 1999
- Rosenberg G, Gregory R. "Laser in Aesthetic surgery." Clin Plast Surg, Num. 23: Pág. 29-48, 1996.
- C. Raulin, B. Greve, H. Grema. "IPL technology: a review". Lasers Surg Med, Num. 32, Pág. 78-87. 2003
- G. Lask, M. Elman, M. Slatkine, A. Waldman, Z. Rozemberg. "Laser-assisted hair removal by selective photothermolysis". Dermatol Surg, Nro. 23, Pág. 737-739, 1997
- R.R. Anderson, J.A. Parrish. "Optical properties of human skin". The science of photomedicine, Pág. 147-194, 1982.
- Fukushima, K. "Neocognitron: A hierarchical neural network capable of visual pattern recognition. Neural Networks", Pág. 119-130, 1988
- LeCun, Y., Bottou, L., Orr, G. B., & Müller, K.-R. "Efficient backprop. In Neural networks: Tricks of the trade". Springer. Pág 9-50, 1998
- Moreno, M. D. & Fernández, J. A. (2016). An access detection and machine cycle tracking system for machine safety. *International Journal of Manufacturing Technology*, 87, 77- 101.

Ingeniería Electromecánica



Aplicaciones de la optimización topológica en ingeniería mecánica

Applications of topological optimization in mechanical engineering

Héctor Mina

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco - Argentina
hmina@disegnosoft.com.ar

Alejandro Bailo

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco - Argentina
alejandrobailo@soliddesign.com.ar

Emanuel Giordano

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco - Argentina
ema_giordano@hotmail.com.ar

Resumen

En este trabajo se presenta una implementación de la técnica de optimización topológica (OT) aplicada al diseño de elementos mecánicos. La OT es un método numérico que ha captado el interés de ingenieros y científicos en los últimos años, pues permite la síntesis de estructuras con valores óptimos de uno o varios de sus parámetros físicos. La reducción de peso en estructuras mecánicas es importante por su impacto en el ahorro de energía al reducir la inercia en máquinas y vehículos, además de la posible reducción de costos de fabricación. El estudio realiza una optimización de la topología no paramétrica de piezas, considerando las cargas, sujeciones y restricciones de fabricación aplicadas, buscando una redistribución de materiales dentro de los límites máximos permitidos. Se comienza con el objetivo de máxima rigidez por unidad de peso para obtener una forma inicial del componente, que cumpla con los requerimientos mecánicos de diseño.

Palabras clave: diseño mecánico, optimización topológica, reducción de peso.

Abstract

This paper presents an implementation of the topological optimization technique (OT) applied to the design of mechanical elements. OT is a numerical method that has captured the interest of engineers and scientists in recent years, it allows the synthesis of structures with optimal values of one or more of its physical parameters. The reduction of weight in mechanical structures is important for its impact on energy savings by reducing inertia in machines and vehicles, in addition to the possible reduction of manufacturing costs. The study performs an optimization of the non-parametric topology of parts, considering all the loads, fasteners and manufacturing restrictions applied, looking for a new redistribution of materials within the maximum limits allowed. It begins with the objective of maximum rigidity per unit of weight to obtain an initial form of the mentioned component, that must meet the design's mechanical requirements.

Keywords: mechanical design, topological optimization, weight reduction

Introducción

Optimización topológica (OT) es un método matemático basado en elementos finitos que se encarga de distribuir la menor cantidad de masa de material dentro de un volumen disponible (dominio) procurando al mismo tiempo la máxima rigidez posible (o mínima flexibilidad) para un determinado estado de carga (condiciones de carga) y restricciones (condiciones de contorno). En un estudio de topología, se puede establecer un objetivo de diseño para encontrar la mayor rigidez al cociente de peso, minimizar la masa o incluso reducir el desplazamiento máximo de un componente. También se puede definir restricciones como la desviación máxima, el porcentaje de masa eliminada y los procesos de fabricación.

La OT es un campo de investigación de rápido crecimiento, donde intervienen distintas áreas como son las matemáticas, la mecánica y las ciencias computacionales, y que cuenta con importantes aplicaciones prácticas en la industria y en el sector de manufactura. En la actualidad, la OT es usada en las industrias aeroespacial, automotriz, de obras civiles, entre otras.

La pieza en análisis se trata de una Carcasa de caja de transferencia AWD con restricciones en las caras cilíndricas y una carga (F) en las caras de empuje. AWD es la sigla proveniente del inglés de all Wheel drive, que traducido al español significa tracción en las cuatro ruedas.

La idea del trabajo es aplicar esta técnica tratando de resolver un problema de máxima rigidez (o mínima flexibilidad) con restricción de volumen, por lo que se plantea el siguiente objetivo: ¿Cuál es la distribución de material que proporciona la máxima rigidez (o mínima flexibilidad) para el estado de carga impuesto y un máximo volumen de material determinado?

Los principios básicos sobre la teoría de la optimización se sitúan cronológicamente entre los siglos XVII y XVIII:

Galilei (1638): forma óptima de una viga en voladizo, con una carga puntual en su extremo libre.

Leibniz (1646-1716): cálculo infinitesimal.

Lagrange (1736-1813): cálculo de variaciones (valores extremos de una función de funciones). Hamilton (1808-1865): principio de mínima acción.

Michell (1904): principios fundamentales para el diseño óptimo de barras de peso mínimo.

Oda (1977) presentó un estudio donde se obtienen las formas óptimas correspondientes a dos problemas planos introduciendo cambios en algunos elementos finitos preseleccionados. Rodríguez y Sereig (1985) introducen un algoritmo basado en FEA (Finite Elements Analysis) donde la forma óptima se alcanza maximizando el empleo del material. Mattheck y Burkhardt (1990) plantearon un método de optimización basándose en la analogía entre la geometría de la estructura, y el mecanismo de crecimiento del árbol con el objetivo de minimizar las concentraciones de tensiones. En la actualidad, los algoritmos basados en el proceso de la selección natural y evolución biológica (algoritmos evolucionarios) se confirman como la metodología más potente y robusta para el diseño óptimo (Woon, Tong, Querin, y Steven, 2003).

Desarrollo

Método SIMP para optimización de topología: la optimización de topología es el tipo más común de optimización estructural. Se utiliza en la fase inicial del diseño para predecir la distribución óptima del material dentro de un determinado espacio inicial de una estructura, y tiene en cuenta las especificaciones funcionales y las restricciones de fabricación. El método matemático más popular para la optimización de topología es el método de material isotrópico sólido con penalización (SIMP- Solid Isotropic Material with Penalty). Bendsoe y Kikuchi (1988) y Rozvany y Zhou (1992) propusieron inicialmente el método SIMP. El método SIMP predice una distribución óptima

del material dentro de un espacio de diseño determinado, para casos de carga determinados, condiciones de contorno, restricciones de fabricación y requisitos de rendimiento. Según Bendsoe (1989): "la optimización de la forma en su configuración más general debe consistir en una determinación para cada punto del espacio, independientemente de que haya material en ese punto o no". El enfoque tradicional para la optimización de topología es la individualización de un dominio en una rejilla de elementos finitos denominados microestructuras sólidas isotrópicas. Cada elemento se rellena con material para regiones que requieren material, o se vacía de material para regiones donde se puede eliminar material (que representa vacíos). La distribución de densidad del material dentro de un dominio de diseño, ρ , es individual, y a cada elemento se le asigna un valor binario:

$$\begin{aligned} \rho_e &= 1, \text{ donde se requiere material (negro)} \\ \rho_e &= 0, \text{ donde se elimina material (blanco)} \end{aligned}$$

El sistema de ecuaciones lineales que se obtiene en la solución de un problema de elasticidad lineal usando el método de los elementos finitos (MEF) es de la forma:

$$Ku = f \quad (1)$$

Donde u y f , son los desplazamientos y fuerzas externas aplicadas en los nodos, respectivamente. El término K es la matriz de rigidez global, que está dada por la suma coherente (también denominado proceso de ensamble de la matriz global) de las matrices de rigidez de cada elemento

$$K^e = \sum_{i=1}^{N_e} K_i^e \text{ para } i = 1, 2, 3, \dots, N_e \quad (2)$$

Donde N_e es el número total de elementos finitos usados para discretizar el dominio. La matriz de rigidez de cada elemento se obtiene de la siguiente expresión:

$$K^e = \int_{\Omega^e} B^T D B d\Omega \quad (3)$$

Donde D es la matriz de material para el caso de esfuerzo plano [7], B es la matriz de las derivadas de las funciones de forma y Ω representa el dominio de diseño [8].

Como la idea de la OT es distribuir cierta cantidad de material en el dominio, de tal forma que la rigidez sea la máxima posible, se necesita un mecanismo para modelar la presencia o ausencia de material. En este trabajo se usó el modelo de material sólido isotrópico con penalización (SIMP). En este modelo, cada elemento finito tiene asociada una variable llamada pseudodensidad (ρ), que multiplica la matriz de rigidez del elemento de la siguiente manera:

$$\hat{K}_i^e = \rho_i^p K_i^e \quad (4)$$

Donde ρ es un factor de penalización usado para reducir los valores intermedios de las pseudodensidades. Estas presentan valores entre cero y uno, donde cero representa ausencia total de material y uno representa la presencia del material de base usado en el diseño. Por cuestiones de implementación numérica, las pseudodensidades no pueden tener valores discretos de 0 y 1, sino una variación continua entre estos dos valores.

$$(0 \leq \rho \leq 1) \quad (5)$$

La energía de deformación aumenta a medida que la estructura se deforma, por tanto, el proceso de optimización consiste en hallar el conjunto de valores ρ_i que la minimizan. Por ejemplo, la imagen muestra un diseño de material optimizado de una viga cargada (Fig. 1). Los elementos sólidos con densidades $\rho(e) = 1$ son de color negro, mientras que los elementos vacíos con $\rho(e) = 0$ se eliminan.

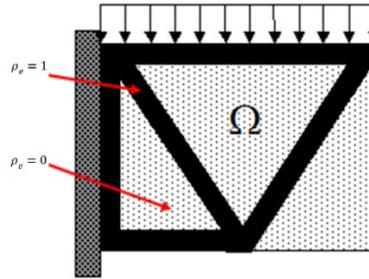


Figura 1. Diseño optimizado de viga cargada

El estudio de topología del presente trabajo se aplica a un modelo, previamente definido que consiste en una Carcasa de caja de transferencia AWD. Para el desarrollo del trabajo de investigación se ha utilizado el software Solidworks Simulation 2020. El proceso comprende los siguientes pasos:

i. Creación de un Nuevo Estudio.

ii. En la ventana de Percepción de diseño, se elige Estudio de topología

Para esto se configura un estudio de topología con el objetivo de encontrar la mayor rigidez por unidad de peso.

iii. Se seleccionan las Propiedades del Estudio:

La creación de un estudio de topología es igual a la de un estudio estático; los materiales, cargas y limitaciones son las mismas, pero agrega dos nuevas entradas: los objetivos y restricciones, y los controles de fabricación. El objetivo del estudio de topología puede ser o bien minimizar la masa o el desplazamiento de la pieza o maximizar su rigidez (mejor relación rigidez-peso). Es una buena costumbre comenzar con la mejor opción de relación rigidez-peso (maximizar rigidez). En el caso de que se tenga un desplazamiento máximo de un componente que no desea sobrepasar durante el estudio de topología, utilizar el objetivo para minimizar el desplazamiento máximo o minimizar el peso con la opción de restricción de desplazamiento. Se observará que los tres objetivos siempre minimizan la masa.

El último paso en la configuración del estudio consiste en agregar los controles de fabricación. Este paso es opcional y no es necesario para que el estudio se pueda ejecutar, pero permite tener control sobre la forma resultante y tener en cuenta los métodos de fabricación posteriores. Los controles de fabricación son regiones protegidas, de modo que se podrá excluir áreas del modelo del proceso de topología y del control de espesor, y establecer el grosor mínimo de los componentes además de la simetría del modelo y la definición de la dirección de desmoldeo, que es una restricción de fundición. Para la Configuración de región conservada (bloqueada), se debe seleccionar Regiones con cargas y sujeciones. Esto nos sirve para que todas las regiones donde se ha definido cargas y sujeciones se conserven de forma predeterminada, es decir, no se hará optimización de estas caras conservadas.

iv. Se ha definido el material (Material: Aluminio AS10G), las sujeciones y las cargas externas

En el gestor de estudio de topología, en Objetivos y restricciones se elige la opción de mayor rigidez al cociente de peso (predeterminado).

v. En la ventana de Objetivos y Restricciones, se procede a reducir el porcentaje de masa

En la primera restricción, para Reducir masa un (porcentaje), se define 50 (%) como Valor de restricción.

vi. En el gestor de estudio de topología, se elige Controles de fabricación y se agrega una región conservada (Fig. 2).

En Región conservada se agregan todas aquellas caras que se precisa conservar (la ventana ofrece la posibilidad de dar un valor de profundidad a esa región conservada).

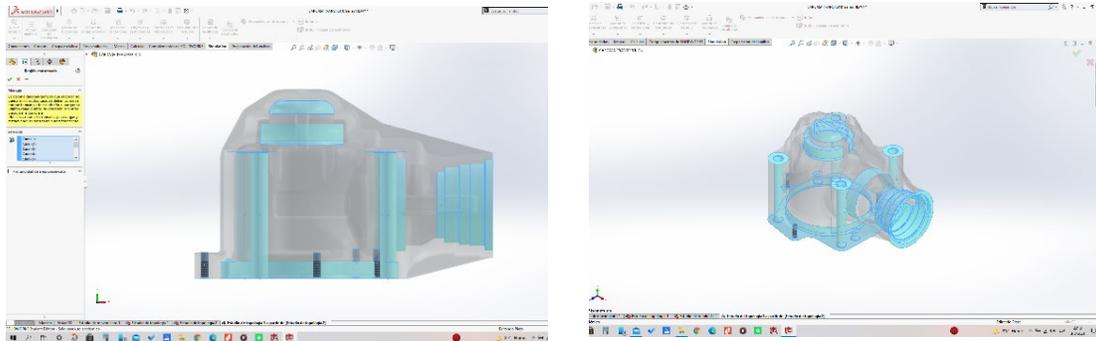


Figura 2. Selección de región conservada interior, brida y nervios estructurales

- vii. Malla el modelo
- viii. Se procede a ejecutar este estudio
- ix. Visualización de los resultados (Fig. 3)

En Resultados, Masa del material nos muestra iso valores de las densidades de masas relativas de los elementos. Se puede controlar con un deslizador los valores de todos los elementos con densidades de masa relativas superiores a 0,3. Es posible desplazar el control deslizante del iso valor hacia la derecha para eliminar un poco más la masa de la forma optimizada.

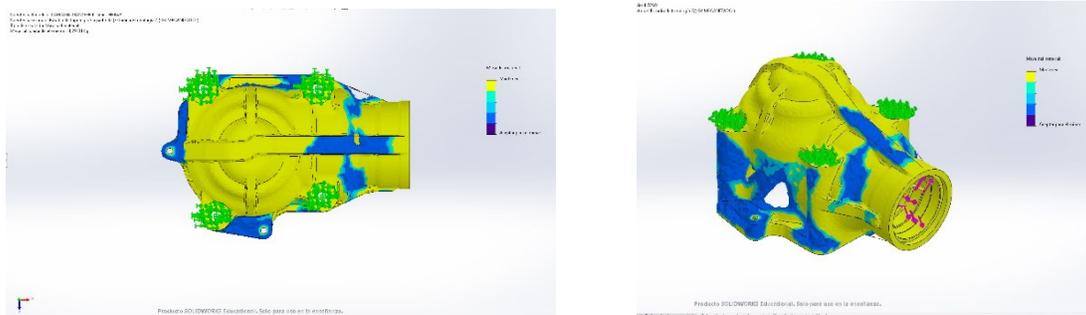


Figura 3. Visualización de iso valores de densidad de masa

- x. Cálculo de la malla suavizada (Fig. 4)
- El programa crea superficies lisas de la forma optimizada, suaviza al máximo y asigna un color único.

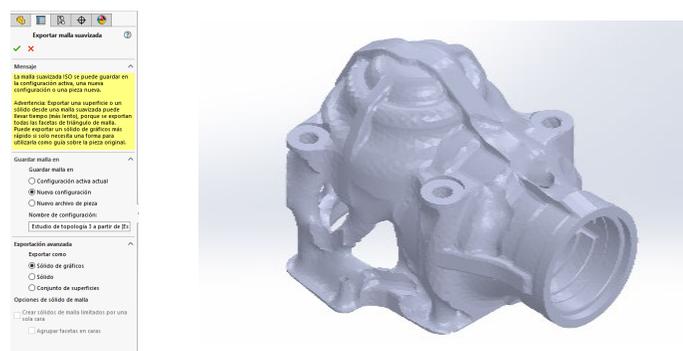


Figura 4. Cálculo de la malla suavizada

xi. Ajuste del modelo a la forma optimizada (Fig. 5)

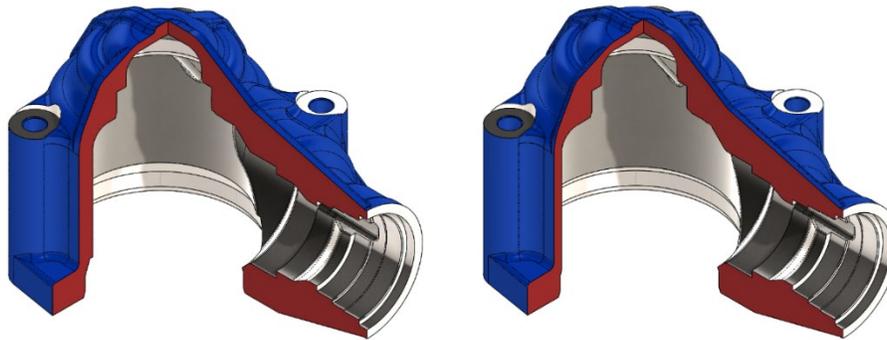


Figura 5: Topología obtenida, volumen inicial y final con el rediseño

xii. Croquis sobre las caras del modelo y las regiones a sustraer del mismo

xiii. Se oculta nuevamente la visualización de simulación

xiv. Se realiza una comprobación del modelo optimizado

Se comprueba el modelo resultante, realizando un Estudio Estático para confirmar que las tensiones están dentro de los límites admisibles.

xv. Se crea la malla y se ejecuta el estudio (Fig. 6)

Al calcular se verifica que, efectivamente, las tensiones no superan el límite elástico del material.

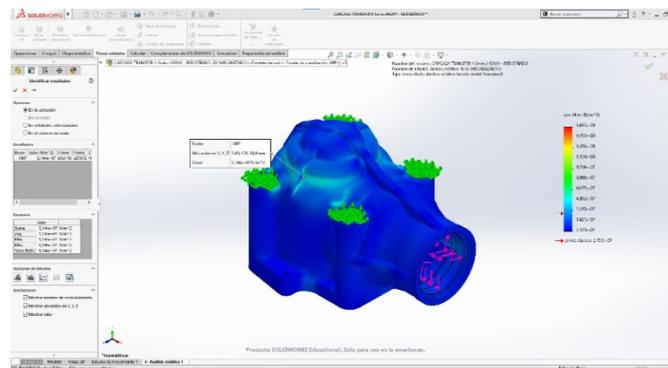


Figura 6: Verificación de tensiones Von Mises del rediseño de la Carcasa de caja de transferencia AWD

Conclusiones

En este trabajo, el problema de máxima rigidez con restricción de volumen fue implementado usando el método de la optimización topológica. La solución utilizada para el desarrollo del cálculo desarrollado proporcionó resultados coherentes. Finalmente, una pieza mecánica fue rediseñada con el propósito de reducir su peso. La solución generó una pieza óptima con una geometría similar, más estilizada, que fue interpretada para obtener un modelo CAD de la pieza mecánica optimizada. El programa de CAD permitió calcular una reducción de peso de 17%. El software Solidworks Simulation permitió calcular los factores de seguridad, mostrando que en el caso de la pieza optimizada se redujo un 17% de su masa. Sin embargo, el valor final aún cumple las especificaciones de diseño. Los resultados obtenidos muestran que la OT es una técnica muy útil en el diseño de piezas mecánicas de peso reducido. Las topologías obtenidas llevan, después de un proceso de interpretación, a piezas mecánicas más livianas, manteniendo una resistencia mecánica comparable, según el análisis estático. Las geometrías complejas que se obtienen con la OT pueden ser fácilmente fabricadas con las técnicas modernas de manufactura aditiva.

Referencias

- Bendsoe et al. (2003). *Topology Optimization: Theory, Methods and Applications*. Berlín: Springer Verlag.
- Kikuchi et al. (1998). Design optimization method for compliant mechanisms microstructure. *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* 151, 401-417.
- Nishiwaki et al. (1998). Topology optimization of compliant mechanisms using the homogenization method. *Int.J. Numer. Meth. Engng.* 42, 535-559
- Timoshenko et al. (1970). *Theory of Elasticity*. New York: Mc Graw-Hill.
- Logan (2007). *A First Course in the Finite Element Method*. Thompson, Canada.
- Carbonari (2003). Projeto de atuadores piezelétricos flexensionais usando o método de otimização topológica. Master's thesis, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Lin, J et al. (2010). A new multi-objective programming scheme for topology optimization of compliant mechanisms. *Struct Multidisc Optim* 40, 241-255.
- Dr. Ing. Mariano Victoria Nicolás - Tesis Doctoral "optimización de forma y topología con malla fija y algoritmos genéticos". Cartagena, abril de 2006 Universidad Politécnica De Cartagena
- Liang Xia (2016) *Multiscale Structural Topology Optimization*. Series Editor Piotr Breitkopf . ISTE Press Ltd and Elsevier Ltd British Library Cataloguing-in-Publication Data ISBN 978-1-78548-100-0.
- Alan Rothwell (2017) *Optimization Methods in Structural Design*. Formerly Delft University of Technology Delft The Netherlands ISSN 0925-0042 ISSN 2214-7764 (electronic) *Solid Mechanics and Its Applications*. Springer International Publishing AG 2017.
- Oswaldo M. Querin, Mariano Victoria, Cristina Alonso, Rubén Ansola, Pascual Martí (2017) *Topology Design Methods for Structural Optimization*. Academic Press is an imprint of Elsevier ISBN: 978-0-08-100916-1.
- George I. N. Rozvany · Tomasz Lewiński Editors (2014) *Topology Optimization in Structural and Continuum Mechanics*. ISBN 978-3-7091-1642-5 Springer Wien Heidelberg New York Dordrecht London. CISM, Udine 2014
- Xianmin Zhang and Benliang Zhu (2018). *Topology Optimization of Compliant Mechanisms*. ISBN 978-981-13-0431-6 Springer Singapore.
- Jiang, L., Chen, S.: Parametric structural shape & topology optimization with a variational distance-regularized level set method. *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.* 321, 316–336 (2017).
- M. Victoria, O.M. Querin, C. Díaz, P. Martí, The effects of membrane thickness and asymmetry in the topology optimization of stiffeners for thin-shell structures, *Eng. Optim.* 46 (7) (2014) 880_894. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/0305215X.2013.813023>

Comparación entre dos métodos para el Cálculo y Selección de un Tornillo de Fijación o Prisionero

Comparison between two methods for the Calculation and Selection of a Fixation Screw

Jeremías R. Luque

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Argentina.
jere_luque@hotmail.com

Felipe A. Abraham

Universidad Tecnológica Nacional), Facultad Regional San Francisco, Argentina.
felipe_tec_em@hotmail.com

Ignacio R. Ortega Dall'Agata

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Argentina.
ignacioortegadal@hotmail.com

Walter R. Tonini

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Argentina.
wtonini@sanfrancisco.utn.edu.ar

Resumen

El informe que presentamos a continuación desarrolla dos métodos para luego compararlos y así obtener el correcto tornillo de fijación por presión, teniendo en cuenta distintos aspectos como son: principio de funcionamiento, normas DIN 916, análisis de tensión y deformación, concluyendo con la selección de un tornillo comercial que mejor se ajuste a la tarea a realizar.

Palabras clave: Prisionero, selección de tornillos, cálculo, norma DIN.

Abstract

The report that we present below develops two methods to later compare them and thus obtain the correct pressure fixing screw, taking into account different aspects such as: operating principle, DIN 916 standards, stress and deformation analysis, concluding with the selection of a commercial screw that best suits the task at hand.

Keywords: Prisoner, screw selection, calculation, DIN standard.

Introducción

El diseño de un sistema para transmitir potencia requiere de atención al diseño y selección de cada uno de los componentes (ejes, engranajes, rodamientos, etc.). Este documento analizará un componente al que comúnmente se le resta importancia quizás debido a su tamaño, sin embargo, es de **vital** importancia a la hora de fijar un engranaje a un eje y permitir condiciones óptimas de trabajo. Hablamos del tornillo de fijación por presión mejor conocido en la jerga del taller como “prisionero”.

Los datos relevantes del sistema de transmisión de potencia se proporcionarán para facilitar el cálculo y concentrarnos en el análisis del tornillo de fijación. A los fines prácticos se seleccionará un modelo de prisionero comercial estándar y se analizarán los esfuerzos a los que este es sometido.

Método

El estudio del prisionero se desdoblará en seis partes:

- Generalidades del tornillo o perno.
- Principio de funcionamiento.
- Análisis de las características del tornillo de fijación según norma DIN 916.
- Estado de tensión en la rosca.
- Análisis de las tensiones y deformaciones que sufrirá el elemento.
- Proceso de selección del tornillo normalizado.

Generalidades del tornillo o perno. El tornillo es un elemento de sujeción y nos permite unir piezas, en nuestro caso se producirá un acortamiento por compresión, sin ser una deformación permanente y logra soportarlos esfuerzos a los que está sometido. Existen varios tipos de tornillos, en nuestro caso será un tornillo **allen** sin cabeza de rosca milimétrica usada como “prisionero” para unir un engranaje a un eje.

El prisionero consta de la caña que es la parte cilíndrica del tornillo que se enrolla un plano inclinado formando los filetes de la rosca, la rosca es la parte del cilindro que aparece tallada o surcada y consta a su vez de tres partes, el filete o hilo, la cresta y el fondo o raíz. En nuestro caso no cuenta con cabeza, pero se talla en el interior de la caña la forma hexagonal para ajustarlo mediante llaves **allen**.

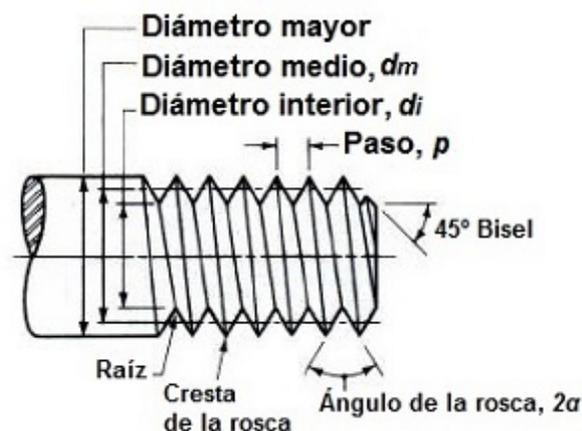


Figura 1. Esquema con las partes de un tornillo o bulón.

Principio de funcionamiento. Sobre la caña (cuerpo cilíndrico) se enrolla un plano inclinado formando los filetes de la rosca del tornillo.

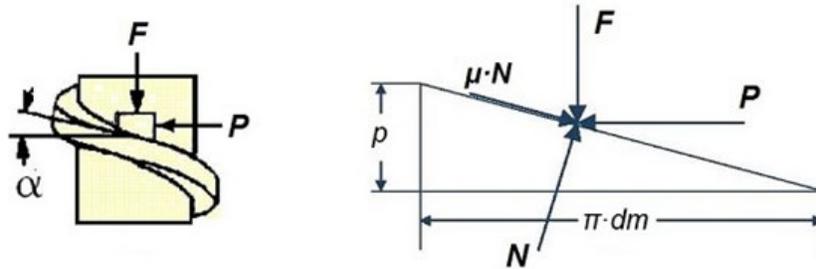


Figura 2. Diagrama de fuerzas que se generan al ajustar el prisionero en el orificio del engranaje.

Al hacer girar el tornillo en el interior de la tuerca (una vuelta completa), la tuerca recorrerá una longitud de circunferencia igual a $\pi \cdot d_m$ donde d_m representa el diámetro medio de la rosca, y realiza un avance en dirección axial de la rosca igual a p (paso del tornillo) donde el ángulo de paso (α) está dado por $\alpha = \cotg(p / \pi \cdot d_m)$. El prisionero trabaja a compresión (de la fuerza aplicada para su ajuste sobre la superficie de contacto con el eje) y corte tangencial (del momento del eje en conjunto con el engranaje).

Análisis de las características del tornillo de fijación según norma DIN 916. Se aplica para tornillos allen milimétricos sin cabeza, principalmente en lugares donde no hay suficiente espacio disponible para usar un tornillo allen de cabeza cilíndrica. Los principales campos de aplicación son ingeniería pesada, matrices y utillajes, bombas en aplicaciones internas y externas, automoción e industria naval, fijación de seguridad, aplicaciones a altas temperaturas, etc. Se fabrican en acero aleado al carbono de alta resistencia o acero inoxidable con un FOSFATADO y PASIVADO como tratamiento de acabado superficial, la superficie posee un color negro que se le provee mediante un tostado o químicamente. La temperatura máxima de resistencia va desde los -25°C a los 200°C .

A continuación, se presenta los gráficos y tablas con los datos normalizados de las dimensiones más comunes comercialmente disponibles. Tenga en cuenta que en el gráfico d es diámetro, t profundidad de fresado del hexágono interno para ajuste, l largo total del tornillo, d_t diámetro de la superficie de apoyo, e radio del círculo que contiene el hexágono para la llave allen, s distancia entre caras del hexágono.

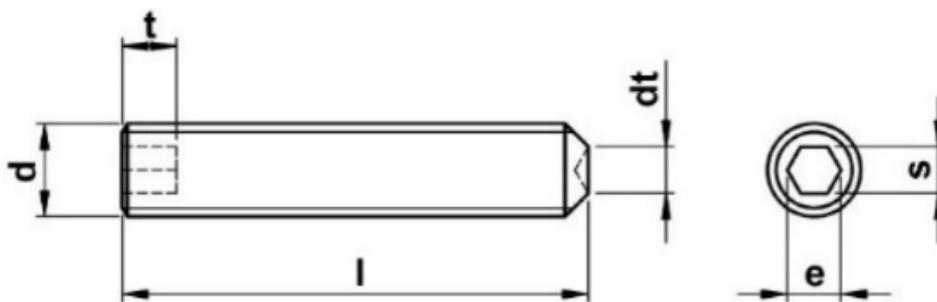


Figura 3. Dimensiones de un tornillo de fijación según norma DIN 916.

Tabla 1. Dimensiones normalizadas (norma DIN 916)

D	Paso	d máx.	t min.	t máx.	s	e
M2	0,40	0,50	0.08	1.7	0.9	1.0
M2.5	0,45	0,90	1.2	2.0	1.3	1.4
M3	0,50	1,40	1.2	2.0	1.5	1.7
M4	0,70	2,00	1.5	2.5	2	2.3
M5	0,80	2,50	2.0	3.0	2.5	2.9
M6	1,00	3,00	2.0	3.5	3	3.4
M8	1,25	5,00	3.0	5.0	4	4.6
M10	1,50	6,00	4.0	6.0	5	5.7
M12	1,75	8,00	4.8	8.0	6	6.9
M16	2,00	10,00	6.4	10.0	8	9.2
M20	2,50	14,00	8.0	12.0	10	11.4

Análisis de las tensiones y deformaciones que sufrirá el elemento. En un sistema eje-engranaje que usa tornillo de fijación para mantenerse unido, el tornillo se somete a dos grandes esfuerzos, la falla por cortante y el esfuerzo de compresión.

Antes que nada, fijaremos las condiciones de trabajo a las que se somete el tornillo de fijación. Se trata de un tren de engranes de inversión compuesto, como el que se muestra en la figura.

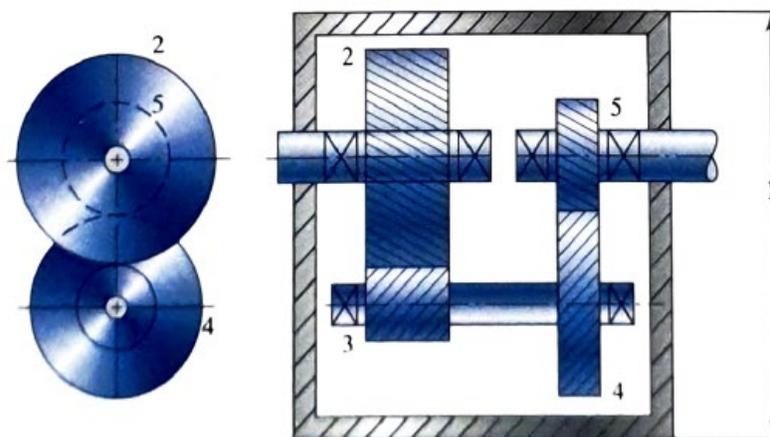


Figura 4. Tren de engranes de inversión compuesta.

A continuación, se presentará un conjunto de las especificaciones del sistema en cuestión.

Motor que origina el par

Marca: WEG Línea: W22

Sistema Trifásico de baja tensión

Nro. de polos: 2

Velocidad del eje: 1500 rpm

Frecuencia: 50Hz

Tornillo de fijación (Prisionero)

Material: Acero aleado de alta resistencia

Resistencia a la fluencia: 58 Kg/mm²

Factor de seguridad: 2

Potencia: ½ HP
Ø eje: 14J6 (mm) = 14 mm

El par de torsión aplicado sobre el prisionero se obtiene mediante la ecuación de potencia.

$$T = \frac{726000 \cdot H}{n} \quad \therefore \quad T = \frac{726000 \cdot 0,5HP}{1500rpm} \quad (1)$$

$$T = 242 \text{ Kgf} \cdot \text{mm}$$

Luego, la fuerza F en la superficie del eje es:

$$F = \frac{T}{\frac{\phi}{2}} = \frac{242 \text{ Kgf} \cdot \text{mm}}{14 \text{ mm} / 2} \quad (2)$$

$$F = 34,57 \text{ Kgf}$$

Usando la teoría de la energía de distorsión, podemos calcular la resistencia al cortante como:

$$S_{Sy} = 0,577 \cdot S_y = 0,577 \cdot 58 \text{ Kgf} / \text{mm}^2 \quad (3)$$

$$S_{Sy} = 33,47 \text{ Kgf} / \text{mm}^2$$

La falla por cortante será:

$$\tau = \frac{S_{Sy}}{FS} = \frac{33,47 \text{ Kgf} / \text{mm}^2}{2} \quad (4)$$

$$\tau = 16,74 \text{ Kgf} / \text{mm}^2$$

Para calcular el esfuerzo máximo por compresión que resistirá el tornillo de sujeción usaremos el par de torsión calculado en (1) para determinar por tabla el diámetro (Ø) del mismo.

Tabla 2. Diámetro del tornillo de presión según el par de torsión soportado.

Medida nominal y paso normal Ø broca para perforar (mm)	Par de torsión (Kgf.mm)	Potencia de sujeción (Kgf)
M2 x 0,40	1,60	29,48
M2,5 x 0,45	2,00	38,56
M3 x 0,50	2,50	54,43
M4 x 0,70	3,30	113,40
M5 x 0,80	4,20	174,63
M6 x 1,00	5,00	244,94
M8 x 1,25	6,75	453,59
M11 x 1,50	9,50	907,18
M13 x 1,75	11,25	1133,98
M16 x 2,00	14,00	1587,57
M18 x 2,50	15,50	1814,37
M22 x 2,50	19,50	2267,96
M24 x 3,00	21,00	2721,55

Se puede observar que en la tabla no se encuentra el valor del par torsor calculado, $T=242$ Kgf.mm. Este se encuentra entre el valor de $T_5=230,40$ Kgf.mm correspondiente al tornillo M5 x 0,80 y el valor $T_6=414,20$ Kgf.mm correspondiente al tornillo M6 x 1,00, por lo que tomaremos este último para desarrollar el cálculo, dada su existencia comercial. Lo que nos indica un diámetro de 6mm. Por lo tanto, la superficie de apoyo del tornillo sobre el eje será:

$$A = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} = \frac{\pi \cdot (6mm)^2}{4} \quad (5)$$

$$A = 28,27 \text{ mm}^2$$

Usaremos la ecuación de esfuerzo de compresión para determinar la compresión máxima que soportara nuestro prisionero.

$$C = \frac{F}{A} = \frac{34,57Kgf}{28,27mm^2} \quad (6)$$

$$C = 1,22 \text{ Kgf/mm}^2$$

Estado de tensión en la rosca. Analizaremos ahora los niveles de tensión que se alcanza en el interior del material de la rosca del tornillo, dados los esfuerzos transmitidos al engranar la rosca del tornillo con el roscado del eje.

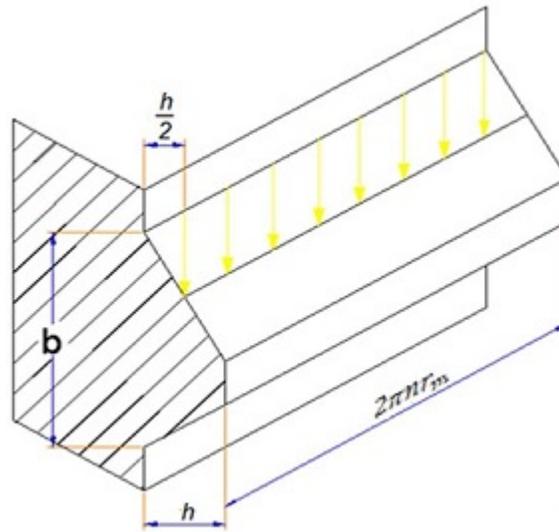


Figura 4. Sección de rosca analizada como si fuera una viga en voladizo.

Como se ve en la figura el perfil de la rosca se puede analizar como si fuera una viga en voladizo, donde se aplica una fuerza (F) distribuida a lo largo de hélice del tornillo. Podemos realizar dos observaciones sobre la figura 4. La primera que la zona de contacto entre la rosca del tornillo y el roscado del eje no se encuentra en el extremo de la rosca, sino que se da en el radio medio (rm), situado a una distancia (h/2) medida desde la base del diente.

La segunda, que existe un valor de $2 \cdot \pi \cdot n \cdot r_m$ que define la superficie de contacto en todo momento a lo largo de toda la longitud de la hélice de la rosca. El cálculo del estado de tensión normal (σ) que nace en la base de la rosca, se obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$\sigma = \frac{Mf}{W} = \frac{3 \cdot F \cdot h}{2 \cdot \pi \cdot n \cdot r_m \cdot (0,7 \cdot p)^2} \quad (7)$$

donde:

F es la fuerza aplicada al tornillo

h es un cuarto del paso de la rosca

rm es el radio medio de la rosca

n depende del tipo de rosca, en nuestro caso vale 1

dmáx es el diámetro máximo del prisionero

p es el paso de la rosca

La fuerza F la tomamos de la ecuación (2), y los datos de las dimensiones del tornillo se obtienen de la tabla 1 que contiene los valores de acuerdo a la norma DIN916.

Reemplazando para un prisionero M6 obtenemos:

$$\sigma = \frac{3 \cdot 34,57 \text{ Kgf} \cdot 0,25 \text{ mm}}{2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 0,5 \text{ mm} \cdot (0,7 \cdot 1 \text{ mm})^2}$$

$$\sigma = 16,84 \text{ Kgf/mm}^2$$

Finalmente, el esfuerzo cortante transversal viene dado por:

$$\tau = \frac{F}{1,4 * \pi * n * r * m * p} \quad (8)$$

$$\tau = \frac{34,57 \text{ Kgf}}{1,4 * \pi * 1 * 0,5 \text{ mm} * 1 \text{ mm}}$$

$$\tau = 15,71 \text{ Kgf/mm}^2$$

Proceso de selección del tornillo normalizado. Como se puede observar en los cálculos anteriores el proceso de selección no es directo, se debe seleccionar un tornillo, realizar los cálculos e ir comparando y corrigiendo con los datos de la norma DIN916 que se corresponde con los tornillos que se consiguen comercialmente. Se debe tener en cuenta que el tornillo de sujeción debe tener una longitud de casi la mitad del diámetro del eje. Además, se debe usar un factor de seguridad para cargas dinámicas en la selección realizada.

Resultados

Las dimensiones del tornillo dependen directamente del par aplicado sobre él, con un valor de 242 Kgf/mm² resultando en un comercial M6 x 1,00.

Se utilizaron dos métodos para obtener el esfuerzo cortante al que estará sometido el tornillo, los resultados muestran una diferencia del 6,15% entre las magnitudes obtenidas.

Conclusiones

Para seleccionar un tornillo de fijación adecuado se debe calcular el par de torsión al que estará sometido e ir comparando los datos obtenidos con los datos de referencia en la norma DIN916 que se corresponde con los tornillos que se consiguen comercialmente.

Es importante tener en cuenta dos factores que influyen en la selección, primero que la longitud depende directamente del diámetro del tornillo y segundo el factor de seguridad para cargas dinámicas.

Referencias

Instituto Alemán de Normalización, Norma DIN 916, 2012.

J. M. Gere, Timoshenko, Resistencia de Materiales, 5ta Ed., Paraninfo, 2002.

Catalogo WEG, Hoja de datos Motores Trifásicos Línea W22, WEG Equipamientos Eléctricos S.A., 2013.

R. G. Budynas y J. K. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 8va. Ed., Editorial McGrawHill, 2008.

Conformación de un kit didáctico sobre el funcionamiento de un DFIG

Arrangement of an educational kit on the operation of a DFIG

Diego M. Ferreyra

Facultad Regional San Francisco, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
dferreyra@sanfrancisco.utn.edu.ar

Pablo A. Ferrero

Facultad Regional San Francisco, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
pferrero@facultad.sanfrancisco.utn.edu.ar

Kevin D. Knüssel

Facultad Regional San Francisco, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
kknussel@gmail.com

Santiago M. Comba

Facultad Regional San Francisco, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
santiagomcomba@gmail.com

Resumen

En este trabajo, se detallan generalidades sobre el principio de funcionamiento y aspectos de diseño y montaje de un kit didáctico que replica el funcionamiento de un generador de inducción doblemente alimentado (DFIG, por sus siglas en inglés), de uso extendido en aplicaciones de energía eólica. Se enumeran los componentes principales con sus valores nominales y se detalla la función de cada uno de ellos. A pesar de algunas limitaciones que impedirían conectar este kit a la red eléctrica como sería esperable de un DFIG real, el sistema de control sencillo implementado con componentes industriales estándares cumple con la finalidad de que la frecuencia de las tensiones generadas se mantenga muy próxima a la frecuencia industrial requerida. Se destaca la utilidad didáctica del kit propuesto, se remarca que algunos de los componentes se recibieron en donación por parte de empresas regionales, y se enuncian aspectos adicionales para completar el proyecto y alternativas para trabajo a futuro.

Palabras clave: energía eólica, generador de inducción doblemente alimentado, DFIG, kit didáctico.

Abstract

In this work, general details are given on the working principle and the design and assembly features of an educational kit which replicates the operation of a doubly fed induction generator (DFIG), widely use in wind energy applications. The main components are listed with their rated values and the function for each of them. Despite limitations which prevent the kit from being connected to the grid as would be expected in a real DFIG, the simple control system implemented with standard industrial components meets the goal that the frequency of the generated voltages remains very close to the required industrial frequency. The educational value of the proposed

kit is highlighted, the donation of some of the components by regional companies is emphasized, and additional points are listed for the project to be completed, as well as future work alternatives.

Keywords: wind energy, doubly fed induction generator, DFIG, educational kit.

Introducción

En Argentina, en los últimos años, resulta notorio el ritmo de avance de las fuentes renovables para la generación de energía eléctrica, sobre todo a nivel del mercado mayorista. Una proporción notoria de dicho impulso viene dada por proyectos de energía eólica de diferentes formatos y magnitudes. Esto acompaña el actual auge mundial en estas tecnologías de generación renovable de energía eléctrica y se sustenta en el elevado potencial de generación eólica disponible en nuestro territorio nacional (CADER, 2013; CAMMESA, 2021; Clementi, 2017; DTU, 2021).

Existen diversas configuraciones de generadores eléctricos de aplicación eólica, con diferentes características constructivas y principios de funcionamiento. Tales diferencias dependen principalmente de la modalidad de conexión a red del generador y de la característica de velocidad fija o variable. En este sentido, considerando los de velocidad variable, pueden enunciarse tres grandes familias (Abad, 2011; Díez, 2015):

1. Sin conexión del estator a la red: para alimentar sistemas aislados de la red, lo más frecuente es usar configuraciones con imanes permanentes en el rotor. La potencia CA de tensión y frecuencia variables obtenida en el estator se convierte a DC por medio de un rectificador y se utiliza para la carga de baterías.
2. Con conexión del estator a la red a través de electrónica de potencia: por lo general, son de mayor potencia que los aislados de la red y el rotor incluye algún tipo de regulación de la corriente de campo. Por lo tanto, solo la frecuencia de la potencia CA que se establece en el estator es variable con la velocidad del viento. Esta potencia CA se rectifica, se hace pasar por un bus DC, y atraviesa un inversor que establece la interfaz con la red eléctrica en CA a la frecuencia industrial.
3. Con conexión galvánica del estator a la red: una configuración habitual es el generador de inducción de doble alimentación (*Doubly Fed Induction Generator, DFIG*), donde la velocidad del rotor sigue siendo variable según la velocidad del viento. La particularidad es en que el rotor cuenta con un bobinado polifásico (típicamente trifásico) que se alimenta con un sistema polifásico de tensiones cuya resultante establece el campo principal de excitación; en función de la frecuencia de la alimentación al rotor, dicho campo de excitación es un campo giratorio de magnitud, velocidad y sentido de giro variables a voluntad. La alimentación del rotor se controla de modo tal que en todo momento se compense la discrepancia entre la velocidad de giro del eje y la frecuencia eléctrica requerida en el estator. La principal ventaja de este tipo de máquinas es su contribución favorable a la estabilidad de las líneas eléctricas asociadas.

De las tres configuraciones enumeradas, este trabajo enuncia los aspectos preliminares del diseño y montaje de un kit didáctico que replica el funcionamiento de un DFIG.

En la Facultad Regional San Francisco (en adelante, la Facultad) de la Universidad Tecnológica Nacional (en adelante, UTN), se impulsó este proyecto desde un ámbito de I+D a fin de apoyar la difusión de estas tecnologías en las carreras de grado. Actualmente, se está concretando con un Trabajo Final de Carrera en Ingeniería

Electromecánica desarrollado por dos estudiantes con la supervisión de sendos docentes. Es valioso mencionar que el proyecto se implementa a partir de cuatro componentes principales: uno ya estaba disponible en la Facultad y los otros tres fueron donados por empresas privadas del medio regional.

Desarrollo

En la Fig. 1, se muestran a modo de ejemplo el esquema de un DFIG, donde se incluye una caja de engranajes multiplicadora que, en la práctica, permite accionar el eje del generador con la mayor velocidad mecánica posible; en el proyecto de este trabajo, la velocidad de accionamiento ya será elevada porque se proporciona con un motor de inducción estándar accionado por un variador de frecuencia. Los convertidores que se muestran en el esquema permiten regular las potencias que el rotor intercambia con la red en diferentes estados de funcionamiento, siempre destinados a mantener constante la frecuencia de las tensiones inducidas en el bobinado del estator (Díez, 2015).

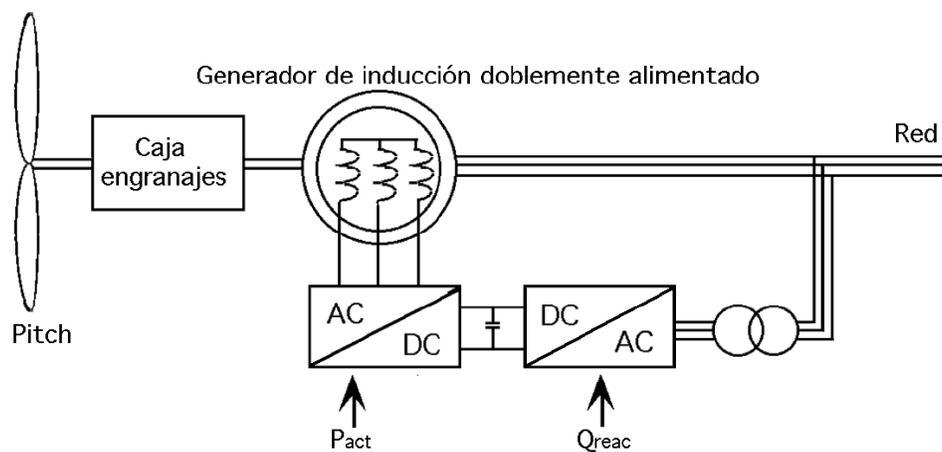


Figura 1. Esquema elemental de los componentes de un DFIG (Díez, 2015).

Para el proyecto aquí presentado, se partió inicialmente de los elementos que se muestran en la Fig. 2: una máquina eléctrica didáctica trifásica de inducción con rotor bobinado; y un motor asincrónico trifásico estándar.

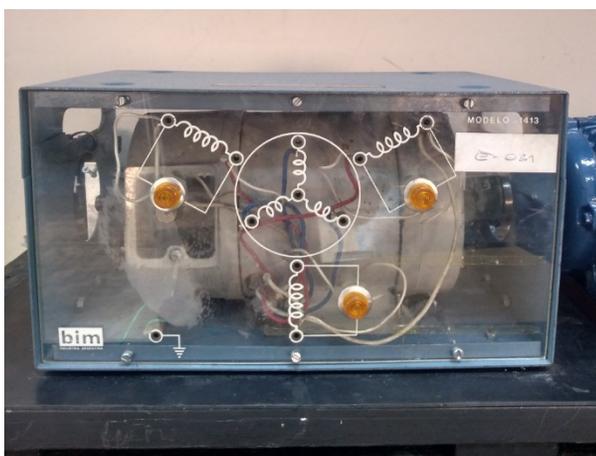


Figura 2. Dos de los componentes principales: (a) máquina eléctrica didáctica trifásica de inducción con rotor bobinado, y (b) motor asincrónico trifásico estándar.

El motor asincrónico marca WEG fue donado por la filial argentina de la marca; su potencia mecánica representa el impulso del viento sobre el eje del generador y tiene por valores nominales principales 0,25 kW y 1380 min⁻¹; es similar a líneas comerciales actuales (WEG, 2021b), aunque está discontinuado. La máquina didáctica marca BIM ya era propiedad de la Facultad; representa el DFIG, y sus valores nominales son 250 W y 1420 min⁻¹. Ambas máquinas son de 50 Hz y 220/380 V. La particularidad de la máquina didáctica es que el bobinado trifásico en estrella de su rotor se puede alimentar con 120 V por medio de anillos rozantes.

En la Fig. 3, se muestran los otros dos componentes principales del proyecto: un variador de frecuencia de última generación con funciones de PLC incorporadas, y un variador de frecuencia tradicional, ambos aptos para las potencias requeridas.



Figura 3. Otros dos de los componentes principales: (a) variador de frecuencia moderno con funciones de PLC incorporadas, y (b) variador de frecuencia tradicional.

Ambos variadores de frecuencia son marca WEG. El CFW500 (WEG, 2021b), más moderno, fue donado por la filial argentina de la marca, mientras que el CFW10 (WEG, 2021c), más tradicional, fue donado por Minimec, una empresa regional dedicada a la fabricación de maquinaria para gastronomía. El CFW500, de alimentación trifásica, tiene un valor nominal de 4,3 A para un rango de tensiones nominales de 380-480 V y se destina a alimentar el motor asincrónico trifásico a fin de emular la velocidad variable de una turbina eólica accionada por el viento. Por otro lado, el CFW10, de alimentación monofásica, tiene un valor nominal de 10 A para un rango nominal de 200-240 V y se emplea para alimentar con tensión y frecuencia variables el bobinado trifásico del rotor de la máquina didáctica.

En la Fig. 4, se muestra el estado actual de integración de los componentes hasta aquí presentados, con el agregado de cableados y elementos adicionales de accionamiento, protección y señalización. Se destaca la vinculación mecánica entre los ejes de las dos máquinas eléctricas, es decir que ambos giran solidariamente.



Figura 4. Kit didáctico en estado avanzado de montaje

La siguiente es la secuencia de funcionamiento implementada hasta el momento, con el generador en vacío y sin conexión a la red eléctrica:

1. Por medio del variador CFW500, se alimenta el motor de accionamiento con una frecuencia diferente a la nominal, por ejemplo, 40 Hz, con la tensión correspondiente al ajuste V/f establecido.
2. Despreciando el deslizamiento del motor, la velocidad de giro de los ejes solidarios entre sí haría que la máquina didáctica genere un sistema trifásico de tensiones de frecuencia muy próxima a esos 40 Hz.
3. A fin de compensar dicha diferencia de frecuencia en la generación, hay interconectada una salida analógica del CFW500 con una entrada analógica del CFW10. Usando una programación *ad hoc* del PLC interno del CFW500, se logra que el CFW10 alimente el bobinado del rotor del DFIG con una frecuencia y secuencia de fase que, para este ejemplo, será de 10 Hz en el mismo sentido que el del giro del rotor.
4. De esta manera, la frecuencia de las tensiones generadas queda definida por la sumatoria de ambos valores: $40 \text{ Hz} + 10 \text{ Hz} = 50 \text{ Hz}$, que es el valor de frecuencia industrial requerido.
5. Dada la programación usada en el PLC interno del CFW500, esta secuencia es válida también cuando el motor de alimentación gira a velocidades correspondientes a frecuencias mayores a la industrial. P. ej., si el CFW500 alimenta el motor de accionamiento a 60 Hz, el CFW10 alimentará el rotor del DFIG con 10 Hz en el sentido contrario de giro, y se obtendrá así una frecuencia de salida de $60 \text{ Hz} - 10 \text{ Hz} = 50 \text{ Hz}$.

Para continuar el proyecto, resta ajustar el control de la corriente que circula por el rotor del DFIG, a fin de que la tensión a los bornes de su estator esté siempre en torno a la nominal (220 V de fase, 380 V de línea). De todos modos, aunque se ajuste con exactitud este comportamiento en tensión, se prevé una limitación que tiene que ver con la frecuencia. Ocurre que la secuencia presentada y la programación del PLC se basan en la medición de la frecuencia de alimentación del motor de accionamiento; por lo tanto, el control propuesto y los cálculos presentados desprecian el deslizamiento de dicho motor asíncrono. Esto implica que la suma final de frecuencias da siempre valores algo por debajo de la frecuencia industrial requerida. Para extender el proyecto, una solución podría ser medir la velocidad de giro de los ejes, pero una interconexión a la red requeriría también la medición de la frecuencia de esta. Si bien esta limitación hace que hoy no se pueda interconectar este DFIG didáctico a la red eléctrica (sobre todo en condiciones de carga), se considera de valor educativo presentar este sistema de control

elemental conformado por equipos industriales estándares para emular un tipo de generador de uso extendido en aplicaciones eólicas.

Otro aspecto por observar es el nivel de las potencias activas y reactivas que el rotor debe intercambiar con la red a través del variador de frecuencia que cumple esa función. Para los márgenes de frecuencia de las pruebas realizadas (aprox. $\pm 30\%$ de la nominal), y dados los valores nominales relativos de los equipos, no se nota un impacto notorio, pero debe preverse que la tensión del bus DC del variador CFW10 aumentaría en determinadas condiciones, condición que debe corregirse y controlarse.

Conclusiones

En este trabajo, se detalló el principio de funcionamiento y los aspectos generales de diseño y montaje de un kit didáctico para emular el funcionamiento de un generador de inducción doblemente alimentado. Este tipo de generadores, conocido como DFIG por sus siglas en inglés, es de uso extendido en energía eólica. La implementación del kit didáctico se realiza con componentes industriales, en su mayoría estándares y donados por empresas del medio. A pesar de algunas limitaciones que se describen, el kit cumple con la finalidad de replicar de manera aproximada el funcionamiento de un DFIG real. El proyecto en el que se enmarca este trabajo incluye el desarrollo de un Trabajo Final de Carrera en Ingeniería Electromecánica en la UTN San Francisco, lo cual implica un impacto académico muy favorable.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la UTN por el financiamiento relacionado con este proyecto, que surge del PID ENECBSF0008115 homologado por su Rectorado. También extienden su agradecimiento por las donaciones recibidas de WEG Equipamientos Eléctricos SA (filial argentina de la multinacional WEG), sita en San Francisco (provincia de Córdoba); de Minimec, localizada en Las Petacas (provincia de Santa Fe), en la persona de su titular, Iván F. Losano; y del taller mecánico de Ezio Leurino, ubicado en San Francisco. De similar manera, se agradece especialmente al Ing. Alberto J. Díaz y al Sr. Santiago F. Leurino, de la UTN San Francisco, por la realización de ensayos que permitirán ampliar el presente trabajo.

Referencias

- Abad, G., López, J., Rodríguez, M., Marroyo, L., Iwanski, G. (2011). *Doubly fed induction machine: modeling and control for wind energy generation (Vol. 85)*. Hoboken (NJ, USA): John Wiley & Sons.
- Cámara Argentina de Energías Renovables (CADER, 2013). "+RENOVABLES 2012/2013. Anuario. Sección Eólica". 4.^a edición. Buenos Aires, Argentina.
- CAMMESA (2021), Informe Anual 2020. Disponible en <<https://microfe.cammesa.com/static-content/CammesaWeb/download-manager-files/Informe%20Anual/INFORME%20ANUAL%202020%20VF.pdf>>.
- Clementi, L. V. (2017). "Energía Eólica y Territorios en Argentina. Proyectos en el Sur de la Provincia de Buenos Aires entre fines del siglo XX y principios del siglo XXI", Tesis (Doctorado en Geografía), Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina.
- Danmarks Tekniske Universitet (DTU, 2021). "Global Wind Atlas", World Bank Group. Disponible en <<https://globalwindatlas.info/>> .

Díez, P. F. (2015). *Energía Eólica*. Santander (Cantabria, España): Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética de la Universidad de Cantabria.

WEG (2021a). "Motor Modular IE1 0.25 kW 4P 71 3F 115/200/230/400//132/230 V 50 Hz IC411 - TEFC - B14T". Disponible en <<https://www.weg.net/catalog/weg/RS/es/Motores-El%C3%A9ctricos/Motores-para-Aplicaci%C3%B3n-Industrial/Motor-Modular/Motor-Modular-%28Aluminio%29/Motor-Modular-IE1-0-25-kW-4P-71-3F-115-200-230-400-132-230-V-50-Hz-IC411---TEFC---B14T/p/12925335>>.

WEG (2021b). "Convertidor de Frecuencia CFW500". Disponible en <https://www.weg.net/catalog/weg/AR/es/Drives/Convertidores-de-Frecuencia/OEM-y-Proposito-General/Convertidor-de-Frecuencia-CFW500/Convertidor-de-Frecuencia-CFW500/p/MKT_WDC_GLOBAL_VARIABLE_SPEED_DRIVE_CFW500>.

WEG (2021c). "Convertidores de Frecuencia CFW10". Disponible en <https://www.weg.net/catalog/weg/US/es/Drives/Legacy-Drives/Convertidor-de-Frecuencia-CFW10/Convertidores-de-Frecuencia-CFW10/p/MKT_WDC_GLOBAL_FREQUENCY_INVERTER_EASY_DRIVE_CFW10>.

Desarrollo de Metodología Para Confeción de un Plan de Expansión en una Red de Distribución con Densidad Alta de Demanda

Development of Methodology for Preparation of an expansion plan in a distribution network with High Density Demand

Ulises Manassero

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Santa Fe, Centro de Investigación en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Lavaise 610, Ciudad de Santa Fe, Pcia Santa Fe, Argentina.
ulisesmanassero@hotmail.com

Mariano Miguel Perdomo

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Santa Fe, Centro de Investigación en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Lavaise 610, Ciudad de Santa Fe, Pcia Santa Fe, Argentina.
perdomomariano@hotmail.com

Juan Pedro Fernandez

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Santa Fe, Centro de Investigación en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Lavaise 610, Ciudad de Santa Fe, Pcia Santa Fe, Argentina.
jpfernan@frsf.utn.edu.ar

Irene Beatriz Steinmann

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Santa Fe, Centro de Investigación en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Lavaise 610, Ciudad de Santa Fe, Pcia Santa Fe, Argentina.
isteinmann@frsf.utn.edu.ar

Pablo Sebastián Gaspoz

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Santa Fe, Centro de Investigación en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Lavaise 610, Ciudad de Santa Fe, Pcia Santa Fe, Argentina.
pgaspoz@frsf.utn.edu.ar

Resumen

Las empresas distribuidoras deben asegurar el abastecimiento futuro de la demanda, con una calidad y confiabilidad adecuada del suministro, resultando necesario la planificación de un plan de obras de infraestructura eléctrica. El presente trabajo propone efectuar un análisis técnico-económico y desarrollar un plan de expansión a 10 años de una red de distribución con densidad alta de demanda. Se identifican posibles puntos críticos que comprometan la correcta operación del sistema. Mediante criterios técnicos y económicos, se proponen obras de configuración de los circuitos de distribución, para asegurar un abastecimiento futuro adecuado de la demanda. Las obras propuestas incluyen el tendido de 27,9 km de conductores de 13,2 kV, repotenciación de 26,73 MVA en subestaciones transformadoras de 13,2/0,4-0,231 kV y repotenciación de 65 MVA

en estaciones transformadoras de 132/33/13,2 kV. Estas obras requieren una inversión de 7,59 millones de dólares y garantiza un abastecimiento viable técnica y económicamente, evitando penalizaciones por energía no suministrada.

Palabras clave: Calidad y confiabilidad del suministro, plan de expansión, red de distribución.

Abstract

Distribution companies must ensure the future supply of demand, with adequate quality and reliability of supply. Then, it is necessary to plan an electrical infrastructure works plan. This paper proposes to carry out a technical-economic analysis and develop a 10-year expansion plan for a distribution network with high demand density. Possible critical points that compromise the correct operation of the system are identified. By means of technical and economic criteria, works of the distribution circuits are proposed to ensure an adequate future supply of demand. The proposed works include the laying of 27.9 km of 13.2 kV conductors, repowering of 26.73 MVA in transformer substations of 13.2/0.4-0.231 kV and repowering of 65 MVA in transformer stations of 132/33/13.2 kV. These works require an investment of 7.59 million dollars and guarantee a technically and economically viable supply, avoiding penalties for energy not supplied.

Keywords: Quality and reliability of supply, expansion plan, distribution network.

Introducción

Las empresas distribuidoras deben asegurar el abastecimiento futuro de la demanda en las redes de distribución eléctrica, con una adecuada calidad del suministro (CIGRE Working Group 37.28, 2001). Por esto, resulta necesario la realización de un plan de obras de infraestructura eléctrica de la red orientado a mejorar sus prestaciones y funcionalidades, cumpliendo con los requerimientos de calidad del producto y servicio técnico (Brown, 2002: 39-72). En el plan de expansión de las redes de distribución, se debe considerar el estado actual de las mismas, el crecimiento esperado de la demanda, condiciones de operación normales y de emergencia, costos de operación y mantenimiento. Bajo este contexto, se propone como objetivo general del presente trabajo, efectuar un análisis técnico-económico y desarrollar un plan de expansión a 10 años de la red de distribución primaria de la ciudad de Santo Tomé, caracterizada por niveles de densidad de demanda alta, que rondan los 2 MVA/km². Como objetivos específicos se pretende: i) estudiar y modelar la red de distribución primaria de 13,2 kV en análisis. ii) Proyectar el crecimiento de la demanda en el período de análisis. iii) Determinar para cada año de estudio posibles estados críticos de operación. iv) Proponer obras de ampliación o cambios de configuración de los circuitos, con el propósito de asegurar el correcto abastecimiento futuro de la demanda. v) Evaluar el impacto técnico y económico de las alternativas de obras propuestas según los criterios de planificación adoptados.

Desarrollo

Descripción de la red en estudio: El sistema eléctrico en estudio es alimentado actualmente por medio de 3 estaciones transformadoras (ETs), sus características más relevantes se detallan en la Tabla 1. La red se encuentra compuesta por 12 distribuidores de 13,2 kV, los cuales abastecen un total de 262 subestaciones transformadoras (SETs) y poseen transformadores con tensiones nominales de 13,2/0,4-0,231 kV y potencias nominales desde 5 kVA hasta 1000 kVA. En la Tabla 2 se presentan las principales características técnicas de los distribuidores. Los distribuidores del sistema en análisis, en condiciones normales de funcionamiento operan con topología radial

(Lee Willis, 2004: 29-30). Existen seccionadores que permiten efectuar transferencias de demanda entre distribuidores. La potencia pico demandada en el sistema para el año base de estudio, es de 39 MVA y de 18 MVA en escenario de demanda valle.

ET	Transformadores de cada ET	Potencia nom. [MVA]	Tensión nom. [kV]
Santa Fe Oeste (SFO)	T1	30/30/30	132/34,5/13,8
	T2	30/20/30	132/34,5/13,8
Pay Zumé (PAY)	T1	30/30/30	132/34,5/13,8
	T2	30/20/30	132/34,5/13,8
Brigadier López (BLO)	T1	15/15/15	132/34,5/13,8

Tabla 1. Características de las ETs

ET	Distribuidor	N° SETs	P _{inst} [MVA]	P _{máx} [MVA]	Long. [km]
SFO	Santo Tomé Sur	12	3,66	3,58	8,59
	Santo Tomé Norte	11	4,57	3,01	8,87
	Santo Tomé Centro	14	4,69	4,01	11,76
PAY	San José	111	16,2	4,47	48,06
	Loyola	17	5,4	2,83	6,68
	Lujan	20	6,39	5,28	7,87
	Mosconi	26	4,02	4,35	11,2
	Balcarce	12	4,75	3,93	7,8
	Saavedra	10	2,99	2,71	6,52
	Roverano	5	1,42	2,42	3,14
BLO	Villa Adelina	15	3,31	1,9	7,81
	Villa Industrial	9	1,84	0,82	5,88
Total		262	59,24	39,31	134,2

Tabla 2. Distribuidores de 13,2 kV y sus características

Modelado del sistema: La red de distribución primaria de 13,2 kV en estudio es modelada mediante un software de simulación de flujos de potencia. Las hipótesis adoptadas en el modelado y simulaciones son las siguientes:

- El sistema opera en escenario de pico de demanda (análisis conservador).
- Las SETs, los alimentadores de 33 kV, las ETs de 132/34,5/13,8 kV (excepto ETs PAY, BLO y SFO) son modelados como cargas puntuales.
- Los reguladores bajo carga de transformadores de potencia regulan tensión en barra de 13,2 kV en 1,05 pu.
- Distribuidores de 13,2 kV en condiciones normales de operación (red N) poseen topología radial.
- Para análisis de red en estado de contingencia (red N-1), se considera una falla en el primer tramo del distribuidor (condición más desfavorable).
- Se consideran 5 zonas puntuales de loteos donde a futuro existirán demandas de energía eléctrica teniendo en cuenta una potencia pico de 1,2 kVA por lote (800 m²) y una proyección de ocupación del 80% a 10 años.
- En condiciones de Red N: los conductores de 13,2 kV no deben superar el 66% de su capacidad nominal.
- En condiciones de Red N-1: los conductores de 13,2 kV no deben superar su cargabilidad admisible para el 85% de la demanda pico.
- Los niveles de tensión admisibles según la resolución ENRE N° 465/96 (ENRE, 1996) son: Para alimentación en AT +/- 5% de Un; Para alimentación aérea en MT o BT, +/- 8% de Un; Para alimentación subterránea en MT o BT, +/- 5% de Un; Para alimentación rural +/-10% de Un.

En la Figura 1 y Figura 2 se presentan los diagramas unifilares de la red de distribución primaria de 13,2 kV de la ciudad de Santo Tomé y de las ETs BLO, PAY y SFO respectivamente.

Simulaciones planteadas: Se efectúan distintos tipos de simulaciones orientadas a estudiar de manera desacoplada la red de distribución primaria de 13,2 kV y las ETs de potencia que abastecen a la ciudad de Santo Tomé. En este sentido, los modelos eléctricos de las ETs y la red de distribución se visualizan en la Figura 1 y 2. En el análisis de la red de distribución primaria de 13,2 kV, se efectúan simulaciones para un escenario pico según condiciones de red N y N-1, evaluando el estado de carga de los distribuidores en ambos casos, como así también los niveles de tensión para cada año del período de estudio. Se persigue identificar tramos y nodos de los distribuidores que no cumplen con los criterios admisibles adoptados. Además, se identifican las SETs cuya potencia nominal es excedida por la demanda eléctrica conforme se incrementa con la consideración de la tasa de crecimiento interanual de la región en estudio. En estos casos, se proponen repotenciaciones de las SETs por sobrecargas, los módulos de potencia nominal adoptados son de 160 kVA, 315 kVA, 630 kVA y 1000 kVA.

El estudio del comportamiento de las ETs consiste en analizar los estados de carga de los transformadores de potencia e identificar niveles de cargabilidad inadmisibles, según los criterios adoptados de operación. En tales casos, se proponen repotenciaciones o reconfiguraciones de las ETs y distribuidores asociados o la construcción de una nueva ET. Para el caso de la red de distribución primaria y las ETs PAY, BLO y SFO se determina en cada año del período de análisis, los niveles de energía no suministrada (ENS) a partir de la demanda no abastecida (DNA) e índices de confiabilidad de los componentes de la red según el crecimiento de la demanda, con el fin de valorizar económicamente las penalizaciones para la empresa distribuidora en caso de que no se efectúen las obras técnicas propuestas. Luego, se efectúa una comparación económica entre considerar o no las obras de ampliación o reconfiguración propuesta que permiten reducir los niveles de ENS.

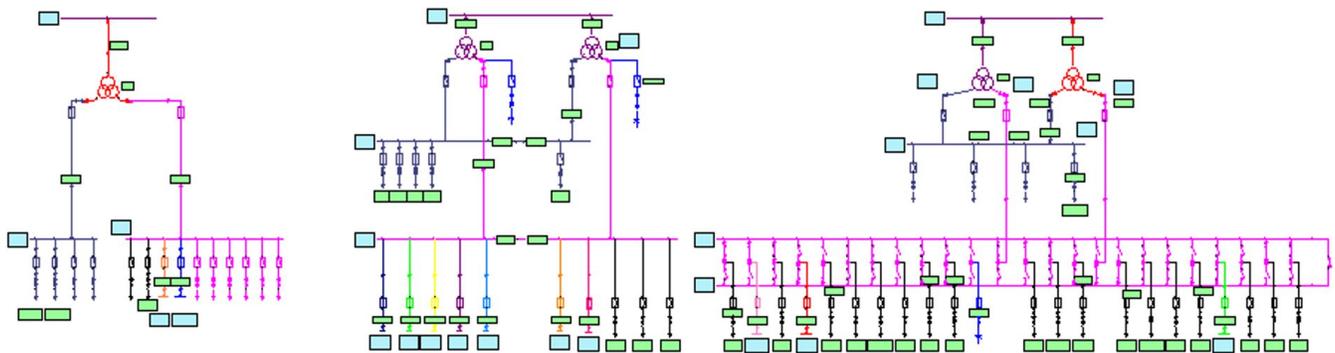


Figura 1. Diagramas unifilares de las ETs BLO, PAY y SFO.

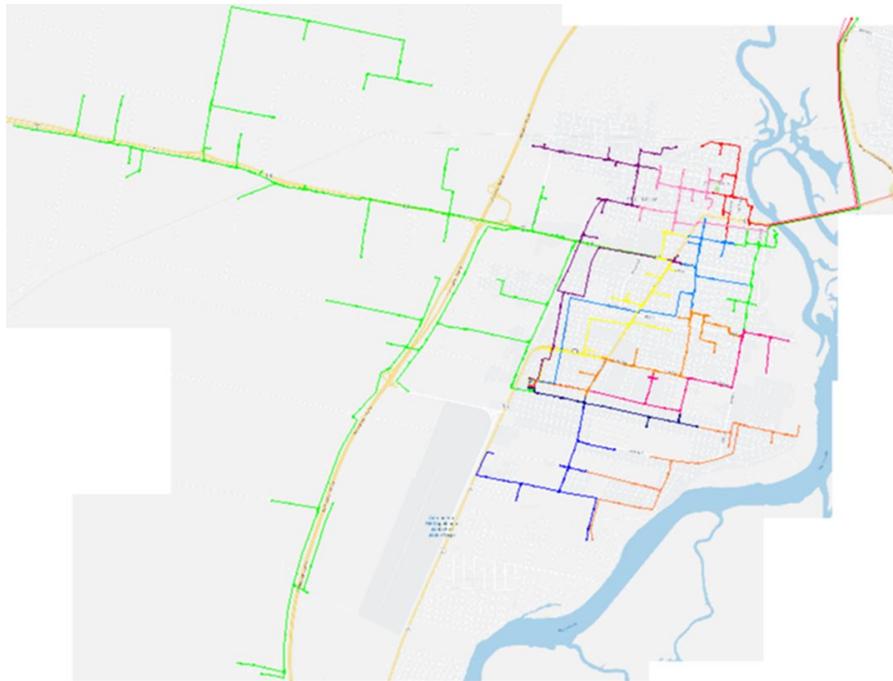


Figura 2. Diagrama unifilar modelado red de distribución primaria de 13,2 kV de la ciudad de Santo Tomé.

Resultados

Red de distribución primaria de 13,2 kV: Con respecto al estado actual de la red de distribución de 13,2 kV de la ciudad de Santo Tomé, la misma presenta en todos sus nodos niveles admisibles de tensión según los límites operativos adoptados. Por otra parte, en condiciones de red N se presentan tramos de distribuidores que superan el 66% de su capacidad admisible de transporte. La comparación de la red en operación en el año base y último año del período de análisis permite observar que existen variaciones en la longitud de los distribuidores y dos nuevos distribuidores en la configuración final. En el año base de análisis se denota en algunos casos un importante desaprovechamiento de las instalaciones. En contraparte, en el último año de estudio, con las implementaciones propuestas, se obtiene un reparto de carga más homogéneo entre distribuidores, aprovechando los mismos de manera más eficiente. En caso de que no se implementen las reconfiguraciones y obras propuestas, los niveles de cargabilidad de los distribuidores en el último año de estudio presentarían una diferencia abrupta entre ellos, además, la mitad de los casos superaría el nivel admisible de operación. Con respecto a los niveles de tensión, las simulaciones permiten observar que considerando o no las obras y configuraciones propuestas, no fluctúan demasiado y en ningún caso se desvían incumpliendo los límites permitidos.

Por otra parte, del análisis de cargabilidad de las SETs, se determina que se deben instalar 18 transformadores de 315 kVA, 60 de 630 kVA y 11 de 1000 kVA. Además, se deben retirar de la red 60 transformadores de 315 kVA y 10 de 630 kVA. Considerando que los transformadores a retirar pueden seguir siendo utilizados, entonces el número de transformadores que se deben adquirir son 50 de 630 kVA y 11 de 1000 kVA.

Estaciones transformadoras: En la ET PAY y año base de estudio, su T1 abastece las demandas de 13,2 kV y el T2 las de 33 kV. En la Tabla 3 se presentan las características de operación de los transformadores de la ET PAY en el año base de estudio. Con la configuración actual, ambos transformadores operan por encima del 75% de su potencia nominal. Un análisis de distintas alternativas permite determinar que en el año 1 de análisis se debe abastecer demandas de 33 kV con T1, repotenciar T2 a 40 MVA y desde este, alimentar las demandas de 13,2 kV.

Indicador Técnico	T1 30/30/30 MVA	T2 30/20/30 MVA
Potencia demandada [MVA]	25,2	16,7
Capacidad arrollamiento más exigido [MVA]	30	20
Cargabilidad [%]	84,2	83,5

Tabla 3. Características de los transformadores de la ET PAY en año base de estudio.

Mediante las acciones previamente mencionadas se evita la repotenciación de dos unidades en un año. Los resultados de los niveles de cargabilidad de los transformadores de la ET PAY, con el crecimiento interanual de la demanda, demuestran que el T1 se debe reemplazar por un transformador de 40 MVA en el penúltimo año de estudio. Se observa que el T2 logra un nivel de cargabilidad de 75,9% en el último año de análisis, por lo tanto, en el año siguiente (fuera del período de estudio) se deben tomar medidas al respecto, por ejemplo, abastecer demandas de 13,2 kV desde el T1. En la Figura 3 se presenta la evolución de la demanda y cargabilidad del T1 y T2 de la ET PAY desde dos años previos al inicio del período de análisis hasta el final del mismo. Con respecto a la ET BLO, esta posee un único transformador (T1), el cual en el año inicial de estudio posee una cargabilidad de 82,1%. Entonces, se propone instalar un transformador de 15 MVA (denominado T2), desde el cual se abastece la demanda de 33 kV de la ET BLO. Por otra parte, las demandas de 13,2 kV se abastecen desde el T1 de la ET BLO. Del análisis del crecimiento de la demanda, se determina que es necesario repotenciar en el año 8 de estudio ambos transformadores, pues superan el 75% de su cargabilidad nominal. Se incrementa la potencia nominal de ambos transformadores a 30 MVA. En la Figura 4 se presenta la evolución de la demanda y cargabilidad del T1 y T2 de la ET BLO.

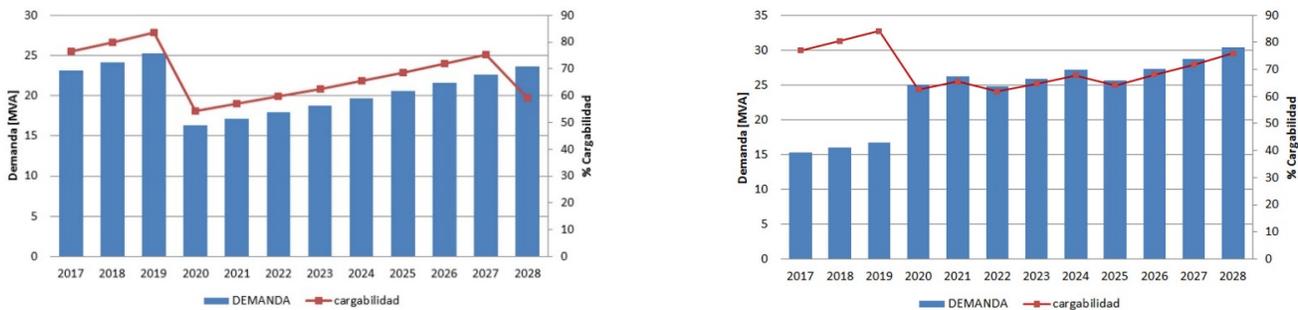


Figura 3. Demanda y cargabilidad de los transformadores de la ET PAY. T1 en la izquierda y T2 en la derecha.

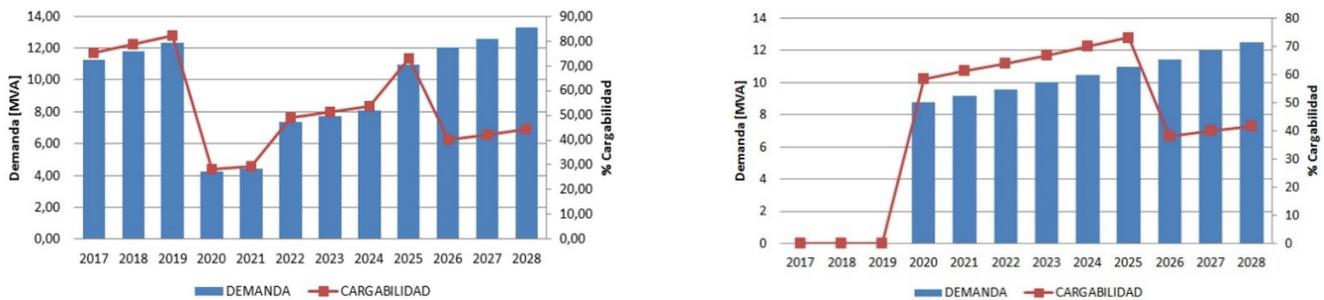


Figura 4. Demanda y cargabilidad de los transformadores de la ET BLO. T1 en la izquierda y T2 en la derecha.

Análisis económico: Se obtiene la evolución de las penalizaciones por ENS debidas a: i) los distribuidores de 13,2 kV con un estado de red N-1, ii) contingencias de transformadores (considerando solo las ETs PAY y BLO) iii) las ETs PAY y BLO con un estado de red N y iv) las SETs (distribuidores no generan ENS en estado de red N). Luego, se valorizan las obras necesarias para evitar ENS, los mayores costos se deben a las repotenciaciones de las ETs y el tendido de los dos nuevos distribuidores. En la Figura 5 se presenta para los distintos años del período de estudio, una comparación entre los gastos debido a la inversión en infraestructura eléctrica y las erogaciones en el período de análisis debido a penalizaciones por ENS. Un análisis global permite determinar que el costo de inversión de las obras propuestas es de 8.690.140 dólares americanos (USD) contra USD 12.608.098 de penalizaciones por ENS,

existiendo un ahorro de USD 3.917.958. En el caso de considerar la reutilización de un transformador de 30 MVA (retirado de ET PAY y montado en ET BLO), la inversión resulta de USD 7.590.140 y el ahorro se incrementa a USD 5.017.958.

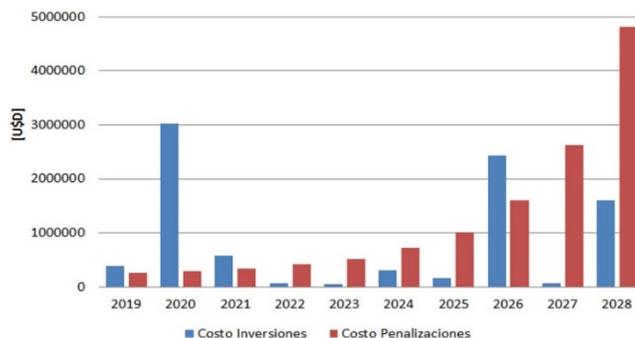


Figura 5. Comparación anual de costos por penalización y por obras.

Conclusiones

El conjunto de obras propuestas incluye el tendido de 27,9 km de conductores de 13,2 kV, repotenciación de 26,73 MVA en subestaciones transformadoras de 13,2/0,4-0,231 kV y repotenciación de 65 MVA en estaciones transformadoras de 132/33/13,2 kV. Este plan de expansión requiere una inversión de 7,59 millones de dólares y garantiza un abastecimiento viable técnica y económicamente, evitando penalizaciones por energía no suministrada. Los resultados obtenidos permiten determinar que, en los próximos 10 años, no será necesaria la construcción de una nueva ET en la región. Con las reconfiguraciones, repotenciaciones y obras propuestas en el presente trabajo, es posible absorber el incremento de la demanda en el período de análisis.

Referencias

Brown, R. E. (2002). *Electric Power Distribution Reliability*. New York: Marcel Dekker, Inc.

CIGRE Working Group 37.28. (2001). Quality of supply customers requirements. Recuperado de <https://e-cigre.org/publication/188-quality-of-supply-customers-requirements>

Entre Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE). (1996). Resolución ENRE 0465/1996. Recuperado de [http://www.enre.gov.ar/web/bibliotd.nsf/\(\\$IDWeb\)/0255E899032C807BC125639B004414EB](http://www.enre.gov.ar/web/bibliotd.nsf/($IDWeb)/0255E899032C807BC125639B004414EB)

Lee Willis, H. (2004). *Power Distribution Planning Reference Book. Second Edition, Revised and Expanded*. New York: Marcel Dekker, Inc.

Efectos negativos en el suministro de la energía eléctrica debidos a la implementación de equipamientos electrónicos para iluminación

Negative effects on the electric power supply due to the use of electronic lighting systems

Tomas Gabrielli

Grupo de Estudios de Eficiencia Energética (GEEE), Departamento de Ingeniería Eléctrica, Facultad Regional San Nicolas, Universidad Tecnológica Nacional, San Nicolas, Argentina.
tgabrielli@frsn.utn.edu.ar

Mario Blume

Grupo de Estudios de Eficiencia Energética (GEEE), Departamento de Ingeniería Eléctrica, Facultad Regional San Nicolas, Universidad Tecnológica Nacional, San Nicolas, Argentina.
mblumee@frsn.utn.edu.ar

Federico Conte

Grupo de Estudios de Eficiencia Energética (GEEE), Departamento de Ingeniería Eléctrica, Facultad Regional San Nicolas, Universidad Tecnológica Nacional, San Nicolas, Argentina.
fconte@frsn.utn.edu.ar

Resumen

Con el correr de los años, el avance de la tecnología llevó a la implementación de cada vez más elementos electrónicos atendiendo a mejorar la eficiencia de los artefactos como así también para mejorar la calidad visual en esos ámbitos. Sin embargo, el uso de estos dispositivos electrónicos conlleva efectos negativos en la calidad de energía eléctrica, los cuales resultan en ocasiones perjudiciales no solo para la red sino también para los usuarios. El uso de artefactos LED para iluminación en todos los ámbitos, está acrecentando rápidamente este inconveniente en la calidad de energía que se dispone, como por ejemplo el disparo intempestivo de protecciones diferenciales o la sobrecarga de las instalaciones.

En el presente trabajo se dará cuenta de los efectos negativos en la calidad de energía al momento de implementar artefactos de iluminación vial o alumbrado público, en el cual intervengan equipos electrónicos.

Palabras clave: eficiencia energética, balastos electrónicos, distorsión armónica total (THD), corrientes armónicas, artefactos LED.

Abstract

Over the years, the advancement of technology led to the implementation of more and more electronic elements in order to improve the efficiency of the artifacts as well as to improve the visual quality in these areas. However, the use of these electronic devices has negative effects on the quality of electrical energy, which are sometimes detrimental not only to the network but also to users. The use of LED lighting fixtures in all areas is rapidly increasing this inconvenience in the quality of energy available, such as untimely tripping of differential protections or overloading of facilities.

In this work, the negative effects on the quality of energy when implementing street lighting devices or public lighting, in which electronic equipment intervene and the possible solutions to be taken into account, will be realized.

Introducción

En la actualidad se estima que el 17% del consumo de energía eléctrica en el mundo corresponde al área de iluminación artificial [1], razón por la cual ha aumentado la preocupación por el ahorro de energía en ese rubro.

Según datos la Secretaría de energía del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios de Argentina, el 25% de la energía eléctrica producida es consumida para sistemas de alumbrado artificial [2], y si se lo compara con el 37% que se consumen en motores eléctricos.

En el tiempo los sistemas de alumbrado han evolucionado en forma considerable. Hemos pasado de las obsoletas lámparas incandescentes a las de tipo fluorescentes, de descarga y bajo consumo, llegando a la nueva tecnología de led.

Lo mismo ocurrió con algunos equipos auxiliares para artefactos de iluminación, comenzando por dispositivos electromagnéticos hasta llegar a los de tecnología electrónica.

Y en esta evolución se han conseguido mejorar la eficiencia energética de estos sistemas.

Pero a su vez denotan las enormes perturbaciones que introducen en las redes de distribución producto de las corrientes armónicas. Estas corrientes tienen una alta incidencia en la forma de onda de tensión y corriente de la red. Su presencia genera ruidos en la instalación eléctrica y en consecuencia producen interferencias en otros artefactos.

Estas perturbaciones introducidas en las redes eléctricas desmejoran notablemente la calidad de la energía eléctrica disponible y afectan el suministro eléctrico de los equipos que se tiene conectados. Una buena calidad de energía permite asegurar el correcto funcionamiento de equipos delicados como computadores, radios, impresoras, televisores LED, etc., y también conserva la expectativa de vida de ellos, mejorando la eficiencia energética [3].

Primer aspecto: comparativas entre balastos electrónicos y electromagnéticos

El primer aspecto a relevar es realizar una comparativa en el uso de balastos electrónicos y electromagnéticos en luminarias de vapor de sodio, en este caso, los equipos utilizados son de 150 W.

La implementación de los balastos electrónicos, en remplazo de los electromagnéticos, trajo aparejado una mejora notable en el rendimiento de las lámparas [4].

Estos equipos electrónicos regulan la tensión e intensidad de la corriente eléctrica que será entregada a la lámpara, logrando una frecuencia de salida de hasta 400 veces la frecuencia nominal de la red eléctrica. Esta corriente de alta frecuencia incide negativamente en la forma de onda de la corriente de la red cuya frecuencia, obviamente, es diferente.

Se debe recordar que se llama distorsión armónica total al cociente entre el valor eficaz de la componente armónica y el valor de la fundamental:

$$THD = \sqrt{\frac{I_{2,rms}^2 + I_{3,rms}^2 + \dots + I_{n,rms}^2}{I_{1,rms}^2}} \times 100 \quad (1)$$

Donde $I_{n,rms}$: Corriente de orden n, en amperes.

Así, podemos decir que tales artefactos son equipos no lineales que presentan una distorsión armónica mayor que los balastos electromagnéticos convencionales [4].

Y es esta la razón que fundamenta tal comparación.

La mayor distorsión armónica producida por los balastos electrónicos genera en principio, una calidad de energía deficiente en términos de armónicos en las cercanías de los artefactos.

Para lograr una comparativa fidedigna, se realizaron ensayos empleando 3 artefactos del tipo fluorescente.

Uno de los ensayos consistió en emplear dichos artefactos con balastos electromagnéticos. Para hacer las mediciones de distorsión armónica se energizó un artefacto solo, luego 2 artefactos en paralelo y luego los 3 artefactos en paralelo.

Finalizado lo anterior, se cambiaron los balastos electromagnéticos por electrónicos para comparar dichas mediciones.

Un primer resumen de valores de THD de las mediciones que el analizador de redes arrojó para los balastos electromagnéticos se muestra en la tabla siguiente:

	Balastos electromagnéticos		
Cantidad de artefactos en paralelo	1	2	3
THD	17,26%	13,56%	13,17%

Tabla 1. Distorsión armónica total de corriente obtenida con balastos electromagnéticos en función de la cantidad de artefactos conectados.

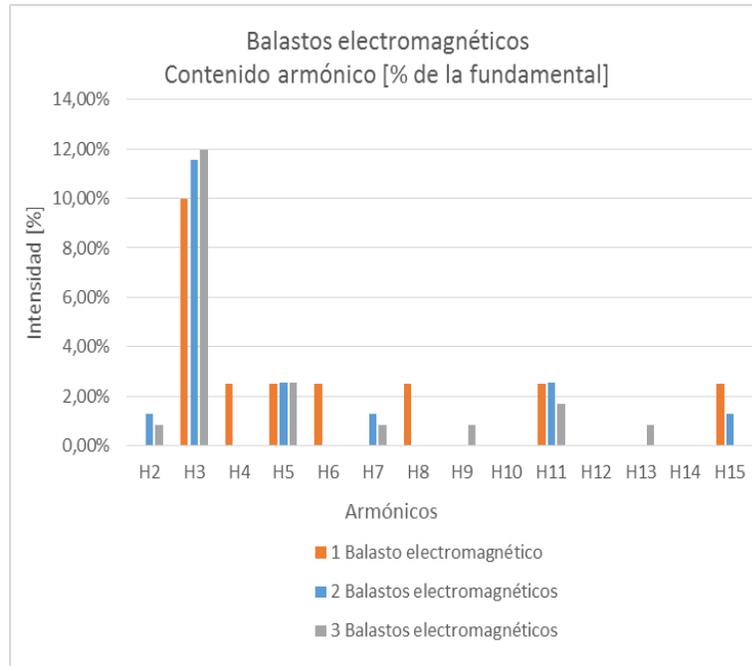


Figura 1. Contenido armónico de artefactos fluorescentes asociados a balastos electromagnéticos, en porcentaje de la onda fundamental (H2, H3....,Hn; armónicos de corriente).

Para este caso, la distorsión en la corriente es debida fundamentalmente al armónico de tercer orden. Se puede ver en la figura 1 que esos armónicos están en el orden del 10% al 12% mientras que el resto no supera el 2,5%.

Al realizar las mediciones con balastos electrónicos los valores obtenidos son los siguientes:

	Balastos electrónicos		
	1	2	3
Cantidad de artefactos en paralelo			
THD	72,03%	51,80%	48,52%

Tabla 2. Distorsión armónica total de corriente obtenida con balastos electrónicos en función de la cantidad de artefactos conectados.

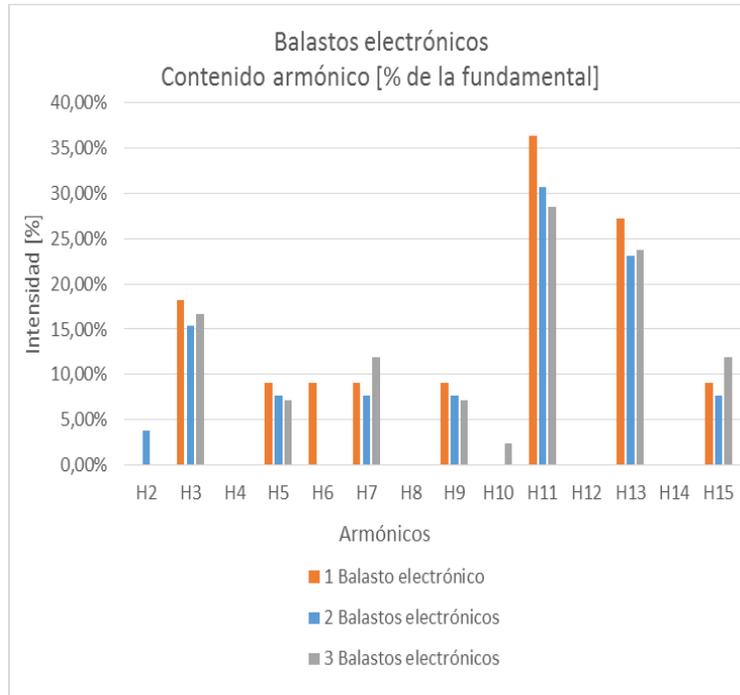


Figura 2. Contenido armónico de artefactos fluorescentes asociados a balastos electromagnéticos, en porcentaje de la onda fundamental (H2, H3...,Hn; armónicos de corriente).

En la figura 2 se aprecia que los balastos electrónicos tienen un contenido armónico de corriente mucho más variado. Se puede ver que los armónicos de orden 11, 13 y 15 tienen mayor relevancia que el resto. Sin embargo, los armónicos de tercer orden tienen también valores importantes.

Como se aprecia en las tablas 1 y 2 el empleo de balastos electrónicos frente a electromagnéticos genera una distorsión armónica de corriente más elevada.

Segundo aspecto: Comparativas entre artefactos convencionales de descarga y artefactos LED

El segundo aspecto a relevar es realizar una comparativa entre artefactos convencionales de descarga y artefactos LED.

El reemplazo de los artefactos convencionales de descarga por luminaria LED ha ido aumentando en los últimos años, siendo este último en la actualidad el preferido al momento de elegir un artefacto de iluminación.

Estos equipos LED para funcionar, utilizan corriente continua por lo que se apoyan en la electrónica para transformar la tensión con forma senoidal de la red en una forma continua, lo que hace que traiga aparejado distintos inconvenientes al momento de hablar de calidad de energía, sobre todo poniendo énfasis en el aporte de las distorsiones armónicas de este tipo de luminarias.

Para lograr comparar los distintos artefactos, en forma similar al primer aspecto visto, se tomaron 2 artefactos, uno convencional de descarga y otro LED. Ambos se alimentaron con la misma fuente de energía de 220V; en el caso del artefacto convencional se alimentó mediante un balasto electromagnético y luego mediante un balasto electrónico.

Los artefactos sobre los cuales se hicieron las mediciones son luminarias viales para iluminación pública. El artefacto de descarga es una luminaria con una lámpara de vapor de sodio de 150W. El artefacto LED empleado es de 100W.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la medición de la distorsión armónica total de corriente de ambos artefactos.

	Artefacto convencional con balasto electromagnético	Artefacto convencional con balasto electrónico	Artefacto LED
THD	9,39%	17,85%	19,77%

Tabla 3. Distorsión armónica total de corriente obtenida con para artefactos de descarga alimentados con balastos electromagnéticos y electrónicos, y artefacto LED.

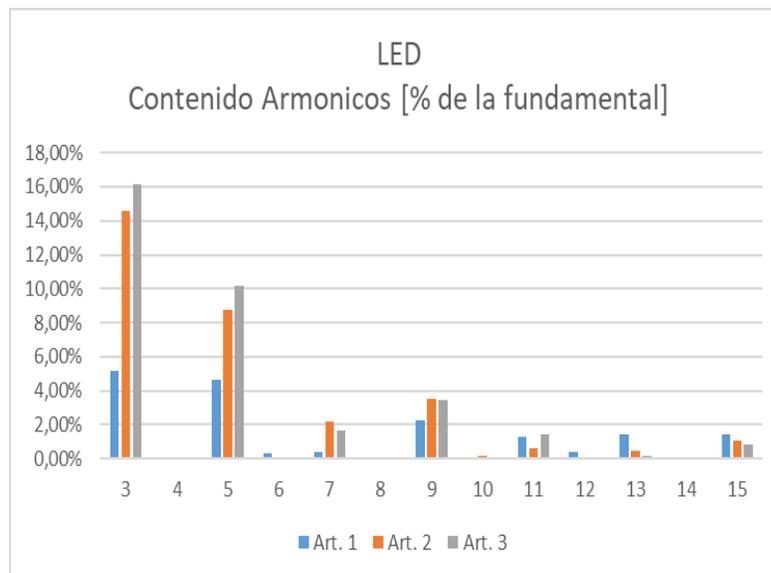


Figura 3. Contenido armónico de corriente para artefactos de descarga alimentados con balastos electromagnéticos y electrónicos, y artefacto LED.

La comparativa de la figura 3 muestra el contenido armónico de corriente para los descriptos arriba. Claramente se puede apreciar que el contenido armónico aumenta en función de los equipos electrónicos empleados.

Tercer aspecto: Análisis de diferentes tipos de suministro eléctrico a los artefactos LED

Recordando la naturaleza de los equipos electrónicos, su no linealidad y su tendencia a la generación de corrientes armónicas importantes, se vuelve entonces importante el estudio del filtrado de las dichas corrientes armónicas en las redes eléctricas que, por ejemplo, alimentan la iluminación pública. Esto es una opción viable para mejorar la calidad de energía [5].

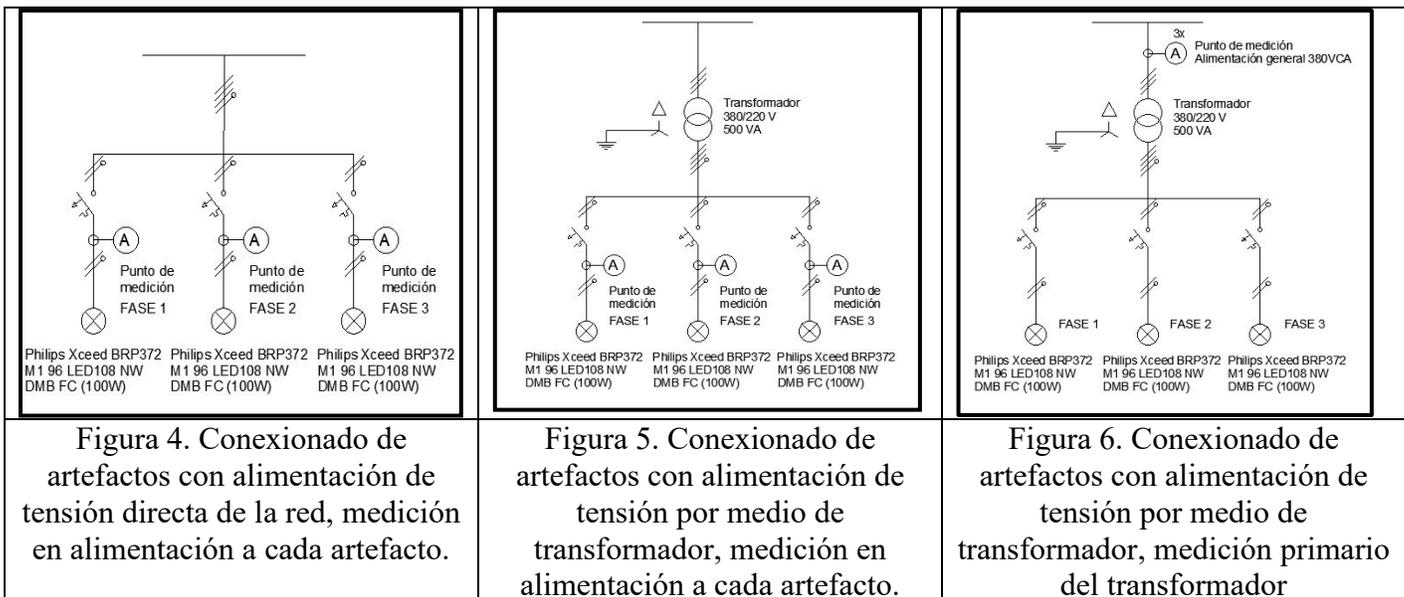
Teniendo en cuenta que los sistemas de iluminación pública se alimentan de un esquema trifásico de tensión, la alternativa que aquí se propone es la implementación de 3 transformadores monofásicos cuyos primarios sean alimentados de la red de 380Vca en conexión triángulo y los secundarios entreguen 380/220Vca en estrella con neutro a tierra y con ello conseguir el filtrado de corriente armónica [6].

Para poder analizar el filtrado propuesto se debe realizar una comparativa en los diferentes puntos del sistema de alimentación a los artefactos LED y medir la distorsión armónica en cada uno de esos puntos.

Los artefactos LED empleados en las mediciones fueron: Philips Xceed BRP372 M1 96 LED106 NW DMB FC (100W).

Los esquemas de conexión, alimentación y puntos de medición para comparación se ven en las figuras 4, 5 y 6.

En primera instancia se vio que los resultados obtenidos con la conexión directa en el aspecto anterior por lo que se presentaran los otros dos casos.



La figura 7, muestra una tabla con los resultados obtenidos de las mediciones en cada punto de conexión y en función de si es alimentado directamente de la red o por medio de transformador.

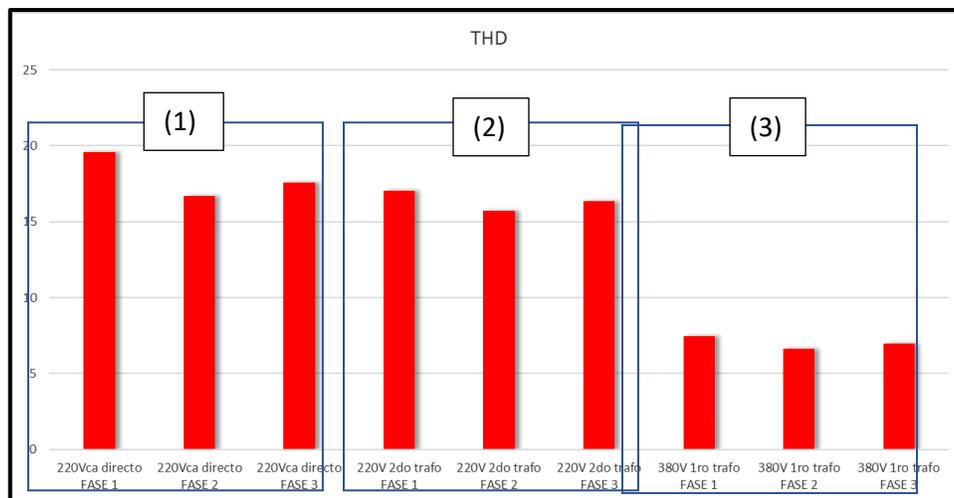


Figura 7. Armónicos obtenidos de la medición de 3 artefactos LED: (1) alimentación directa de 220V; (2) alimentación de 220V mediante transformador; (3) alimentación general de 380V o primario del transformador.

Como se aprecia, la distorsión armónica total de corriente es, en cierta manera, filtrada a la red de alimentación gracias al transformador empleado. El neutro del secundario del transformador logra contener las corrientes armónicas homopolares que circulan por el circuito secundarios del transformador, evitando que llegue al primario y, por ende, a la red.

Conclusiones

Sin duda, el empleo de equipos electrónicos en sistemas de iluminación con el fin de mejorar el rendimiento de los artefactos e instalaciones tiene muchas ventajas. Pero también trae aparejado ciertos efectos indeseados sobre la calidad de energía en el entorno.

El detrimento en la calidad de energía está dado por un aumento en las corrientes armónicas, generando esto que la explotación de las redes de alimentación sea dificultosa, ya que implica la imposibilidad de emplear en forma correcta y segura equipos como computadoras, receptores de radios, motores, etc., o el disparo intempestivo de protecciones diferenciales.

En consecuencia, se hace evidente la necesidad de estudiar los métodos de filtrados posibles para tales sistemas y así obtener la calidad de energía acorde para los usuarios.

En nuestro país no están legislados estos efectos adversos provocados en el alumbrado público. Para la realización de este trabajo se utilizaron luminarias de 150 W de vapor de sodio, balastos electromagnéticos marca ITALAVIA, balastos electrónicos marca ECOSOL, luminarias LED marca PHILLIPS todos de libre comercialización.

Referencias

- [1] Ing. Pablo G. Paisan, "Etiquetado de Eficiencia Energética", Instituto de Normalización y Certificación IRAM, 2003.
- [2] IAE, "Sector Energético República Argentina, Anuario 1998", Instituto Argentino de la República Argentina "General Mosconi".
- [3] J. A. Suárez, G. F. Di Mauro, D. Anaut y C. Agüero, "Análisis de la distorsión armónica y los efectos de atenuación y diversidad en áreas residenciales", IEEE Latin America Transactions, Vol. 3, No. 5, Diciembre 2005.
- [4] M. Blume, F. Conte, B. Sulimovich, J. Rodriguez, "Comparativa entre balastos electromagnéticos y electrónicos para lámparas fluorescentes en términos de calidad de energía", Grupo de Estudios sobre Eficiencia Energética, FRSN-UTN, agosto 2017.
- [5] M. Blume, F. Conte, T. Gabrielli, A. Velo, E. Marzano, M. Azcune, "Estudio del empleo de transformadores de relación 1 a 1 para la reducción de armónicos en redes de alumbrado público con artefactos LED", Grupo de Estudios sobre Eficiencia Energética, FRSN-UTN, junio 2019.
- [6] "Máquinas eléctricas", Stephen J. Chapman, McGraw-Hill Interamericana, 5ta edición, ISBN: 978-607-15-0724-2.

Estudio y Diseño de una Grabadora para Identificación y Trazabilidad de Piezas Metálicas

Study and Design of a Recorder for Identification and Traceability of Metal Parts

Rodolfo Eduardo Neira

UTN Facultad Regional San Francisco - Argentina
rodolfoneira8@gmail.com

Julián Andrés Cavallo

UTN Facultad Regional San Francisco - Argentina
JACavallo@teco.com.ar

Franco Damián Gribaudo

UTN Facultad Regional San Francisco - Argentina
francog_utn@hotmail.com

Rodolfo Eduardo Neira (h)

UTN Facultad Regional San Francisco - Argentina
neirarodolfo@yahoo.com.ar

Resumen

En este trabajo se presenta el estudio y diseño de un equipo de grabación de barras hexagonales para obtener la identificación y trazabilidad en piezas metálicas. Después de analizar y comparar las diferentes alternativas de grabación para determinar cuál de ellas brinda más efectividad, seguridad y confiabilidad, se observa que con este equipo se evitan complicaciones y, posibles deformaciones del producto final, con el consiguiente aumento de los costos de producción. Los resultados obtenidos también pueden ser utilizados en otras ramas de la industria, en especial, se puede aplicar en procesos continuos de fabricación, donde es elevado el volumen de piezas. Además, esta investigación permitirá que el conocimiento obtenido resulte de utilidad y relevancia en las cátedras de las carreras de Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Electrónica.

Palabras clave: Identificación, Trazabilidad, Estudio y diseño, Grabadora, Piezas metálicas

Abstract

This paper presents the study and design of a hexagonal bar recording equipment to obtain identification and traceability in metal parts. After analyzing and comparing the different recording alternatives to determine which of them provides more effectiveness, safety and reliability, it is observed that with this equipment complications and possible deformations of the final product are avoided, with the consequent increase in production costs. The results obtained can also be used in other branches of industry, especially, it can be applied in continuous manufacturing

processes, where the volume of parts is high. In addition, this research will allow the knowledge obtained to be useful and relevant in the chairs of the Electromechanical Engineering and Electronic Engineering careers.

Keywords: Identification, Traceability, Study and design, Recorder, Metal parts

Introducción

Las empresas y las industrias necesitan de herramientas que les permitan realizar el seguimiento de las piezas a lo largo del proceso de fabricación y la cadena de suministros, como así también, resulta perfecto a la hora de encontrar piezas para su mantenimiento o retiro y, puede ser de ayuda en la resolución de la responsabilidad y la garantía. Necesitan de un soporte tecnológico para reconstruir el proceso histórico de un producto y de conocer su destino más inmediato, esto se logra al implementar un plan de trazabilidad, que les permitan “seguir la pista”, “conocer la historia” o “localizar sus productos” de forma ágil, rápida, eficaz y sin errores, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución. (Sánchez Villagrán R.H., 2008)

Autores como Gotel y Finkelstein, definen la trazabilidad como: “La capacidad para describir y seguir la vida de un requisito, tanto hacia delante como hacia atrás” (Gotel y Finkelstein, 1994). La trazabilidad se considera un elemento diseñado para mejorar la seguridad, el control de calidad, combatir el fraude y, administrar cadenas logísticas complejas. (Ramesh, B. et al., 1997). En la producción de piezas, el uso de códigos legibles por máquina puede contribuir a reducir la necesidad de introducir códigos de forma manual, aumentar la precisión del proceso de codificado y agilizar el intercambio de datos. (Aizenbud-Reshef, N., et al., 2006)

Los tres pilares del proceso de marcaje directo de piezas (DPM, por sus siglas en inglés), son el codificado, el marcaje y la verificación.

Las tecnologías de marcaje más habituales que se utilizan para el DPM, se incluyen el láser, la inyección de tinta, el marcaje por puntos y el grabado electroquímico. Al comparar estas tecnologías, es importante centrarse en el material que se va a marcar, la flexibilidad del proceso, los factores del costo, la velocidad, el rendimiento y las oportunidades de automatización.

En el ámbito local, existe un importante polo productivo, que cuenta con la presencia de industrias metalúrgicas, metalmecánicas, oleohidráulicas, eléctricas, electrónicas, entre otras, donde varias de ellas exportan sus productos, lo que exige cumplir con los estándares requeridos por el comercio internacional, en la identificación de productos para su seguimiento y rastreo.

Desde hace muchos años, se aplican métodos de grabación de barras para la identificación y trazabilidad de las piezas metálicas, entre ellas, grabado con láser, la micropercusión y la electroerosión y, como establece la norma ISO 9000:2000 “Cuando la trazabilidad es un requisito, la organización debería controlar y registrar la identificación única e inequívoca del producto”. Ante la demanda de las industrias del medio que necesitan o quieren acceder a mercados globales, se les hace imprescindible tener identificados sus productos, aquí es imperioso encontrar tecnologías que permitan realizarlo teniendo en cuenta el material que se va a marcar, el costo de su implementación, la velocidad de marcado, la flexibilidad del proceso de identificación y, las posibilidades concretas de automatización y, esto cobra mayor importancia en aquellas donde la variedad y cantidad de piezas es muy elevada, en el orden de cien mil mensuales. Para eso es indispensable un grabado donde se distinga la marca de fábrica, fecha y lote de fabricación, en virtud de que los procesos productivos de ensamblaje se pueden llevar a cabo por empresas nacionales o, por otras, radicadas en el exterior. (ISO Comité Técnico, 2010)

En este trabajo se presenta el estudio y diseño de un equipo alternativo de grabación de marcaje de piezas metálicas obteniendo efectividad, seguridad y dinamismo.

Desarrollo

Se realizó una exploración de bibliografía tanto a nivel nacional como internacional sobre la identificación y trazabilidad de piezas metálicas y, estudio de métodos de grabación. Como ejemplo se puede mencionar a la tecnología de identificación por radiofrecuencia o RFID, trabajando bajo el estándar de identificación global EPC (por sus siglas en inglés “Electronic Product Code”) ha revolucionado las cadenas de suministro a nivel global por su capacidad de incrementar la trazabilidad, visibilidad y eficiencia operativa, sin embargo, no ha sido abordado el impacto que puede tener como herramienta de seguridad para las compañías.

Relevando la información existente sobre el tema, se investigan las diferentes alternativas posibles, el grabado con tecnología láser, puede alterar las propiedades del material a mecanizar, además de presentar un excesivo costo económico y productivo. La de utilizar micro percusión, para generar la impronta deseada se requiere de un espacio amplio para su implementación. En piezas muy pequeñas no es viable. En la electroerosión no es factible cuando existe gran cantidad de piezas que deberían grabarse de forma individual.

Uno de los retos actuales sería encontrar un método de marcaje de piezas metálicas que brinde al mismo tiempo efectividad, seguridad y dinamismo, en el monitoreo y seguimiento del proceso de industrialización de las piezas hasta su finalización y, posterior comercialización.

Con este equipo, se estudiará la realización del grabado antes del proceso productivo, aplicando presión únicamente a las barras hexagonales previo al mecanizado, debido a sus propiedades mecánicas y su gran maleabilidad, evitando así complicaciones y posibles deformaciones del producto final, la materia prima a utilizar sería barras hexagonales de tres metros de longitud, provistas con aceite que las protege de la corrosión.

En la Figura 1 se observa el equipo de grabación con soportes de apoyo:

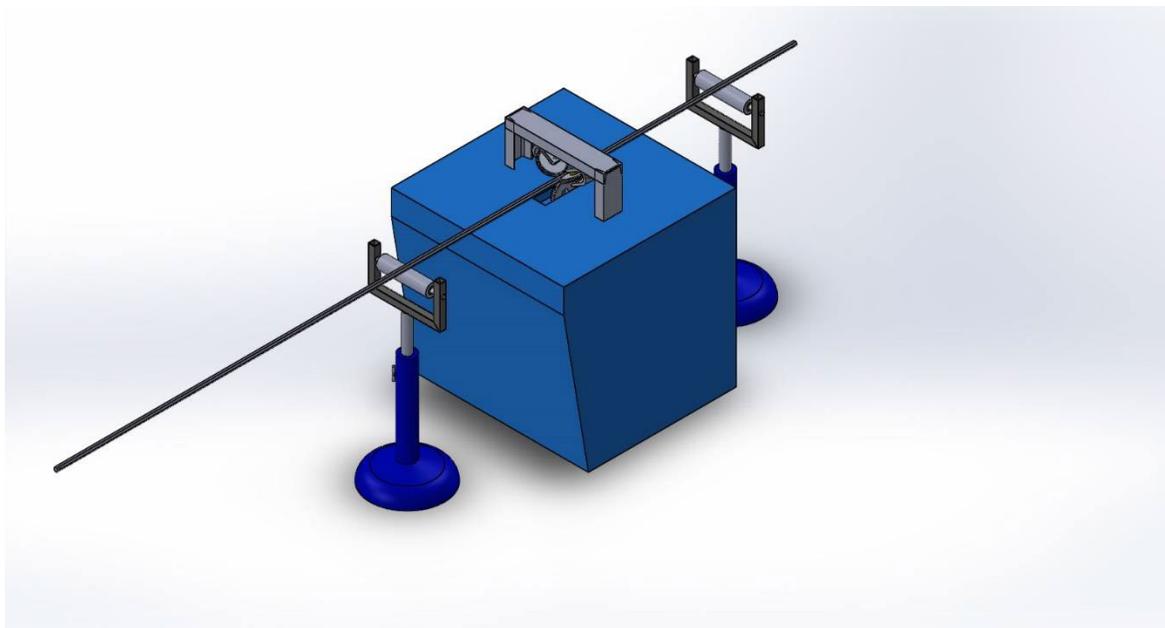


Figura. 1: Equipo de grabación con soportes de apoyo

El equipo dejará la impronta en la barra hexagonal una vez que ésta se apoye en el centro de transmisión donde la polea principal se encargará de darle el movimiento de avance, el cual recibe de un reductor de velocidad conectado a un motor eléctrico de 2 HP y, será ubicada en la posición exacta, por medio de un cilindro hidráulico que además ejercerá la fuerza necesaria para marcarlas.

En la Figura 2 se puede identificar las fuerzas que ejercen sobre la barra hexagonal

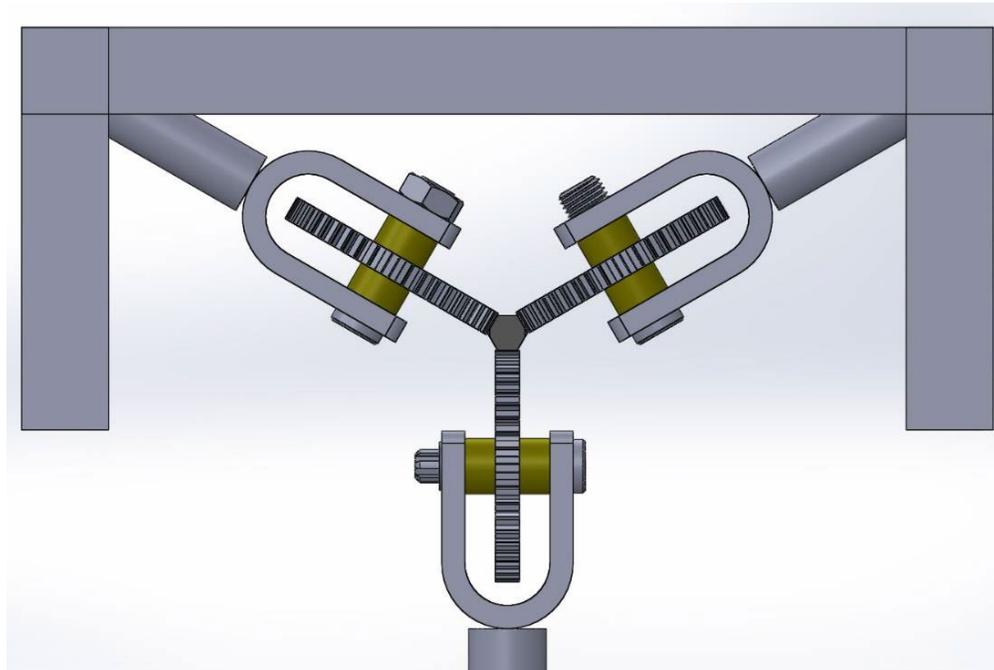


Figura 2. Fuerzas ejercidas sobre la barra hexagonal

Las poleas intercambiables están separadas 120 grados lo cual brindará la posibilidad de mantener la barra centrada durante todo el proceso y de marcar cualquiera de las tres caras en contacto con las mismas.

En la Figura 3 se puede ver el diseño de la grabadora

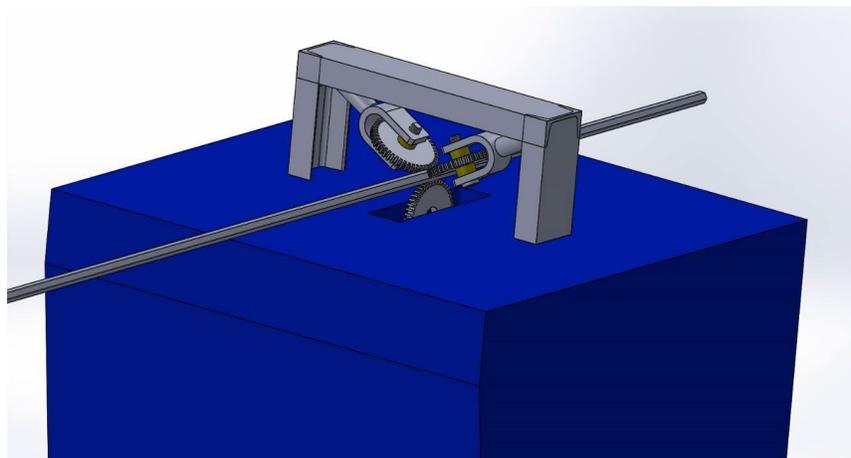


Figura 3. Diseño de la grabadora

Estas investigaciones nos permitirán evaluar, si al tomar acciones con anticipación, teniendo los parámetros normales de métodos de grabación de piezas metálicas, utilizando la impronta de presión, se evitarían problemas, en caso de una pieza hueca la posibilidad de deformarla permanentemente afectando su funcionalidad y, cuando la cantidad de productos y dimensiones distintas es numerosa, demandaría gran cantidad de dispositivos y agregaría costo al producto debido a la lentitud de marcado, con la complicación en la trazabilidad de los mismos.

RESULTADOS

Mediante un estudio de los métodos existentes de grabación de piezas metálicas, se decidió analizar las alternativas de trazabilidad para identificar los productos en todo el proceso productivo.

Con el diseño y construcción de esta máquina grabadora se obtuvo como resultado efectividad, seguridad y dinamismo, así se evitan complicaciones y posibles deformaciones del producto final.

La construcción de este equipo, es producto de un desarrollo local que traería muchos beneficios al aprovechar la capacidad técnica e intelectual de la comunidad y, permitiría su aplicación a nivel regional y nacional.

Proyecciones

Los resultados obtenidos en los párrafos anteriores, dan cuenta de que se obtuvo como resultado de trabajar con barras hexagonales efectividad, seguridad y dinamismo.

Se estudiará la aplicación de este equipo en barras de diferentes formas geométricas utilizadas en los procesos productivos, en las industrias metálicas y metalúrgicas, modificando la configuración de la estructura de las poleas con tres poleas distribuidas a 120° , asegurando la estabilidad de la barra al momento de ejercer presión.

Mediante este equipo, además, se evaluará si puede ser utilizada en cualquier planta o proceso productivo, en donde la materia prima sean barras en bruto.

Conclusiones

La trazabilidad facilita la capacidad de seguimiento y rastreo de piezas metálicas en las industrias de fabricación continua en grandes cantidades.

Los conocimientos adquiridos como los resultados que se generen de la utilización de este equipo, obtendrán avances en: fácil identificación y trazabilidad de las piezas, disminución de costos de producción, evitar la pérdida de piezas terminadas por deformaciones posteriores, entre otros.

Además, el presente estudio y diseño del equipo, articulará experiencias con que trabajan en relación a la industria, como las Cámaras Industriales y Cámara de Comercio Exterior, se retroalimentarán mutuamente pudiendo utilizar herramientas estadísticas para ser aplicadas en la mejora de la identificación y trazabilidad de piezas metálicas.

Las líneas de investigación y/o disciplinas que podrían utilizar los resultados obtenidos como insumo de conocimiento son: diseño de máquina, diseño asistido por computadora (CAD), mejora en los sistemas de comercialización, aplicación de método adecuado según el tipo y de forma de la pieza, pedagogía y enseñanza de la Ingeniería Electromecánica e Ingeniería Electrónica y, trabajo cooperativo en ambientes académicos y de orden industrial.

Referencias

Aizenbud-Reshef, N., et al. (2006), "Model traceability", IBM Systems Journal, vol. 45 (3), pp. 515-526.

Gotel, O. C. Z. y Finkelstein, C. W. (1994), "An analysis of the requirements traceability problem", in Proceedings of the First International Conference on Requirements Engineering, Colorado Springs, CO , USA 1994, pp. 94-101.

ISO [página principal en internet]. Ginebra, Suiza: Comité Técnico ISO/TC 34; c 2010 [actualizada 8 julio 2016; consultado 10 julio 2016]. Disponible en: <http://www.iso.org/iso/home.html>

ISO 9000:2000 Sistemas de Gestión de la Calidad

Ramesh, B. et al., (1997), "Requirements traceability: Theory and practice", Annals of Software Engineering, vol. 3 pp. 397-415.

Sánchez Villagrán R.H. (2008) Introducción a la Trazabilidad: un primer acercamiento para su comprensión e implementación. 1a ed. Buenos Aires: El Escriba.

Integración de vehículos eléctricos a las redes de distribución: desafíos en la demanda

Integration of electric vehicles to power distribution networks: challenges in the demand

Sebastián U. Romero

UTN Facultad Regional Santa Fe - Argentina
sebastianulisesromero@hotmail.com

Diego M. Ferreyra

UTN Facultad Regional San Francisco - Argentina
dferreyra@sanfrancisco.utn.edu.ar

Resumen

En este trabajo, se detallan aspectos técnicos que demuestran el impacto de la recarga de vehículos eléctricos sobre las redes de distribución. En primer lugar, se muestra el perfil típico de consumo durante un ciclo de recarga de baterías de un vehículo eléctrico. Luego, se analizan los resultados de estudios sobre el perfil de comportamiento de usuarios de vehículos eléctricos. Finalmente, se contrastan dichos resultados con las curvas diarias típicas de demanda del sistema interconectado nacional argentino, a fin de mostrar el desafío que implica la integración de los vehículos eléctricos a las redes de distribución locales. Se menciona al perfil de las estrategias y normativas que deben sostenerse para racionalizar la integración de este tipo de movilidad y minimizar sus impactos negativos.

Palabras clave: vehículos eléctricos, gestión de la demanda, redes de distribución

Abstract

In this work, technical aspects are detailed which show the impact of electric vehicle (EV) recharging on power distribution networks. Firstly, the typical consumption profile is shown for an EV battery recharging cycle. Then, results are presented for studies made on the behavior profile of EV users. Finally, said results are compared with the typical daily load curves for the Argentinean interconnected grid, which demonstrates the challenge in the integration of electric vehicles to power distribution networks. A profile is mentioned for strategies and regulations to be in force for a rational integration of this type of mobility with minimum negative impacts.

Keywords: electric vehicles, demand side management, power distribution networks

Introducción

En los últimos años, ha habido una fuerte concientización sobre el calentamiento global por efecto invernadero: se visualiza que el rumbo actual conlleva a una situación insostenible y que se requiere un cambio para que nuestras acciones no perjudiquen a las futuras generaciones. Esto se traduce en convenios y directivas que se han ido adoptando a fin de combatir el cambio climático y sus efectos, como el Protocolo de Kioto y la Cumbre de París (Gore *et ál.*, 2006; PEN, 2021). Dado que el transporte es uno de los sectores más responsables por las emisiones de CO₂, es un desafío mundial encontrar tecnologías alternativas para propulsar los vehículos. Las propuestas más recientes se pueden resumir en vehículos propulsados a hidrógeno o a biocombustibles, y los vehículos eléctricos (VE)

Como medio de propulsión, la ventaja del hidrógeno es que, luego de su uso, solo se obtiene vapor de agua como residuo local. Actualmente, la explotación del hidrógeno presenta inconvenientes: la eficiencia del proceso para su obtención no es buena, ronda solo el 30 %, y la inversión para su producción es elevada. Otro inconveniente es su almacenamiento: por ser un gas, es necesario almacenarlo a presión elevada y temperatura reducida para alcanzar niveles razonables de densidad de energía. En cuanto a los biocombustibles, su ventaja es que pueden usarse en vehículos convencionales, con un funcionamiento similar al de los derivados del petróleo; su inconveniente es que, para cubrir la demanda prevista solo con biocombustibles, sería necesario cultivar grandes superficies y competir fuertemente con la producción de alimentos, lo cual es una solución cuando menos polémica. En lo que respecta al VE, resulta una solución conveniente desde el punto de vista ambiental y que ya se está implementando: gran parte de las empresas automovilísticas ya cuentan con al menos un modelo propio basado en propulsión eléctrica. Una ventaja de los VE es que no generan contaminantes locales durante su funcionamiento: las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que le pueden corresponder dependen del medio de generación empleado para recargar sus baterías. Cuando la recarga se realiza íntegramente con energía eléctrica generada por fuentes renovables, se minimizan o eliminan las emisiones debido a la mayor eficiencia global del proceso desde que se genera la energía eléctrica hasta la propulsión del motor eléctrico del VE (Campos, 2019; Pérez, 2019).

Hay inconvenientes considerables para impulsar los VE: la infraestructura para abastecerlos, y su reducida autonomía en comparación con vehículos convencionales. Pero cabe aclarar que los motores eléctricos usados en VE tienen eficiencias del orden del 90 %, frente a los de combustión interna, que están en el 30-40 %. Por tanto, la baja densidad energética del motor eléctrico se compensa con su elevada eficiencia, y los VE son ampliamente considerados en el sector del transporte como una tecnología prometedora para reducir el consumo de energía y las emisiones de GEI. También, la tendencia mundial es hacia las energías renovables y la diversificación de fuentes para generación de energía eléctrica a fin de minimizar problemas de seguridad de abastecimiento (Campos, 2019). Dado este escenario y en sintonía con la tendencia mundial a la racionalización del uso de la energía, se destacan en este trabajo algunos desafíos técnicos en función de experiencias de otros países donde ya existe un grado de convivencia importante con los VE, para remarcar la necesidad de acompañar la expansión de la movilidad eléctrica.

Desarrollo

La demanda eléctrica de los VE está condicionada por sus baterías y el sistema de recarga: características como autonomía, velocidad máxima, tiempo de recarga y costo dependen en gran medida de la tecnología de las baterías. Hay diferentes tipos de baterías para VE, pero hoy están en auge las de litio por sus excelentes prestaciones, y se espera que sea la tecnología más extendida en el futuro. Argentina, Bolivia y Chile están entre las regiones del mundo con mayor presencia de este metal (Peiró, 2013). Un cargador de baterías de ion de litio proporciona una corriente constante a la batería hasta que su tensión alcance el valor nominal (*float voltage*). La batería se puede considerar como un condensador en serie con una pequeña resistencia serie equivalente (ESR, por sus siglas en inglés). Cada paquete de baterías incluye una protección de corriente dada por MOSFET en oposición y un sistema de control analógico que evita sobrecargas y excesos de descarga controlando la tensión de celda y su corriente de descarga. Este circuito de protección constituye una protección secundaria para evitar sobrecargas.

En la Fig. 1, se muestran el circuito equivalente de un paquete de baterías de ion de litio y su característica de carga (Fairchild, 2010). Al cargar una batería, suponiendo que no estaba completamente descargada, se proporciona una corriente I_{CHARGE} constante hasta que la tensión V_{BAT} recupera su valor nominal V_{FLOAT} . A partir de allí, la I_{CHARGE} queda limitada por la tensión V_{CELL} de la celda. A medida que la tensión interna de la celda se aproxima a V_{BAT} , la corriente de carga sigue reduciéndose hasta un valor de corriente de terminación I_{TERM} , del orden del 10 % de la corriente de carga plena. Una vez alcanzada la corriente de terminación, la carga se detiene y no se vuelve a iniciar hasta que V_{BAT} se reduzca por debajo de un determinado umbral (Fairchild, 2010).

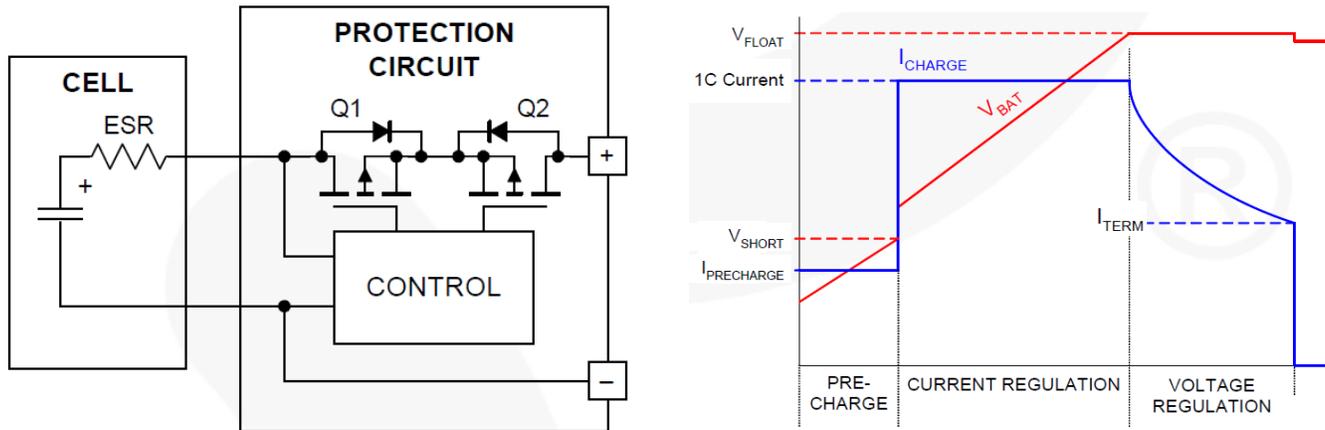


Figura 1. Paquetes de baterías de litio: (a) circuito equivalente, (b) característica de carga (Fairchild, 2010).

En la Fig. 2, se muestran dos perfiles de carga diferentes aplicados sobre un mismo VE: en la Fig. 2(a), se ve el comportamiento de la tensión y la corriente durante un proceso de carga lenta que demandó un valor de corriente casi constante de 16 A y una potencia monofásica de 3,6 kW. En Fig. 2(b), se ve la evolución temporal de las mismas variables para un proceso de carga rápida que requirió una potencia trifásica de unos 30 kW (Berizzo, 2015). En ambos casos, la corriente es casi constante mientras aumenta la tensión interna de la batería hasta alcanzar su tensión nominal; luego, la corriente de carga se reduce durante un tiempo en el cual se completa la carga de la batería. Este análisis contribuye a ponderar mejor el potencial impacto de los VE al momento de su recarga, ya que la mayoría de los sistemas de distribución no tienen previsto abastecer una demanda con estas características, que es muy diferente a las cargas tradicionales que se podrían esperar de los consumos residenciales (Berizzo, 2015).

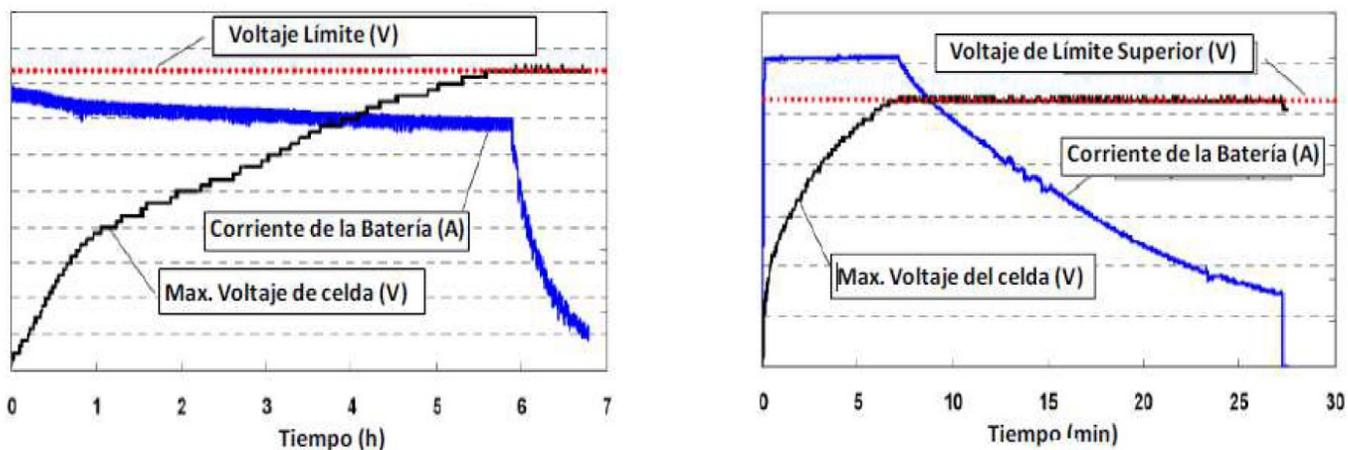


Figura 2. Características de carga: (a) lenta y (b) rápida (Berizzo, 2015).

Desde el inicio de esta tecnología, se prevé que, si los usuarios incorporaran VE sin el conocimiento por parte de la distribuidora eléctrica, esto implicaría para la red de distribución incrementos en la demanda con una localización geográficamente aleatoria y dispersa. Además, los tamaños de los vehículos serán diversos en función de las necesidades de los usuarios, lo que implica también variabilidad en cuanto a potencia de carga y capacidad de baterías. La incertidumbre sobre el comportamiento de los usuarios de VE es otro de los problemas por resolver para lograr una integración óptima de los VE en las redes. En esta línea, España realiza el estudio periódico MOVILIA (Encuesta de Movilidad de las Personas Residentes en España) a fin de conocer el patrón de comportamiento de los usuarios de VE y estimar los períodos del día en que los VE están conectados en los hogares. Se determinó que el primer viaje de la mañana se produce entre las 6:00 h y las 10:00 h. con el comienzo de la jornada laboral, y el retorno a casa se da entre las 19:00 h y las 24:00 h. Se comprobó que los VE quedan estacionados en los hogares entre las 19:00 h y las 7:00 h mayoritariamente y que, a nivel doméstico, el modo de carga más usado es el de carga lenta, correspondiente a una potencia de 3,7 kW; compatible con el tiempo disponible, suficiente para la carga (4-8 h); y más adecuado para ambientes residenciales. Esta información es la que se presenta en la Fig. 3 (Alonso *et ál.*, 2014).

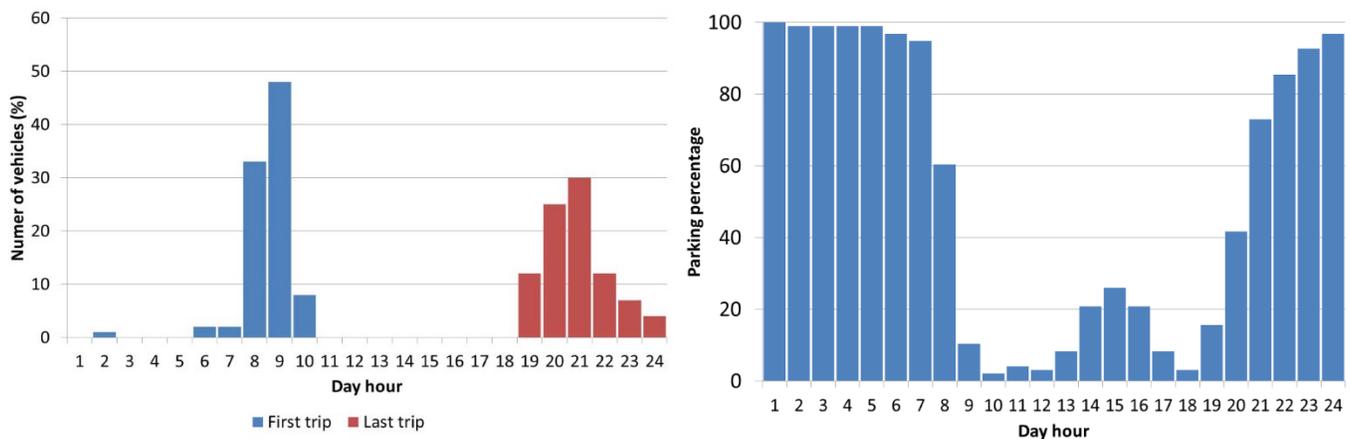


Figura 3. Distribuciones horarias: (a) primeros y últimos viajes del día con VE, y (b) estacionamiento de VE a nivel residencial (Alonso *et ál.*, 2014).

Por otro lado, en un estudio sobre los efectos de los VE en Dublín, se recabó información durante un año de una red piloto de baja tensión donde algunos usuarios usaban VE para moverse. En el período de estudio, los VE fueron rotados a otros usuarios con otras ubicaciones en la misma red, para obtener información de recargas en diferentes puntos. En la Fig. 4, se muestran las distribuciones de probabilidad para el momento de conexión de los VE y la demanda diaria de energía de cada uno. La mayoría de las conexiones de VE ocurren todos los días después de las 16:00 h, y que el momento más elegido por los usuarios está en torno a las 22:30 h, seguido por las 18:30 h. Esto sugiere que la mayoría de los usuarios optan por cargarlos al llegar a su casa luego de volver del trabajo (suponiendo un horario laboral típico). El segundo pico muestra un número significativo de conexiones justo antes del momento de acostarse, lo que sugiere que algunos propietarios posponen la carga hasta bastante después del último viaje del día. La batería de cada VE usado en este estudio tenía una capacidad de 20 kW·h. Dado que se observan casos donde el requerimiento diario de energía superó ese valor, se infiere que hubo un número de usuarios que realizó al menos dos cargas en 24 h. Se observa que el consumo diario típico se concentra en 8-9 kW·h, la mitad de la capacidad de la batería. También se aprecian registros de 0 kW·h y 20 kW·h menos frecuentes, lo que indica que algunos usuarios no cargaban diariamente el vehículo, sino que esperaban a agotar totalmente la batería (Richardson *et ál.*, 2013).

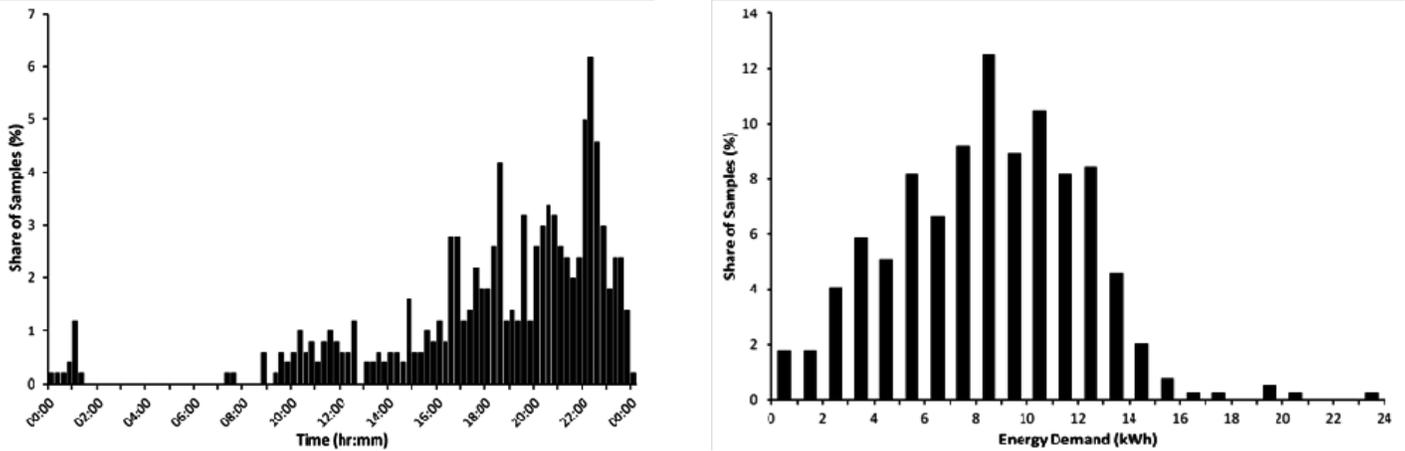


Figura 4. Funciones de distribución de probabilidad: (a) momentos de conexión de VE y (b) requerimiento diario de energía de los VE (Richardson *et al.*, 2013).

Por otro lado, en la Fig. 5, se muestran las curvas típicas de demanda de verano e invierno para el sistema interconectado nacional argentino (SIN). Estas curvas siguen la tendencia ya observada en una cantidad considerable de años recientes y constituyen la sumatoria del comportamiento de todos los sistemas de subtransmisión regionales del país (CAMMESA, 2021).

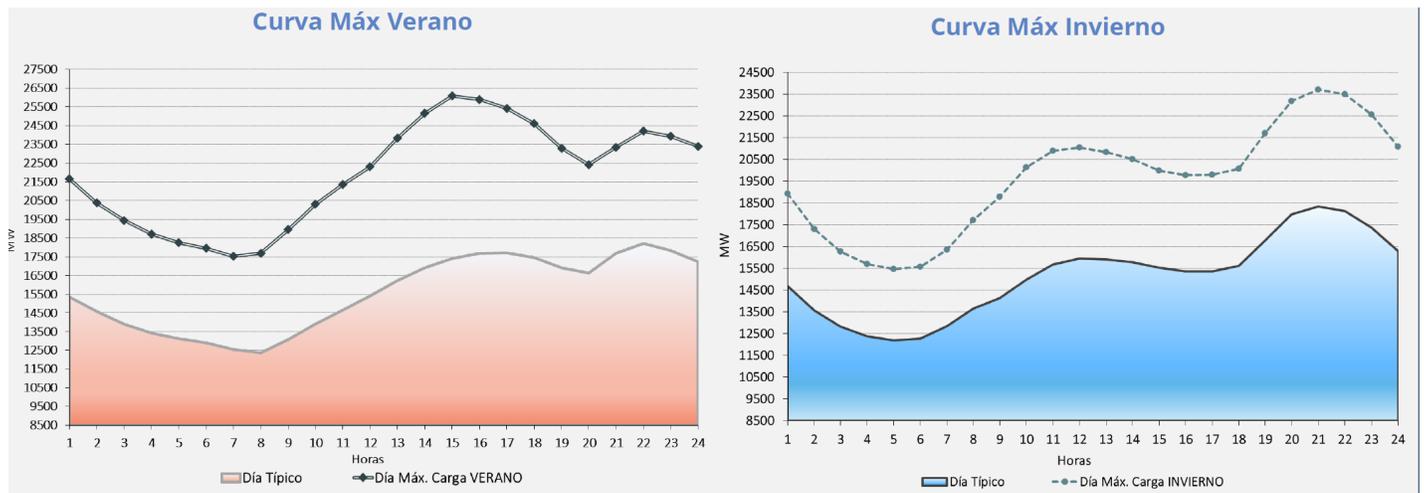


Figura 5. Curvas diarias de demanda típicas para 2020 (CAMMESA, 2021).

Se observa que, si se dejara “descontrolada” la recarga de VE (recarga de baterías a voluntad, especialmente vespertina), la demanda adicional asociada incidiría justo en los períodos de mayor demanda. Considerando que la generación en el SIN debe compensar en todo momento la demanda, tales picos implican la necesidad de activar más centrales de generación. Al contrario, durante el valle, pueden existir excedentes de generación que impliquen desaprovechar centrales de generación renovables no gestionables, como hidráulicas de pasada o eólicas. Por tanto, un aspecto clave para una integración eficiente de los VE implica estrategias que gestionen conscientemente la demanda relacionada con tales recargas. Esta premisa va tomando forma de manera gradual con normativas nacionales y jurisdiccionales para moderar el impacto de los VE sobre el sistema eléctrico (OIT, 2021). En la Fig. 6, se muestra cómo un 5 % de incremento de energía diaria por la recarga de VE incidiría sobre la curva de demanda típica de verano e invierno de la figura anterior: la demanda máxima en el horario pico crece alrededor de un 24 %

con respecto a los valores sin VE. Teniendo en cuenta que la demanda es la que más incide sobre la inversión en el sistema eléctrico y el consecuente costo de la energía, esta situación resulta suficientemente llamativa.

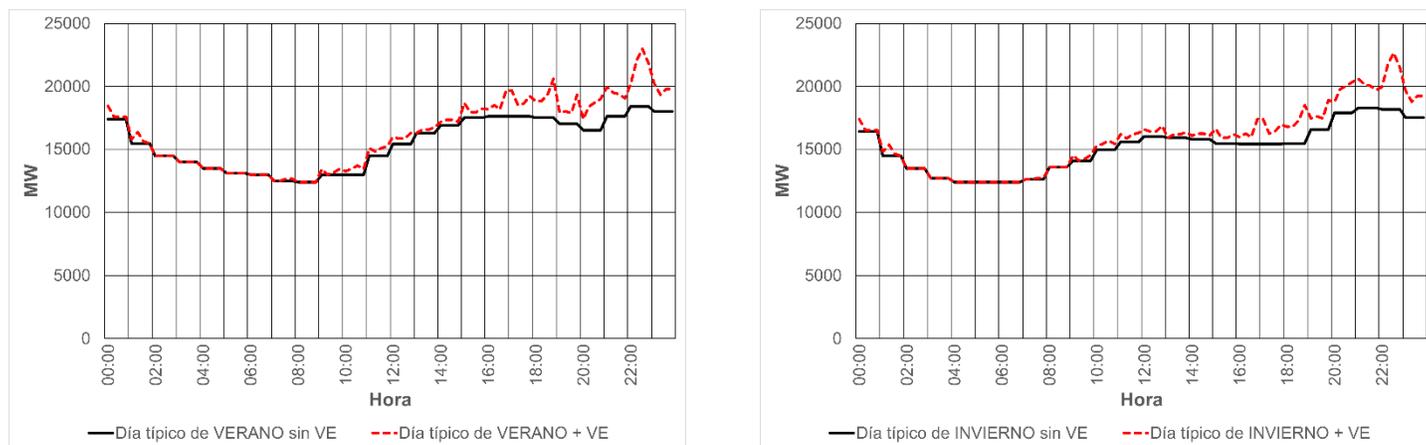


Figura 6. Incidencia sobre las curvas típicas de verano e invierno suponiendo un 5 % adicional de energía por recarga de VE.

Discusión y conclusiones

En este trabajo, se detallaron aspectos técnicos que implican un desafío para la demanda de las redes de distribución por la integración de los vehículos eléctricos (VE). Se remarca la necesidad de sostener estrategias y normativas relativas a la gestión de carga de los VE para lograr una penetración controlada de esta movilidad sustentable. De lo contrario, se producirían cargas adicionales en los sistemas eléctricos durante horarios críticos de máxima demanda que podrían afectar la calidad de energía y de servicio del sistema, además de incidir negativamente sobre su operación técnica y económicamente óptima. Entre otros aspectos, se detalló el perfil habitual de consumo en el proceso de recarga de un VE típico, y los resultados de estudios sobre patrones de comportamiento de los usuarios de VE realizados en países donde su uso ya está más extendido. Es esperable que las normativas y las señales económicas vigentes y en desarrollo en el país permitan una integración controlada de este tipo de tecnología de movilidad, a fin de tender a la reducción del impacto ambiental del transporte.

Referencias

- Alonso, M., Amaris, H., Germain, J. G., Galan, J. M. (2014). "Optimal charging scheduling of electric vehicles in smart grids by heuristic algorithms". *Energies*, 7(4), 2449-2475.
- Berizzo, R. (2015), "Haciendo de la electricidad el combustible de hoy", UTN Facultad Regional Rosario.
- Campos, R.; Pérez, G. (2019). "Tecnología y recambio energético en el transporte automotor de América Latina y el Caribe". Disponible en <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44439/S1900028_es.pdf>.
- CAMMESA (2021), Informe Anual 2020. Disponible en <<https://microfe.cammesa.com/static-content/CammesaWeb/download-manager-files/Informe%20Anual/INFORME%20ANUAL%202020%20VF.pdf>>.
- Fairchild (2010), AN9721 Li-Ion Battery Charging Basics, Featuring the FAN5400 / FAN5420 Family of PWM Battery Chargers, Disponible en <<https://www.mouser.tw/pdfdocs/AN9721.PDF>>.

- Gore, A., O'Connor, J., "Una verdad incómoda". Disponible en <https://www.documaniatv.com/naturaleza/al-gore-una-verdad-incomoda-video_417669111.html> (presentación basada en Gore, A., O'Connor, J. [2007]. *An inconvenient truth: The crisis of global warming*. New York: Viking).
- Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2021). "Inventario de políticas relacionadas a la economía verde en Argentina". Oficina de país de la OIT para la Argentina. Disponible en < https://www.un-page.org/files/public/inventario_de_politicas_relacionadas_a_la_economia_verde_en_la_argentina_inventory_of_policies_related_to_the_green_economy_in_argentina.pdf >.
- Peiró, L. T., Méndez, G. V., & Ayres, R. U. (2013). "Lithium: sources, production, uses, and recovery outlook". *Jom*, 65(8), 986-996.
- Pérez Mencía, C. (2019). "Estudio de alternativas para la propulsión de vehículos colectivos para el transporte de viajeros por carretera". Trabajo fin de grado (Ingeniería de Recursos Energéticos), Universidad de Cantabria.
- Poder Ejecutivo Nacional (PEN, 2021). "Acuerdo de París". Portal oficial del Estado argentino Argentina.gob.ar. Disponible en <<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/acuerdo-de-paris>>.
- Richardson, P., Moran, M., Taylor, J., Maitra, A., & Keane, A. (2013). "Impact of electric vehicle charging on residential distribution networks: An Irish demonstration initiative", 22nd International Conference on Electricity Distribution, Stockholm, 10-13 June 2013.

Polímeros conductores biobasados: Evaluación de par AESO/CB

Bio-based conductive polymers: AESO/CB pair evaluation

Mariana Bernard

Departamento de Electromecánica – Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco – Argentina
mbernard@sanfrancisco.utn.edu.ar

Franco Besso

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco – Argentina

María Laura Forte

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco - Argentina

Resumen

Los composites poliméricos constan de matrices poliméricas rellenas de partículas con capacidad eléctricamente conductora. Presentan valores de resistividad intermedia entre los conductores y los aislantes. Aquellos composites cuyas matrices poliméricas se obtienen a partir de fuentes renovables debido a la estructura molecular de los compuestos, potencian la interacción entre la matriz y el relleno, mejorando las capacidades conductoras del material obtenido y permitiendo a su vez el desarrollo de materiales con potencial de degradación. De entre las matrices posibles, el par aceite epoxidado-acrilado de soja (AESO)/negro de humo o *carbon black* (CB), permitió disminuir el umbral de percolación de partículas conductoras a valores tan bajos como el 1,2%. En el presente trabajo se reúnen teorías y avances en torno a las propiedades eléctricas de los polímeros semiconductores, específicamente en el par AESO/CB, y su capacidad sinérgica de interactuar físicamente a diferencia de otros pares conductores.

Palabras clave: composites poliméricos, AESO, Negro de humo, Resistividad.

Abstract

Polymeric composites are organic matrices filled with electrically conductive particles. They exhibit resistivity values between conductors and insulators. Composites whose polymeric matrices are obtained from renewable sources due to the molecular structure of its compounds, enhance the interaction between matrix and filler, enhancing the conductive capabilities of the material obtained and allowing the development of potentially degradable materials. From the possible matrices, the epoxy oil-soybean acrylate (AESO)/ carbon black (CB) pair reduced the percolation threshold of conductive particles to values as low as 1,2%. This work brings together theories and advances in the electrical properties of semiconducting polymers, specifically in the AESO/CB pair, and their synergistic capacity to interact physically unlike other conductive pairs.

Keywords: Polymer composites, AESO, Carbon Black, resistivity.

Introducción

Un polímero es una molécula en la cual se repiten en serie, una misma unidad estructural básica unidas por enlaces covalentes. Un polímero conductor es aquel que presenta capacidad para la conducción de corriente eléctrica. Existen compuestos que funcionan como rellenos para que estas propiedades aumenten o mejoren. Los compuestos poliméricos con CB, son atractivos debido a que el CB puede utilizarse para modificar las propiedades eléctricas y mecánicas de la matriz utilizada. El diseño de estas propiedades se determina mediante una correcta elección del par polímero-CB. El material conductor se distribuye aleatoriamente en la fase dieléctrica (matriz polimérica) y la conductividad de los compuestos se puede controlar y modificar en una amplia gama de resistividades variando la proporción de CB. Por lo tanto, es necesario conocer la relación que existe entre la resistividad de la muestra y la concentración de CB, lo que se logra de manera experimental (Flandin et al., 1999; Hernández-López & Viguera-Santiago, 2013).

Comúnmente se producen composites poliméricos conductores a partir de una amplia variedad de oleopolímeros. Una alternativa es utilizar una matriz proveniente de fuentes renovables como aceite de soja, linaza, girasol u otros, dando lugar a la obtención de polímeros biobasados. El prefijo “bio” describe a los materiales derivados de fuentes biológicas y que ofrecen nuevas oportunidades para el desarrollo de compuestos funcionales debido a su biocompatibilidad, biodegradabilidad y abundancia natural. Sus propiedades mecánicas como flexibilidad y bajo peso específico, ayudaron a inspirar el desarrollo de componentes para electrónicos flexibles, implantables y de uso cotidiano con características amigables con el medio ambiente (Li et al., 2020). Otros campos de interés de la electrónica transitoria son, entre otros, los transistores de efecto sólido (FET), la biodetección y la actuación, la robótica, la recolección de energía y la fabricación de supercondensadores (Arnal et al., 2019; Cho et al., 2017). La utilización de polímeros de fuentes naturales se debe a las propiedades eléctricas, alcanzadas con un muy bajo umbral de percolación de partículas de carbono (Hernández-López et al., 2007). Cuando se combinan con otros materiales y partículas, muchas de las propiedades de estos compuestos pueden alterarse para satisfacer requisitos específicos, lo que da lugar a biocompuestos inteligentes (Al-Oqla & El-Shekeil, 2019).

Por lo descrito hasta aquí, los polímeros obtenidos a partir de fuentes renovables representan buenas perspectivas como candidatos para su uso en compuestos poliméricos conductores. Entre ellos, el aceite de soja contiene insaturaciones que pueden modificarse mediante reacciones químicas controladas para introducir grupos polimerizables, con lo que se logra obtener productos con propiedades particulares. Este trabajo reúne información respecto del comportamiento del aceite de soja epoxidado-acrilado (AESO) sobre las propiedades eléctricas de composites basados en AESO-CB.

Desarrollo

Los materiales electrónicos utilizan polímeros desde hace décadas, principalmente como dieléctricos. Estos polímeros se depositan en forma de láminas aislantes, como sustratos de circuitos impresos, o montaje de componentes. En estas aplicaciones, su baja conductividad toma preponderancia, así como su versatilidad y bajo costo. Sin embargo, surgen nuevas oportunidades entre los productos electrónicos, requiriendo compuestos que se diseñen específicamente para incrementar su conductividad. Así, en el campo de los polímeros conductores encontraremos dos grandes clasificaciones: polímeros intrínsecamente conductores y composites poliméricos.

Los primeros se desarrollaron en la década del '70 y en su arreglo molecular radica su capacidad conductora, ya que contienen estructuras del tipo conjugadas extendidas, con dobles enlaces, que mediante mecanismos de oxidación-reducción, permite la movilidad de electrones a lo largo de la cadena polimérica (Inzelt, 2012). Si la movilidad de los electrones resulta insuficiente, el polímero puede ser “dopado” mediante el agregado de elementos químicos diferentes a los de la estructura original, que alteran el perfil energético de las bandas conductoras. Estos materiales revolucionaron la industria de las baterías, el desarrollo de leds y otras aplicaciones electrónicas, mientras que resultan potencialmente interesantes en el campo de los biosensores y la biomimética (Li et al., 2020).

Por otro lado, los composites poliméricos con rellenos conductores son materiales que constan de una matriz polimérica de resistividad intermedia y que poseen una estructura molecular específica que permite la incorporación de un relleno conductor. El relleno involucra un material con buenas propiedades eléctricas y que

pueda alojarse en la matriz generando caminos de conducción, lo que le otorga al composite la posibilidad de funcionar como semiconductor. Las propiedades aditivas de este composite son inherentes al acoplamiento sinérgico entre las propiedades de la matriz y las de las partículas conductoras (Hernández-López & Viguera-Santiago, 2013). Los composites poliméricos conductores que muestran niveles de conductividad moderados, alcanzan diversas aplicaciones y son particularmente atractivos para ser utilizados como sensores electrónicos piezoresistivos, carcasas de equipos electrónicos con propiedades de descarga electrostática y apantallamiento electromagnético (Spahr et al., 2017). Este tipo de compuestos son los que se evalúan en este trabajo.

Los polímeros utilizados en la mayoría de las aplicaciones electrónicas tienen origen en la modificación de sustancias fósiles. Severos problemas ecológicos se asocian tanto a la síntesis de estos, como a los procesos de descarte de los artículos que los utilizan. El desarrollo del estilo de vida actual y la obsolescencia programada de múltiples dispositivos electrónicos, hacen que el recambio de equipos genere toneladas de desechos con un elevado costo de reciclaje, lo que en muchos países resulta en la acumulación de residuos altamente contaminantes. A raíz de esto, la ciencia de los materiales ha ido desarrollando diversas alternativas para introducir en el mercado polímeros altamente funcionales generados a partir de productos naturales y con mayor capacidad de degradación que los polímeros fósiles. En este aspecto, se evaluaron derivados de aceites vegetales para la generación de matrices, haciendo foco principalmente en las propiedades mecánicas. Sin embargo, algunos polímeros, debido específicamente a su estructura, tienen la capacidad de alojar e interactuar con partículas conductoras. Zhan y Wool (2010) estudiaron la conductividad eléctrica del AESO con el propósito de reemplazar resinas epoxi en la impresión de circuitos. Hernández López et al (2007), evaluaron las propiedades eléctricas del copolímero AESO-BMA con negro de carbón (CB) y la fracción crítica del CB seleccionado en esa matriz.

Teoría de la Percolación e Interacción con la matriz polimérica.

La teoría que sustenta el desarrollo de los composites poliméricos radica en la probabilidad de interacción entre las partículas conductoras. Conocida como “Teoría de la Percolación”, este modelo predice la probabilidad de la interconexión de la mínima cantidad de partículas que resultan necesarias para que en la matriz se establezcan caminos conductores, permitiendo el tránsito de electrones de una partícula a la otra (Figura 1a). Propone, además, que una mínima cantidad de partículas, conocida como “umbral de percolación” representa la concentración mínima de cargas a la cual se promueve un aumento importante de la conductividad (Figura 1b).

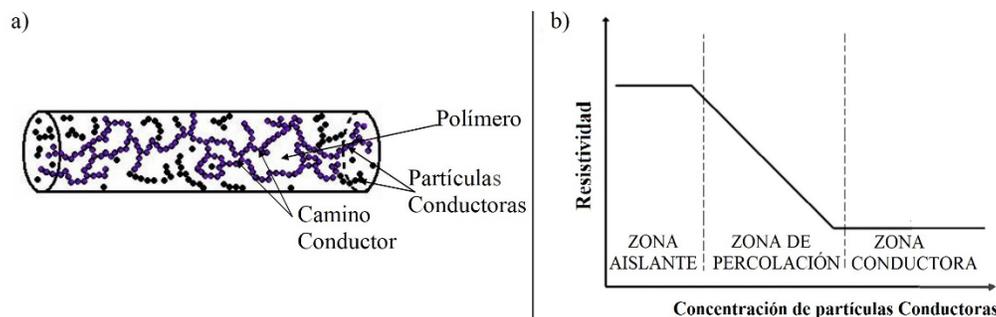


Figura 1 – a) Esquema de ubicación de las partículas según la Teoría de la Percolación; b) Diagrama de umbral de percolación (Navarrete Fontes, 2008).

La limitación de esta teoría radica en que no involucra la interacción de la matriz polimérica con la superficie de las partículas conductoras, ni tampoco cómo afecta esta al valor de la fracción crítica (Hernández-Lopez et al 2013). Por este motivo, se vuelve necesario estudiar cada par partícula/matriz en relación con el método de preparación y las propiedades conductoras adquiridas. En función de los distintos pares evaluados, se consideran ciertas tendencias en la selección de las parejas conductor-matriz. Es conocido que el método de dispersión de las partículas en la matriz resulta fundamental para el desarrollo de caminos de conducción, por lo cual aquellas características de la matriz que interfieran con la dispersión de las partículas atentarán contra la conductividad del sistema. Así, la viscosidad es uno de los aspectos más importantes, además del peso molecular y la relación entre la fracción amorfa/cristalina del polímero (Sumita et al., 2006). La superficie de las partículas conductoras puede interferir en

su propia dispersión, particularmente si resultan susceptibles de oxidación, lo que permitiría la interacción con la matriz (Hernández-López & Viguera-Santiago, 2013).

Relleno conductor

Los rellenos deben ser materiales inertes, de tamaño pequeño de partícula y buena conductividad. Las características de estos son las que determinarán en gran medida la capacidad conductora del composite polimérico del que forman parte. Abarcan desde metales particulados hasta partículas orgánicas. Entre las cargas conductoras más habitualmente utilizadas se destaca el uso del CB, una forma coloidal del carbón elemental, que puede encontrarse con tamaños de partículas entre 10 a 300 nm. Su composición varía entre un 97 y 99% de carbón.

La concentración de percolación del CB depende de muchos parámetros como la naturaleza física de la carga, la composición química de la superficie y las condiciones de procesamiento (Chodak & Krupa, 1999). Las partículas de CB tienen morfología principalmente esférica, con estructura gráfica y tamaño coloidal (Hernández-López et al., 2007). Tienen además la particularidad de formar agregados que pueden alcanzar tamaños de 500 nm, lo que influye en su estructura y puede interferir en su dispersión. Un CB que contenga grandes agregados y con considerables ramificaciones tiene alta estructura, lo que facilitará la dispersión debido a que las distancias entre los centros del agregado aumentan debilitando las fuerzas de atracción. Sin embargo, grandes espacios entre los agregados pueden incorporar mayor cantidad de resina e incrementar la viscosidad final del compuesto (Navarrete Fontes, 2008). La estructura del CB influye también en la conductividad, ya que aporta más ramificaciones para la transferencia del electrón a través de la resina. Una estructura menor implica que las distancias entre las partículas son pequeñas lo que incrementa la facilidad para la transferencia de electrones (Chodak & Krupa, 1999). Estudios de espectroscopía infrarroja de diversas muestras de CB con baja resistividad (Hernández-López et al., 2007), mostraron la presencia de grupos polares en la estructura, entre los que se destacan grupos hidroxilos (O-H) y carbonilos (C=O) debido a la presencia de ésteres, ácidos carboxílicos y quinonas, sin embargo, en aquellas muestras con menor resistividad la presencia de hidroxilos era mayoritaria.

Estructura de AESO

El AESO se obtiene por modificación química del aceite de soja (SO) por epoxidación con oxidantes fuertes mediante el mecanismo de Prileschajew. La posterior acrilación consiste en introducir al SO grupos acrilatos para producir un hidroxiéster (Bernard, 2020). La estructura de la molécula de AESO (Figura 2) y su posterior copolimerización, permite la formación de redes tridimensionales que presentan “huecos” donde pueden introducirse partículas de relleno.

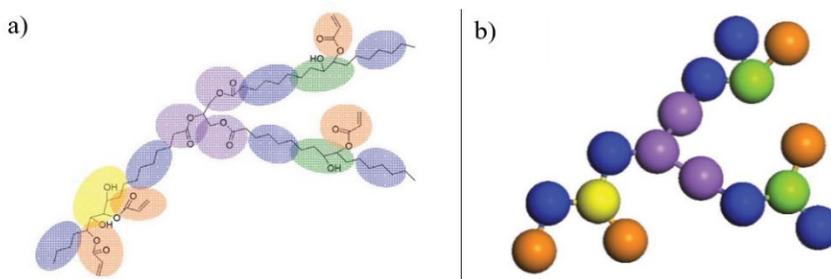


Figura 2- a) Fórmula molecular de AESO y St, b) estructura 3D de AESO (Xie et al., 2014).

En composites poliméricos con relleno de CB, la conductividad a menudo se incrementa cuanto menor es el tamaño de partícula. Las fuerzas de atracción entre agregados resultan mayores cuando las partículas son pequeñas, promoviendo la formación de una red mayor, lo que aumenta los contactos entre partículas e incrementa la conductividad (Spahr et al., 2017). La estructura química de la molécula de AESO presenta grupos con cargas polares que podrían influir en la interacción con las partículas conductoras. Este tipo de interacciones podrían deberse a la formación de puentes de hidrógeno entre las terminaciones hidroxilos y carboxilos del CB con las de AESO (Hernández-López & Viguera-Santiago, 2013). Esta capacidad de interacción que muestran ciertos oleopolímeros genera una disminución en el umbral de percolación del compuesto, sin embargo, el uso de AESO, permitió alcanzar

valores de umbral de percolación tan bajos como 1,2% en un sistema AESO-BMA/CB, algo que no se logró con otros tipos de oleopolímeros con grupos polares. Esto pareciera deberse a que el retículo tridimensional de AESO con la presencia de los grupos polares acrilatos, permiten caminos preferenciales para la dispersión y distribución de las partículas conductoras, disminuyendo la fracción crítica para alcanzar el umbral de percolación.

Propiedades eléctricas

Los composites AESO/CB presentan propiedades eléctricas particulares, que se cuantifican mediante la resistividad. La medición de resistividad (ρ) se relaciona con la resistencia del material, así como con sus dimensiones mediante la ecuación 1, donde A y L representan el área y espesor la probeta respectivamente.

$$\rho = R \cdot \frac{A}{L} \quad (\text{Ecuación 1})$$

La resistividad se mide indirectamente mediante un volt-amperímetro en las superficies paralelas de una probeta de 1 cm de diámetro x 2 mm de espesor, aplicando bajas tensiones de corriente. Los valores de resistividad alcanzan $10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$ para muy bajas concentraciones de CB y caen abruptamente en el umbral de percolación hasta alcanzar valores de $10^3 \Omega \cdot \text{cm}$, donde el material comienza a comportarse como un conductor eléctrico. En el umbral de percolación se produce un cambio en el estado de dispersión de las partículas, conformando la red conductora. La resistencia eléctrica total de un compuesto es la suma de todas las resistencias de los agregados, R_a , y de las resistencias entre agregados, R_e , de la red conductora (ecuación 2) y depende, más allá del umbral de percolación, de la microestructura y la superficie de la partícula, así como del tipo de polímero (Spahr et al., 2017).

$$R = \sum_{i=0}^n R_{a,j} + \sum_{i=1}^n R_{e,i} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Las características del polímero solo pueden afectar a la R_e de la ecuación 2, por lo cual, la distancia entre los agregados actúa directamente sobre el mecanismo de conducción. Las capas de polímero entre partículas de CB forman parte de un mecanismo de tunelización (Sichel et al., 1982) que disminuye la conductividad eléctrica. A raíz de esto, la resistividad eléctrica disminuye a medida que disminuye el espesor de la película de polímero entre partículas (Spahr et al., 2017). Otro parámetro importante es establecer el valor de constante dieléctrica (ϵ), medida por medio de un analizador de impedancia. Una mayor constante dieléctrica, en teoría disminuiría la fracción crítica del composite, sin embargo, en el caso de AESO/CB, se obtuvieron bajos valores de constante dieléctrica con un menor umbral de percolación en comparación con otro tipo de matrices semejantes (Hernández-López et al., 2007). Esta condición, ofrece la posibilidad de generar composites poliméricos con buenas propiedades mecánicas gracias a la baja concentración de partículas conductoras y adecuados valores de conductividad, ampliando el campo de aplicación hacia nuevos productos. Cabe destacar, por otro lado, que el uso de un composite AESO/CB se basa en la modificación de un producto natural, con lo que sus condiciones de degradabilidad son mayores respecto de los compuestos de origen fósil. Bernard (2020), encontró indicios de degradación en compuestos derivados de AESO en condiciones adecuadas por exposición *in vitro* a especies de hongos del género *Ascomycota*. Se supone que la incorporación de CB en la matriz de AESO no debiera interferir en la degradación del compuesto, sin embargo, no existen estudios al respecto.

Proyecciones

Los composites poliméricos conductores de AESO/CB muestran un rango de resistividad superficial de entre 10^1 y $10^6 \Omega \cdot \text{sq}^{-1}$. Este nivel de resistividad ha abierto el campo de aplicación hacia los materiales de blindaje contra interferencias electromagnéticas, así como en interruptores, calentadores autolimitantes y materiales de protección permanente contra descargas electrostáticas. Pueden ser utilizados para el embalaje de productos electrónicos, bandejas, cintas transportadoras, carcasas, contenedores o mangueras para sustancias inflamables y suelos antiestáticos. Composites con resistividad inferiores a $10^3 \Omega \cdot \text{cm}$, se utilizan como blindaje de conductores en cables de alimentación, evitando la descarga parcial en la interfaz entre las capas de aislante y conductor, eliminando cualquier tensión de campo al homogeneizar el campo eléctrico alrededor del conductor (Spahr et al., 2017).

Conclusiones

Los composites poliméricos con relleno conductor de CB adquieren actualmente gran relevancia en el campo de la industria eléctrica/electrónica debido no solo a la posibilidad de reemplazar semiconductores inorgánicos sino también a que se genera la capacidad de producir materiales innovadores con resistividades diseñadas específicamente para el uso previsto. La producción de este tipo de compuestos partiendo de matrices poliméricas bio-basadas, como es el caso de AESO, deriva en el diseño de un producto con mayores posibilidades de degradación, condiciones de biocompatibilidad mejoradas y propiedades mecánicas adaptadas a las condiciones de uso, promoviendo el desarrollo de materiales más amigables con el medio ambiente, económicos y versátiles desde el punto de vista industrial. El par AESO/CB, debido a las particulares características estructurales de la molécula de AESO permite alcanzar buenas propiedades conductoras con un menor contenido de relleno en relación con otras matrices, lo que optimiza no solo el comportamiento eléctrico sino las características mecánicas del composite, diversificando su uso hacia innovadoras aplicaciones.

En el marco del PID MAUTNSF0007664 se desarrolla el estudio experimental de pares AESO-BMA/CB y AESO-St/CB con distintas concentraciones de partículas e inclusión de partículas metálicas. Los resultados experimentales de este proyecto complementan este *review* y serán objeto de futuras publicaciones.

Referencias

- Al-Oqla, F. M., & El-Shekeil, Y. (2019). Investigating and predicting the performance deteriorations and trends of polyurethane bio-composites for more realistic sustainable design possibilities. *Journal of Cleaner Production*, 222, 865–870.
- Arnal, A., Martínez-Domingo, C., Ogier, S., Terés, L., & Ramon. E., M. (2019). Monotype organic dual threshold voltage using different OTFT geometries. *Crystals*, 9, 333.
- Bernard, M. (2020). *Optimización del proceso de producción de materiales entrecruzados derivados de poliésteres insaturados a partir de aceites vegetales (soja)*. Facultad de Ciencias Químicas - UNC
- Cho, D. H., Kwon, O. E., Park, Y. S., Yu, B. G., Lee, J., Moon, J., Cho, H., Lee, H., & Cho, N. (2017). Flexible integrated OLED substrates prepared by printing and plating process. *Org Electronics*, 50, 170–176.
- Chodak, I., & Krupa, I. (1999). "Percolation effect" and mechanical behavior of carbon black filled polyethylene. *Journal of Materials Science Letters*, 18, 1457–1459.
- Flandin, L., Prasse, T., Schueler, R., Schulte, K., Bauhofer, W., & Cavaille, J. Y. (1999). Anomalous percolation transition in carbon-black-epoxy composite materials. *Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics*, 59(22), 14349–14355. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.59.14349>
- Hernández-López, S., & Viguera-Santiago, E. (2013). Acrylated-Epoxidized Soybean Oil-Based Polymers and Their Use in the Generation of Electrically Conductive Polymer Composites. In H. El-Shemy (Ed.), *Soybean BioActive Compounds* (IntechOpen, pp. 232–263). <https://doi.org/10.5772 / 45866>
- Hernández-López, S., Viguera-Santiago, E., Mercado-Posadas, J., & Sanchez-Mendieta, V. (2007). Electrical Properties of Acrylated Epoxidized Soybean Oil Polymers Based Composites. *AZoM.Com Pty Ltd*.
- Inzelt, G. (2012). Classification of Electrochemically Active Polymers. In *Conducting Polymers* (Springer, pp. 7–82). https://doi.org/10.1007/978-3-642-27621-7_2
- Li, X., Ding, C., Li, X., Yang, H., Liu, S., Wang, X., Zhang, L., Sun, Q., Liu, X., & Chen, J. (2020). Electronic

biopolymers: From molecular engineering to functional devices. *Chemical Eng Jr*, 397, 125499.

Navarrete Fontes, A. (2008). *Obtención de material compuesto de Ps-Nanopartículas de Nh y su efecto sobre las propiedades termomecánicas del SBR*. Cytel, CONACyT.

Sichel, E. K., Gittleman, J. I., & Sheng, P. (1982). Electrical properties of carbon-polymer composites. *Journal of Electronic Materials*, 11(4), 699–747. <https://doi.org/10.1007/BF02672392>

Spahr, M. E., Gilardi, R., & Bonacchi, D. e. (2017). Carbon Black for Electrically Conductive Polymer Applications. In R. Rothon (Ed.), *Fillers for polymer applications* (Springer, pp. 375–400). Springer International Publishing Switzerland 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37179-0_21-1

Sumita, M., Abe, H., Kayati, M., & Miyasaka, K. (2006). Efecto de la viscosidad de fusión y Tensión superficial de polímeros en el umbral de percolación de compuestos poliméricos rellenos de partículas conductoras. *Journal of Macromolecules Science*, 25, 171–184.

Xie, P., Liu, H., Qiu, S. J., Rong, M. Z., Zhang, M. Q., Lu, Z. Y., & Wu, S. P. (2014). Strategy of fabrication of controlled thermosetting gel based on soybean oil towards supercritical carbon dioxide foaming. *Green Chemistry*, 16(3), 1225–1235. <https://doi.org/10.1039/c3gc41506f>

Zhan, M., & Wool, R. P. (2010). Biobased Composite Resins Design for Electronic Materials. *Journal of Applied Polymer Science*, 118, 3274–3283. <https://doi.org/10.1002/app>

Protección contra rayos en granjas fotovoltaicas

Lightning Protection in PV Farms

Germán Zamanillo

Universidad Nacional de Río Cuarto – Argentina
gzamanillo@ing.unrc.edu.ar

Leonardo Sanchez

Universidad Nacional de Río Cuarto – Argentina
dsanchez@ing.unrc.edu.ar

Gabriel Campetelli

Universidad Nacional de Río Cuarto – Argentina
gcampetelli@ing.unrc.edu.ar

Juan C. Gómez

Universidad Nacional de Río Cuarto – Argentina
jcgomez@ing.unrc.edu.ar

Edgardo Florena

Universidad Nacional de Río Cuarto – Argentina
eflorena@ing.unrc.edu.ar

Hernán Rovere

Universidad Nacional de Río Cuarto – Argentina
hrovere@ing.unrc.edu.ar

Instituto de Protecciones de Sistemas Eléctricos de Potencia, Argentina, gzamanillo@ing.unrc.edu.ar

Resumen

La implementación de granjas fotovoltaicas de gran superficie en zonas rurales, en el país es una realidad. El estudio de la necesidad de la instalación de protección contra rayos y sobretensiones de las mismas es precoz. El objetivo de este trabajo es el de evaluar mediante la aplicación de estándares internacionales, si existe la necesidad de realizar una protección externa contra rayos y seleccionar la protección interna. El alcance de la protección necesaria depende en gran medida del nivel de actividad de los rayos en el sitio del proyecto. El riesgo de impacto de descargas de rayo, debe evaluarse durante la fase de diseño de forma detallada para minimizar los costos. Para gran parte de nuestro país, debido a la actividad de los rayos, una protección externa contra rayos debería ser instalada, pero esto no se observa en general y en la que se puede apreciar, no es adecuada. Se presenta en este trabajo la metodología y aplicación de una guía que puede ser aprovechada por los ingenieros diseñadores para discernir si corresponde proteger ante impactos directos y si es así, entre un sistema de protección aislado y no aislado a los elementos a proteger y la correspondiente selección de protección interna contra sobretensiones de los distintos elementos del sistema.

Palabras clave: Descargadores de sobretensión, Generación fotovoltaica, Evaluación de riesgo para un sistema fotovoltaico, SPCR, Protección externa e interna contra sobretensiones.

Abstract

The implementation of large-area photovoltaic farms in rural areas is a reality in our country. The study of the need for the installation of protection against lightning and overvoltage is early. The objective of this work is to evaluate, through the application of international standards, if there is a need for external lightning protection and to select internal protection. The range of protection required is highly dependent on the level of lightning activity at the project site. The risk of lightning strike impact must be carefully evaluated during the design phase to minimize costs. For much of our country, due to lightning activity, an external lightning protection should be installed, but this is not generally observed and where it can be, they are not adequate. The methodology and application of a guide that can be applied by design engineers is presented in this work to discern whether to protect against direct impacts and if so, between an isolated and non-isolated protection system, the elements to be protected and the corresponding selection of internal protection against overvoltages of the different elements of the system.

Keywords: DPS, Photovoltaic generation, Risk assessment for a photovoltaic system, LPS, External and internal protection against overvoltages.

Introducción

En general las plantas fotovoltaicas (PF) disponen de pocas medidas para proteger los equipos de los rayos (IEC TS 62738, 2018:24). La protección adecuada contra rayos para grandes granjas fotovoltaicas se debe realizar en función a la evaluación del riesgo de impacto de rayo. Adoptando la mejor solución técnica-económica no solo para minimizar el riesgo de choque eléctrico al personal, sino para prevenir y controlar los daños del sistema ante impactos directos o indirectos de los mismos. En razón a la gran superficie que cubren estas PF, se ven amenazadas durante las tormentas eléctricas. Las inversiones de capital son importantes, debiendo adoptar un sistema de protección adecuado para que disminuyan las primas de los seguros, como también minimizar las pérdidas de ingresos debidas a fallas por rayos. En general, el costo de una protección adecuada (interna y externa) es un porcentaje bajo del costo total de la obra, en comparación con la caída de ingresos por la pérdida de generación si se realiza desde el diseño de la obra.

Para la evaluación de riesgo se debe utilizar la norma (IEC 62305-2, 2010), con la cual se pueden determinar las pérdidas de vidas humanas, servicios públicos y económicas.

Las normas que se deben tener en cuenta para una protección contra rayos y sobretensiones en PF son la serie IEC 62305 (partes 1 a 4). La parte 1 (IEC 62305-1, 2010) enumera términos, daños debidos a impacto directo e indirecto, necesidades y medidas de protección, parámetros del rayo y criterios básicos para la protección de estructuras y servicios. La Parte 2 (IEC 62305-2, 2010) trata el método de evaluación de riesgos para seleccionar la combinación óptima de medidas de protección. La parte 3 (IEC 62305-3, 2010) se refiere al sistema de protección contra rayos (SPCR) y trata de la protección, dentro y alrededor de una estructura, contra daños físicos y lesiones debidos a tensiones de contacto y paso. La Parte 4 (IEC 62305-4, 2010) considera la protección contra el pulso electromagnético del rayo (LEMP) para los sistemas eléctricos/electrónicos. También se debe usar la IEC 60364-7-712, que se aplica a la instalación eléctrica de sistemas fotovoltaicos. Donde se definen entre otros: los valores mínimos de corriente de los dispositivos de protección contra sobretensiones (DPS) según las configuraciones y los tipos de protección contra impactos de rayos en el lado de CC y AC de los sistemas, el aterramiento, equipotencialidad de los elementos del sistema y las influencias electromagnéticas. La normativa IEC 61643-32 describe los principios para la selección, instalación y coordinación de los DPS destinados a su uso en sistemas fotovoltaicos, que se complementa con la IEC 61643-12. Este conocimiento de las normativas, integra la determinación de la necesidad de protección con la selección de las medidas de protección, para reducir el riesgo a un nivel tolerable mediante la evaluación de riesgos.

Evaluación de riesgos

Cuando se realiza una protección contra rayos, el primer paso es calcular los riesgos probables. El riesgo se define como el valor de las pérdidas anuales medias probables (seres humanos y bienes) debido a los rayos, en relación con el valor total del objeto a proteger (IEC 62305-2, 2010). Esto significa que no es posible lograr una protección 100% eficiente contra descargas directas y sobretensiones, pero pueden lograrse valores aceptables de riesgo. En (IEC TS 62738, 2018:24) se indica que la valoración del riesgo se debe hacer durante la fase de detalle de diseño, utilizando la IEC 62305-2, en donde se dan los procedimientos y metodologías para evaluar la necesidad de protección contra rayos de una estructura o servicio.

En la IEC 62305-1, se desarrolla la necesidad y conveniencia económica de la protección contra rayos del objeto, con base en la clasificación de cada tipo de daño. Se distinguen tres tipos básicos de daños: D1: daño a seres vivos; D2: daño físico y D3: falla de los sistemas eléctricos/electrónicos. Estos pueden producir una pérdida diferente en el objeto a proteger. El tipo de pérdida posible, depende de las características del objeto. Se consideran los siguientes tipos: L1: pérdida de vidas humanas; L2: pérdida de servicio al público; L3: pérdida de patrimonio cultural y L4: pérdida de valor económico (estructura y su contenido, servicios y pérdida de actividad). Las pérdidas del tipo L1, L2 y L3 son pérdidas de valores sociales, mientras que la L4 es puramente económica, en donde para la PF, L3 no se evalúa. Las pérdidas se relacionan a las fuentes posibles de daños, que dependen donde impacten los rayos en relación al objeto a proteger y se reconocen cuatro: S1: impactos de rayos a la estructura; S2: impactos de rayos cerca de la estructura; S3: impactos de rayos a un servicio que alimenta la estructura y S4: impactos de rayos cercanos a este servicio. Conociendo las pérdidas en las estructuras y servicios, se evalúa la necesidad de protección externa contra rayos de la misma, y con ello se concreta la protección interna, usando IEC 62305-2, teniendo en cuenta los riesgos relevantes correspondientes a los tipos de pérdida citados anteriormente de R1 a R4 (similar a L1 a L4).

Procedimiento básico para la evaluación del riesgo

Se debe seguir el siguiente procedimiento de evaluación de riesgos: identificación de la estructura a proteger y sus características; identificación de todos los tipos de pérdida en la estructura y el riesgo correspondiente R; evaluación del riesgo R para cada tipo de pérdida R1 a R4; evaluación de la necesidad de protección, comparando el riesgo R1, R2 y R3 para la estructura con el riesgo tolerable RT representativo, definidos en la IEC 62305-2 mediante una tabla, o acordados entre el proyectista y el propietario de la PF; evaluación de la rentabilidad de la protección mediante la comparación de los costos de la pérdida total con y sin medidas de protección.

En este caso, se realizará la evaluación de los componentes de riesgo R4 con el fin de evaluar dichos costos. En la IEC 62305-2, se dan los procedimientos para su cálculo y en (Amicucci et al, 2012) un ejemplo en una instalación fotovoltaica sobre un edificio (si bien no es de aplicación directa, es una buena aproximación). Otra orientación es comparar el riesgo R4 con un riesgo tolerable definido por el propietario del sistema fotovoltaico, que estará relacionado con el desembolso que debe realizar a la compañía aseguradora.

Componentes de riesgo

Describiremos los distintos componentes de riesgos debido a las fuentes posibles de daños

Para una estructura debido a descargas de rayos en ella: RA relacionado con lesiones a seres vivos por tensiones paso y contacto; RB - relacionado con daño por salto de arcos o chispas peligrosas dentro de la estructura por incendio o explosión y RC - relacionado con la falla de los sistemas internos causada por el pulso electromagnético del rayo.

Para una estructura debido a descargas cerca de la estructura: RM: relacionado con la falla de los sistemas internos por el pulso electromagnético del rayo;

Para una estructura debido a descargas de rayos a un servicio conectado a la estructura: RU - relacionado con lesiones a seres vivos por tensiones de contacto dentro de la estructura, debido a la corriente del rayo inyectada en una línea entrante; RV - relacionado con daño físico debido a la corriente del rayo transmitida a través de servicios entrantes y RW - relacionado con fallas de los sistemas internos causadas por sobretensiones inducidas en las líneas entrantes y transmitidas a la estructura.

Para una estructura debido a descargas de rayos cerca de un servicio conectado a la estructura: RZ - relacionado con la falla de los sistemas internos causada por sobretensiones inducidas en las líneas entrantes y transmitidas a la estructura.

En caso que el riesgo de pérdida evaluado específico sea menor al riesgo tolerable ($R_X \leq R_{TX}$), no es necesaria realizar la protección contra el rayo, pero si es mayor, se deben aplicar medidas de protección para satisfacer la condición de $R \leq R_T$ para todos los riesgos que correspondan. Estas medidas adicionales se realizan de acuerdo con la participación de cada componente de riesgo en el riesgo total R.

En la estructura a considerar para la evaluación de riesgos debe incluir: la propia estructura; instalaciones en la estructura; contenido de la estructura; personas en la estructura o en las zonas hasta 3 m desde el exterior de la estructura; ambiente afectado por daños a la estructura, entre otros puntos. Se puede evaluar cada uno de los componentes de riesgo de interés (R_X) teniendo en cuenta el número de eventos peligrosos por año (N_X), la probabilidad de daño a la estructura (P_X) y la pérdida consiguiente (L_X). Para caracterizar las medidas de protección, la IEC 62305-1 define distintos niveles de protección contra rayos (NPR), número relacionado con un conjunto de valores de parámetros de corriente del rayo relevantes para la probabilidad de que los valores de diseño máximos y mínimos asociados no se excedan en las descargas naturales. El NPR se utiliza para diseñar las medidas de protección externas e internas, grados de cobertura de los pararrayos externos y corrientes de los DPS respectivamente. El NPR se dividen en cuatro niveles de I a IV. El NPR I es el más severo (la probabilidad de ocurrencia de un rayo con parámetros de corriente fuera del rango de valores definidos por la norma para NPR I es menor al 2%), obteniendo el nivel de protección mayor, siendo el IV el menos severo, pero obteniendo un nivel de protección bajo externa e internamente respectivamente.

Riesgo tolerable

Si bien en la IEC 62305-2 hay valores representativos de riesgo tolerable (R_T), de pérdida de vidas humanas, de servicio público y de valores culturales, es responsabilidad de la autoridad competente identificar el valor del R_T para cada caso, que no siempre está disponible o definido, de no disponerlos, se deben tomar los aportados por esta norma. En lo que respecta a la pérdida de valor económico (L_4), la ruta a seguir es la comparación costo-beneficio que indica la misma norma. Si los datos no están disponibles, se usa un valor representativo del $R_T = 10^{-3}$.

Evaluación de riesgo para un sistema fotovoltaico

El procedimiento se debe adaptar al caso de un sistema fotovoltaico. El riesgo de pérdida de vidas humanas (Riesgo R1) no es relevante para las granjas fotovoltaicas de gran superficie o sistemas a nivel, en estas plantas de energía solar (PES) no hay personas comunes, pues existe un cerco perimetral, solo puede haber personal calificado de mantenimiento que tiene los elementos de seguridad adecuados, permanecen muy poco tiempo (Amicucci et al, 2012) en las zonas de los paneles, inversores y estaciones elevadoras de BT/MT. Se tendrá en cuenta solo en la sala de control, sector de mantenimiento y depósito. En algunos casos las PES pueden tener sistemas de advertencia de tormentas (IEC 62793, 2016), para el resguardo al personal y del equipamiento, por lo que los componentes de riesgo RA y RU no tendrían relevancia.

El riesgo de incendio es insignificante, el de explosión es nulo y con un conveniente diseño de la protección externa si la hubiera, con un sistema de bajada y de tierra adecuados al NPR seleccionado, se evita el salto de arcos en los componentes de los paneles fotovoltaicos (IEC 62305-3,2010), por lo que los componentes de riesgo RB y RV tampoco tienen relevancia. En caso de no tener protección externa (con una correcta equipotencialización según IEC TS 62738), se los debería analizar según la configuración adoptada, si bien seguirán siendo bajos. El riesgo de pérdida de servicio público (R2) no se considera, porque el quedar fuera de servicio una PES, no influye en el servicio público (Amicucci et al ,2012), si bien genera pérdidas económicas y será valorado con el riesgo R4. Por tanto, el único riesgo es la pérdida de valor económico (R4) con sus componentes de riesgo RB y RC, para impactos directos sobre los paneles, RM para impactos cercanos a estos, RV y RW para impactos directos a los servicios (líneas de potencia, auxiliares y comunicación) y RZ para impactos cercanos a los anteriores. Estos dependerán de las distintas configuraciones que se adopten en la PF respecto a los paneles, cajas de conexión, inversores, SET de

BT/MT y si hubiera alimentación a una ET de MT a AT por medio de cables subterráneos o líneas aéreas o simplemente que la SET alimente una línea aérea. En este caso, los componentes de riesgo más notables son RC, RM, RW y RZ. Inicialmente para reducir el riesgo R4 a un nivel tolerable sin la selección de protección externa con algún NPR, se debe cumplir con la protección interna con DPS, si no se logra reducirlo con estos elementos solamente, se debe entonces determinar con cuál NPR es adecuado y si es aislado o no aislado. Como los elementos de mayor superficie son los paneles fotovoltaicos comentaremos algunas medidas para reducir las componentes de riesgo.

Para reducir el componente RC por impacto directo sobre los paneles:

Se relaciona con la falla de los sistemas internos por el LEMP, si no hay protección externa su valor será máximo. Cuando se utiliza un SPCR externo de un determinado NPR, destinado a interceptar al rayo que impactaría sobre la estructura, con un sistema de captación de aire (la corriente conducida es la que provoca el pulso de forma controlada), en donde si es separado de la estructura (aislado) o está soportada sobre la misma, cambiarán las tensiones inducidas sobre el sistema estudiado (será menor la tensión inducida para el primer caso), si no existe protección externa, el impacto será generalmente en el marco de los paneles. La colocación de DPS coordinados con la aislación de los paneles y resto de la instalación, junto a una adecuado cableado, minimizando los bucles o áreas de los cableados de los paneles como indica la (IEC 60364-7-712, 2017:37) (IEC 62548, 2016:38, 52), disminuye su valor también. Si existiera protección externa el valor sería mínimo.

Para reducir el componente RM por impacto cercano a los paneles fotovoltaicos:

DPS coordinados en la línea de CC, según la configuración adoptada y longitudes de estas líneas.

DPS coordinados en la línea de comunicación y control si los paneles son móviles y/o si se mide parámetros de los paneles, cuando esta sea galvánica e ingresa a la instalación fotovoltaica (estructura).

DPS coordinados en la línea de BT de servicios auxiliares que ingresa a la instalación fotovoltaica (estructura).

Para reducir los componentes RW por impacto directo y RZ por impacto cercano a los servicios:

Deben ser protegidos todos los conductores que ingresen o egresen de los módulos fotovoltaicos además de los de energía en CC de salida o CA de entradas de servicios, o algún vínculo galvánico de señal de posicionamiento y control de los paneles. La alimentación subterránea ayuda a reducir los efectos para descargas directas o cercanas, se pueden anular usando cañerías metálicas o con cables blindados, para distancias mayores a 50 m (IEC 62548, 2016:38). Si el riesgo tolerable no disminuye lo suficiente, se deberá adoptar un SPCR externo y su eficacia será de mayor a menor según el nivel de protección contra rayos elegido sea de I a IV. Comenzando la evaluación con el nivel IV y aumentando el nivel, si la reducción no es suficiente. Si el SPCR es aislado a la estructura a proteger, será menor que si no lo es, siendo preferible el primer caso, pues los DPS serán menos solicitados en corriente de impulsos. Es de destacar que independientemente a si se realiza la protección externa, se deben colocar los DPS a todos los inversores y servicios (IEC 62548, 2016:38, 52).

En las PF se tienen distintas configuraciones de módulos interconectados que funciona como una unidad generadora. En donde se emplean múltiples bloques de módulos fotovoltaicos y de equipos de conversión de energía (CE) (IEC TS 62738, 2018:13), (IEC 62548, 2016:17). Por lo tanto, en una PF, se deberán analizar e identificar las estructuras y servicios del parque y calcular para cada uno de ellos el riesgo tolerable de forma independiente, para poder definir las distintas protecciones a conseguir. Básicamente se tendrá como estructuras a analizar: a los paneles fotovoltaicos o unidad generadora de electricidad; a las cajas o cuadros de combinación de CC; a las cajas o cuadros de servicios eléctricos para movimiento de los paneles, control y comunicaciones; a los inversores que son alimentados por varios grupos de los conjuntos fotovoltaicos anteriores y generalmente incluye la estación transformadora de BT a MT; a la Sala de control, mantenimiento y almacenes y a la Estación transformadora de MT a AT, generalmente protegida por la distribuidora. Para cada una de las estructuras definidas se deberá evaluar las condiciones particulares y determinar el RT, en algunos casos pueden considerarse bloques individuales como el conjunto de paneles, las cajas de combinación en CC y cuadros de servicios eléctricos y comunicación, los inversores, la estación elevadora de BT/MT y luego la sala de control. Como se puede observar hay múltiples opciones y dependen de la topología adoptada, en otros casos se puede considerar un solo bloque al conjunto de paneles, cajas de combinación en CC y cuadros de servicios eléctricos y comunicación si se encuentran “protegidos” por la propia estructura soporte de los paneles o por la protección externa si hubiere con un cierto NPR.

Aspectos a analizar en las PF

El tamaño a evaluar para los paneles solares, considerando estos como una estructura a proteger, no es la superficie total de la PF. Dependerá de las distintas configuraciones de los conjuntos de módulos fotovoltaicos interconectados, que tienen una conexión galvánica de soporte mecánico y eléctrico en serie y/o en paralelo y que alimenta a un equipo de CE. La conexión es un servicio para la estructura, puede haber otros servicios como movilidad de los paneles, entre otros. Definida la estructura a evaluar, puede calcularse el área colectora que dependerá de las dimensiones de cada conjunto definido anteriormente y la altura de los paneles. Luego hay que evaluar otros aspectos de la estructura como el riesgo de incendio y daños físicos, que es muy bajo como se dijo anteriormente; la eficacia de apantallamiento del entorno de la PF, que generalmente está en zonas rurales, con bajo apantallamiento por árboles y estructuras edilicias, lo que la hace propensa a recibir impactos directos; el tipo de cableado entre los paneles y las cajas de conexión, generalmente sin apantallar, que si recibe un impacto directo o cercano es problemático debido a la corriente del LEMP. Si se analiza el cableado interno de los módulos de los inversores, que se encuentra con el transformador de BT/MT, dependerá de si el contenedor de toda la estructura es metálico o de mampostería y a su vez si se encuentra en el mismo ambiente que el conjunto de módulos de los inversores. Se debe examinar las influencias ambientales de la estructura a proteger, la situación respecto a los alrededores, no todas las cadenas de paneles se comportan de la misma forma, si existen desniveles en el terreno, las cadenas que estén en las lomas tendrán mayor riesgo de recibir una descarga que otras. De igual manera sucede con los inversores. Si la estructura es aislada o no, el factor ambiental, urbano o rural; el n° de días de tormenta de la zona (días tormenta/año o la densidad anual equivalente de rayos por km². Cuando se analizan los inversores, estos suelen tener varias entradas de CC de las distintas cadenas de paneles que lo alimentan, de servicios auxiliares de alimentación que ingresan y egresan, de control de los paneles y comunicaciones, también de medición de las condiciones atmosféricas. Generalmente un mismo inversor es alimentado por distintas cadenas de paneles fotovoltaicos y un conjunto de inversores formando una unidad de CE, alimenta a una barra de BT común a un transformador de BT/MT en una misma estructura metálica o de mampostería como un único conjunto o estar separados. En la IEC 61643-32 junto con la IEC 61643-12 se dan los distintos criterios y requerimientos en instalaciones fotovoltaicas, que deben ser adaptados a las configuraciones de los conjuntos de paneles fotovoltaicos, Inversores y transformador elevador, sala de control, etc., según la disposición adoptada para cada caso y las características de los DPS que se pueden utilizar cuando no hay una protección externa con un determinado NPR o cuando existe dicha protección. Para el primer caso todos los DPS pueden ser de tipo 2, con una I nominal y una I máxima, que se refiere a corrientes con forma de onda 8/20 μ s entre sus características, para el segundo caso, en cambio, si se le realiza una protección externa con algún NPR, que cumpla con las distancias de separación "S", para considerarlo aislado al elemento a proteger, pero la diferencia ahora, es que se los debe seleccionar por una I impulsiva y una I total que se refiere a corrientes con forma de onda 10/350 μ s o 8/20 μ s que manejan más energía, por lo que tiene que ser tipo 1 (IEC 61643-32,2017:22). Estos se colocan en el borde o frontera, de la estructura considerada, el resto pueden ser de Clase II. Existen distintas combinaciones según como este compuesta la salida del inversor y la alimentación de BT a la SET, y si comparten la estructura contenedora o no, por lo que se debe analizar cada caso particular. Las corrientes mínimas de los DPS para colocar en el lado de CC están definidas en IEC 60364-7-712 y IEC 61643-32. Los valores mínimos de los DPS son para tipo 2 una corriente nominal de 5 kA con forma de onda 8/20 μ s; un valor de impulso de corriente para tipo 1 de 12,5 kA para NPR III y IV por modo de protección. En estas referencias se aconseja seleccionar la corriente impulsiva por simulación, para determinar correctamente el valor.

Conclusiones

Se ha mostrado la metodología a seguir para la aplicación de la norma IEC 62305-2 a una PF de gran envergadura. Se dan los criterios para evaluar la misma, para determinar si se tiene la necesidad de instalación de una protección contra rayos, en base a los distintos componentes involucrados, si bien en la (IEC 61643-32, 2017:32) se indica que generalmente un NPR III es suficiente para plantas solares a nivel, no es lo que se observa que tengan implementadas en la mayoría de las plantas solares en nuestro país. Varias plantas ya han tenido problemas por no tener protección externa o por la mala implementación de tal protección después de la puesta en marcha o debido a una inadecuada equipotencialización de los sistemas de servicios que convergen a los

inversores. Por otro lado, se da una guía de las normativas a utilizar para el desarrollo, durante la fase de detalle de diseño, de los distintos elementos que componen una planta solar y de las condiciones que se deberían valorar, para minimizar los efectos del rayo en los servicios que alimentan los paneles, los inversores y el sistema de acometida en CA. Se dan las características mínimas que debieran tener los DPS en el lado de CC y CA, dependiendo de la configuración adoptada.

Referencias

- IEC 60364-7-712, Edition 2.0 2017-04, Low voltage electrical installations – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems,
- IEC 61643 - 12, Edition 3.0 2020-05, Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Selection and application principles,
- IEC 61643 - 32, Edition 1.0 2017-09, Low-voltage surge protective devices – Part 32: Surge protective devices connected to the d.c. side of photovoltaic installations – Selection and application principles,
- IEC 62305-1, Edition 2.0, 2010-12, Protection against lightning – Part 1: General principles,
- IEC 62305-2, Edit. 2.0, 2010-12, Protection against lightning – Part 2: Risk management,
- IEC 62305-3, Edition 2.0 2010-12, Protection against lightning–Part 3: Physical damage to structures and life hazard,
- IEC 62305-4, Edition 2.0 2010-12, Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures,
- IEC 62548, Edition 1.0 2016-09, Photovoltaic (PV) arrays – Design requirements,
- IEC TS 62738, Edition 1.0 2018-08, Ground-mounted photovoltaic power plants – Design guidelines and recommendations,
- IEC 62793- Ed. 1.0 2016-05, Protection against lightning-Thunderstorm warning systems,
- G.L. Amicucci, F. Fiamingo and T. Kisielewicz, “Risk assessment of photovoltaic installations, due to lightning, according to IEC 62305 - 2nd Edition”, IEEE 2012 International Conference on Lightning Protection (ICLP) - Vienna, Austria,

Protección interna contra sobretensiones por rayos en granjas fotovoltaicas

Internal lightning surge protection in photovoltaic farms

Germán Zamanillo

Universidad Nacional de Río Cuarto – Argentina
gzamanillo@ing.unrc.edu.ar

Edgardo Florena

Universidad Nacional de Río Cuarto – Argentina
eflorena@ing.unrc.edu.ar

Leonardo Sanchez

Universidad Nacional de Río Cuarto – Argentina
dsanchez@ing.unrc.edu.ar

Gabriel Campetelli

Universidad Nacional de Río Cuarto – Argentina
gcampetelli@ing.unrc.edu.ar

Juan C. Gómez

Universidad Nacional de Río Cuarto – Argentina
jcgomez@ing.unrc.edu.ar

Martin Mittino

Universidad Nacional de Río Cuarto – Argentina
mmittino@ing.unrc.edu.ar

Instituto de Protecciones de Sistemas Eléctricos de Potencia, Argentina, gzamanillo@ing.unrc.edu.ar

Resumen

La protección interna contra rayos de granjas fotovoltaicas se realiza con dispositivos de protección contra rayos y sobretensiones, que protegen internamente a los elementos de la granja. Su selección y características se debe realizar según la configuración de las mismas, de la existencia o no de protecciones aéreas externas contra los rayos, junto a la compensación de potencial del sistema de tierra. Las sobretensiones al equipamiento se deben a impactos de los rayos, directos sobre los captadores aéreos externos, a los servicios o cercanos al sistema fotovoltaico. En este trabajo se explicará la selección de corrientes mínimas de los dispositivos de protección contra rayos con base en los requerimientos de las normas que componen este tipo de instalaciones con o sin protección externa.

Palabras clave: Descargadores de sobretensión, Sistemas fotovoltaicos, Protección interna contra sobretensiones.

Abstract

The internal lightning protection of photovoltaic farms is carried out with lightning and surge protection devices, which internally protect the elements of the farm. Their selection and characteristics must be made according to their configuration, the existence or not of external aerial protections against lightning, together with the potential compensation of the ground system. Overvoltages to equipment are due to lightning strikes, direct on external aerial collectors, on services or close to the photovoltaic system. This work will explain the selection of minimum currents for lightning protection devices based on the requirements of the standards that make up this type of installations with or without external protection.

Keywords: DPS, Photovoltaic systems, Internal surge protection.

Introducción

Las granjas fotovoltaicas son propensas a experimentar las consecuencias de las descargas atmosféricas, debido a sus extensas superficies (Yaowu Wang et al., 2020:1), ya sea por impactos directos o cercanos de los rayos. Éstas, están inherentemente expuestas a sobretensiones atmosféricas, que pueden dañar partes críticas del equipamiento, resultando en interrupciones del suministro de energía, fallas prolongadas de componentes vitales de los sistemas (Damianaki et al., 2021:3). Por lo tanto, la protección contra sobretensiones producidas por los fenómenos atmosféricos se ha convertido en un tema decisivo para el funcionamiento seguro y confiable de los sistemas de generación fotovoltaica. Si bien, como indica la norma (IEC TS 62738, 2018:24), es común que las plantas fotovoltaicas (PF) tomen medidas moderadas para proteger el equipamiento contra los efectos de los rayos. El alcance de la protección necesaria depende en gran medida del nivel de actividad de los rayos en el sitio del proyecto. El riesgo se debe evaluar durante la fase del detalle del diseño, utilizando la norma IEC 62305-2. En los casos en que la actividad de descargas atmosféricas sea muy alta, se pueden justificar medidas que incluyan la instalación de terminales aéreas en el borde o en todo el campo de la matriz fotovoltaica. Un punto fundamental además de la protección contra sobretensiones, es el aterramiento y la conexión equipotencial adecuada de todos los componentes la planta de energía solar.

Aterramiento de plantas de energía solar

En (IEC TS 62738, 2018:24-25) se indica que, para las instalaciones más típicas de PF, las medidas razonables para la protección contra rayos deberían incluir entre otras, una conexión equipotencial de todas las estructuras de las matrices fotovoltaicas, colocación de dispositivos de protección contra rayos y sobretensiones (DPS) instalados en las entradas y salidas de las conexiones de CC y CA de los alimentadores de los inversores, se recomienda también el empleo de DPS instalados en las cajas de conexiones de las cadenas de paneles, protección contra sobretensiones de MT en subestaciones y puntos de terminación de los alimentadores, DPS para el cableado y equipos de comunicación de la matriz de paneles fotovoltaicos. La colocación de DPS en las cajas de conexión e inversores, se suministran comúnmente como opciones disponibles comercialmente y en lo que se corresponde a MT, se refiere a los dispositivos estándar de protección contra sobretensiones disponibles en ese nivel. Esta referencia también aconseja realizar las conexiones equipotenciales entre todos los componentes del campo de matriz fotovoltaica, dando un ejemplo de malla efectiva o anillo de 20 m por 20 m como recomendación y que es necesario realizar un estudio de resistividad del terreno en el área de instalación de la PF, para determinar el tamaño de la misma. Si bien no es muy clara la redacción, la referencia da una idea del tamaño del entrecruzamiento de los cables de tierra enterrados y conectados a los componentes de la PF de gran envergadura, como los marcos metálicos soporte de los paneles fotovoltaicos, los que deben poseer continuidad entre todos los componentes, para garantizar la conexión a la tierra más cercana. Esto debería incluir los gabinetes metálicos de las cajas de conexiones y el conector de tierra interno de los DPS, también deben estar unidos a los bastidores o los cables subterráneos con malla, que continúan

en las zanjas para unirse a los anillos de tierra y terminales de puesta a tierra (PAT) de las plataformas del inversor. En referencia a la instalación, disposiciones de PAT, conductores de protección PE, materiales, tipos de aislamiento, identificación, protecciones, etc., deben cumplir con las disposiciones especificadas en (IEC 60364-7-712, 2017) que aplica a la instalación eléctrica de sistemas fotovoltaicos. En (IEC 62305-3, 2010:24), se definen los sistemas de PAT para la dispersión de corrientes del rayo en el suelo, logrando minimizar las sobretensiones potencialmente peligrosas, definiendo las formas y las dimensiones del sistema de PAT. Si bien en general, se recomienda una resistencia de PAT baja (si es posible inferior a 10Ω), desde el punto de vista de la protección contra rayos, la referencia indica que es preferible un sistema de PAT de estructura única y adecuada para todos los propósitos, es decir, protección contra rayos, sistemas de energía, telecomunicaciones y control. La misma norma define dos tipos básicos de disposición de electrodos de tierra, tipo A y tipo B. El tipo A, comprende electrodos de tierra horizontales o verticales, instalados fuera de la estructura a proteger, conectados a cada conductor de bajada o electrodos de tierra de cimentación que no forman un circuito cerrado y el número total de electrodos de tierra no debe ser inferior a dos en cada caso. El tipo B, comprende de un anillo conductor externo a la estructura a proteger, en contacto con el suelo durante al menos el 80% de su longitud total, o bien un electrodo de tierra de cimentación que forma un bucle cerrado. Dichos electrodos de tierra también pueden estar mallados. Esta disposición tipo B es la que recomienda (IEC TS 62738, 2018: 25) para un campo fotovoltaico en donde muestra un mallado con una separación entre nodos de aproximadamente 20 m x 20 m. Por supuesto que esto se debe adecuar a las filas y columnas de las cadenas de paneles fotovoltaicos. En (Charalambous et al., 2014:429) se puede ver la aplicación de ambas disposiciones, y si bien lo indica, pero no explica la razón, sobre que el tamaño del mallado, puede ser mayor, por ejemplo, al doble (40 m x 40 m), si se lo combina con la disposición tipo A, esto es útil cuando la resistividad del terreno disminuye con la profundidad, pero la equipotencialización de todos los componentes del sistema PF es lo más importante. El mallado no se lo debe realizar por cuestiones de seguridad contra el choque eléctrico, como se lo hace en una ET, con una verificación de las tensiones de paso y de contacto. En estas plantas de energía solar solo puede haber personal calificado de mantenimiento que tiene los elementos de seguridad adecuados, permanecen muy poco tiempo (Amicucci et al., 2012:2) en las zonas de los paneles, inversores y estaciones elevadoras de BT/MT. Para ver el tema de la protección contra choques eléctricos, debidos a los efectos de fallas de aislamiento en PF, se debe usar la norma (IEC 62548, 2016). Una vez definida la equipotencialización de los componentes del sistema fotovoltaico se debe analizar la protección contra sobretensiones de los componentes de la planta de energía solar.

Determinación de los elementos de protección interna a sobretensiones

Para determinar las características de las protecciones internas a sobretensiones de los distintos componentes de una planta de energía solar, lo primero que se debe realizar es una evaluación durante la fase del detalle de diseño de la misma, utilizando la norma IEC 62305-2 (IEC TS 62738, 2018:24), (IEC 60364-7-712, 2017:29), (IEC 62548, 2016:38), (IEC 61643-32, 2017:19) y (Damianaki et al., 2021:3).

Si bien la eficacia de la protección se relaciona con el nivel cerámico de la zona de emplazamiento del proyecto, la aplicación de la norma nos proporciona, el método de evaluación de riesgos para seleccionar la combinación óptima de las distintas medidas de protección externas e internas a realizar. Para esto en (IEC 62305-1, 2010:21) se define los niveles de protección contra rayos (NPR), esto es un número relacionado con un conjunto de valores de parámetros de corriente del rayo relevantes para la probabilidad de que los valores de diseño máximos y mínimos asociados no se excedan en las descargas de rayos naturales. El NPR se utiliza para diseñar las medidas de protección externas e internas de acuerdo con el conjunto relevante de parámetros de corriente del rayo. Se dividen en cuatro niveles, de I a IV. El NPR I es el más severo (la probabilidad de ocurrencia de un rayo con parámetros de corriente mínima o máxima fuera del rango de valores definidos por (IEC 62305-1, 2010:22-23) para NPR I es menor al 2%), obteniendo un nivel de protección alto, siendo el IV el menos severo, pero obteniendo un nivel de protección bajo. En (IEC 61643-32, 2017:32) se indica que generalmente un NPR III es suficiente para plantas solares a nivel, pero la determinación para saber si es necesario realizar la protección externa contra rayos, surge de evaluar el riesgo de impacto de rayo y con esto poder seleccionar la combinación óptima de medidas de protección. Si se debe realizar esta protección externa, la misma puede ser aislada a las estructuras a proteger o no aislada, el diseño y la instalación se debe realizar de acuerdo a (IEC 62305-3, 2010:15-24).

Las características propias de las protecciones internas a sobretensiones de los distintos componentes de una planta de energía solar por DPS, dependerá si existe la protección externa contra rayos y si esta es aislada o no aislada a la estructura entre otras cuestiones, si el estudio determina que la debe tener y con cual NPR, esto condiciona las características de los DPS, si determina que no hace falta, también determina a los mismos, pero de otra forma. En (IEC 61643-32, 2017:19) se indica claramente que la instalación de DPS en el lado de CC y CA de una instalación fotovoltaica es obligatoria a menos que una evaluación de riesgos indique lo contrario, en donde, para grandes instalaciones de PF, se aplica la IEC 62305-2. Estas protecciones se deben hacer con DPS de distintos niveles de tensión de alimentación y valores de corrientes de rayo, que protejan para BT del lado de CA y CC, servicios auxiliares, de comunicación y control. Para elegir los DPS es necesario aplicar las normas (61643-12, 2008:40-55) y (IEC 61643-32, 2017:19-27) para la selección e instalación de DPS en las instalaciones de PF, en donde se indican procedimientos o esquemas para la selección y ubicación de los mismos. Cuando se instalan SPD para proteger los componentes de la PF, esto incluye también proteger cualquier circuito de telecomunicaciones y señalización que forme parte del sistema PF. En (IEC 61643-32, 2017:19) se indica las normas IEC que deben cumplir los DPS para la selección e instalación adicionales a los ya nombrados.

Entre otros aspectos, lo que caracteriza a un DPS, es su tensión de operación permanente U_c , la cual nunca debe ser superada en el lugar de colocación del mismo, su tensión residual resultante U_p , la cual debe ser menor al nivel básico de aislación de los equipos a proteger. Además, debe coordinar con los DPS incorporados en los propios equipamientos y con el resto de los DPS coordinados escalonadamente aguas abajo de la instalación de la PF. Con esto se puede obtener un adecuado margen de protección, en donde se debe comparar el nivel de tensión U_p resultante de los DPS con lo que soportan los equipos a ser protegidos y el valor debe ser mayor o igual al 20% (IEC 61643-32, 2017:20), en esta última referencia, también se informa los valores mínimos de nivel básico de aislación U_w (denominada como tensión de impulso nominal y es un valor de la tensión soportada al impulso, que caracteriza la capacidad específica de soportar el aislamiento, frente a sobretensiones transitorias) que deberían tener los distintos componentes del sistema de la PF, en función de la tensión nominal, si no se posee la información disponible. Una cuestión a tener en cuenta en el lado de DC, es que el valor de U_c del DPS, en todos los modos de protección, debe ser mayor al valor de la tensión del panel fotovoltaico, que es cuando está en vacío y con máxima radiación.

Otra característica de los DPS, es la clase, que puede ser I, II, III; la corriente de descarga impulsiva I_{imp} y la corriente de descarga total I_{Total} para clase I, con transferencia de carga Q y energía específica W/R y forma de onda de corriente 10/350 μs y 8/20 μs ; la corriente de descarga nominal I_n e I_{max} para clase II que tiene una forma de onda de corriente de descarga de impulso de 8/20 μs y por último, la I_n con forma de onda combinada, de tensión 1,2/50 μs y de corriente 8/20 μs para clase III.

Los DPS clase I están destinados a conducir los impulsos de corriente de rayo parciales, conducidos por los sistemas captadores externos de protección contra rayos y que son dirigidos a tierra. Los DPS sujetos a las pruebas de clase I generalmente se recomiendan para ubicaciones de alta exposición a sobrecorrientes del rayo, junto con sistemas (externos) de protección contra rayos. Estos DPS se utilizan para la conexión equipotencial entre el NPR y las líneas eléctricas, de comunicación y control (interfaces). La corriente de impulso de prueba de clase I tiene una duración mucho más larga que la duración de prueba de clase II o clase III. Los DPS de clase II y clase III se los utiliza para descargar las sobretensiones inducidas y sobretensiones conducidas por rayos directos a larga distancia y sobretensiones de conmutación o maniobras. Los DPS ensayados según la clase II o III no están diseñados para la conexión equipotencial con un NPR (interfaces). Estos últimos se los utiliza internamente para la protección de los equipos del sistema y deben estar colocados siempre aguas debajo de un DPS de clase I o II respectivamente para coordinar energéticamente con el que está aguas arriba o cercano a la fuente.

Requisitos para diferentes instalaciones fotovoltaicas

En (IEC 61643-32, 2017: 15, 19) se indica en general, que se deben colocar dos juegos de DPS en el lado de CA y dos juegos de DPS en el lado de CC del inversor. Estos son para proteger el cuadro de distribución y el inversor del lado de CA y el inversor y los paneles fotovoltaicos del lado de CC. Cuando no se coloca una protección externa contra el rayo, o sea, no se ha seleccionado ningún NPR, se dan las características de los DPS (clase), disposición de los mismos, bajo que normativas de la IEC deben ser ensayados para cada ubicación específica, criterios de en cuales

casos puede no ser necesario la duplicación de los mismos, para cada lado de los sistemas de CA y CC. Por ejemplo, cerca del cuadro de distribución principal o de los paneles fotovoltaicos respectivamente y solamente colocar en ambos lados del inversor y junto al mismo. Estos casos son para sistemas fotovoltaicos de pequeña envergadura, no para los que se trata este trabajo, ya que las distancias entre los inversores y las cadenas de paneles saben ser muy extensas, no así entre los inversores y los transformadores de tensión elevadores de BT a MT. Además de las distancias también se debe tener en cuenta si la alimentación del lado de CC es blindada (cuando se utiliza los cables de alimentación de CC blindados, las interfaces de los equipos con los cables están inherentemente protegidas contra sobretensiones inducidas), como así también, la configuración del sistema de PAT, la disposición de los conductores PE y la relación entre la tensión residual U_p y la U_w soportada por el equipamiento entre otros aspectos. De la misma forma, si en la instalación hay protección externa de algún NPR y dependiendo de si estas son aisladas a las estructuras o no, se indican, las características, disposición, etc. de los DPS y protecciones contra descargas de rayos (IEC 61643-32, 2017:16-18, 19). Para estos últimos casos comienza la necesidad de colocación de DPS clase I en las distintas interfases de los equipamientos, sobre todo cuando existen distancias apreciables entre ellos.

Los DPS que se pueden utilizar cuando no hay ningún NPR externo, pueden ser todos de clase II, con una I_n y una I_{max} , que se refiere a corrientes con forma de onda 8/20 μs entre sus características y el valor nominal mínimo se indica más abajo en este trabajo. O sea que se pueden colocar todos los DPS de clase II (si bien, la norma admite colocar en el tablero principal de la acometida, uno de clase I). En cambio, si se realiza una protección externa con algún NPR, que cumpla con las distancias de separación, para considerarlo aislado al elemento a proteger (lo cual siempre que se pueda es mejor), pues entonces la corriente del rayo, no circula por la aparamenta metálica de la estructura analizada. En caso contrario si no es aislado, siempre una parte de la corriente del rayo circulará por la propia estructura, pero la diferencia ahora, es que se los debe seleccionar por una I_{imp} y una I_T que se refiere a corrientes con formas de onda 10/350 μs o 8/20 μs , que manejen más energía, por lo que tiene que ser clase I, todos los DPS que se encuentren en la frontera o límite de la zona de protección 1, deben ser ensayado para esa clase, de acuerdo con IEC 62305-4, el resto pueden ser de clase II (IEC 61643-32, 2017:16-18).

La instalación de DPS lo más cerca posible del origen de la instalación reduce las sobrecorrientes que fluyen a través del dispositivo de la instalación aguas abajo (por ejemplo, medidores, terminales, dispositivos de protección, interruptores, etc.). La consideración de la tensión eléctrica involucrada en la sobretensión es un factor clave para elegir el DPS correcto. En caso de sobretensiones por maniobras producidas dentro de la instalación o sobretensiones en otros servicios entrantes como líneas telefónicas, conexiones a Internet o sobretensiones en otros servicios que alimentan otras estructuras, los DPS deben ubicarse lo más cerca posible del origen de dichas amenazas. Cuando hay un NPR externo, se puede encontrar información adicional en la serie de documentos IEC 62305. Los DPS ensayados para las pruebas de clase II y clase III también son adecuados para ubicaciones cercanas al equipo protegido, siempre y cuando sean seleccionados y coordinados energéticamente de forma adecuada entre ellos. Como se indica anteriormente, los DPS clase I se colocan en el borde o frontera de la protección externa, cuando salen o entran los servicios a la estructura considerada, Existen distintas combinaciones según como este compuesta la salida del inversor y la alimentación de BT a la SET elevadora, y si comparten la estructura contenedora o no, por lo que se debe analizar cada caso en particular. Las corrientes mínimas de los DPS para colocar en el lado de CC según (IEC 60364-7-712, 2017:47) y (IEC 61643-32, 2017:19, 22, 31, 34) son las siguientes:

- La mínima corriente nominal I_n para clase II es de 5 kA con forma de onda 8/20 μs por modo de protección;
- El mínimo impulso de corriente I_{imp} para clase I es de 12,5 kA para NPR III y IV por modo de protección. Si bien en estas últimas referencias aconsejan seleccionar la I_{imp} por medio de un cálculo por simulación, para determinar correctamente el valor, en función de las bajadas de los terminales aéreos de protección, recorrido de los conductores PE y valores de puestas a tierra junto con su configuración.

Se deberá tener en cuenta para el lado de CA y CC, que las corrientes seleccionadas de los DPS dependerán de la cantidad de conductores que conduzcan o evacuen una parte de la corriente de la descarga de rayo considerada y esta dependerá del NPR seleccionado, ver tabla N°1. El 50% de la corriente de rayo para un impacto directo a una estructura se considera que drena a tierra y el 50% restante se conduce por los servicios y a mayor cantidad de conductores menor necesidad de corriente por los DPS. Para la selección de los DPS para comunicaciones y señales

se debe ver (IEC 62305-1, 2010), (IEC 62305-3, 2010), (IEC 61643-32, 2017: 18, 32), (IEC 61643-21, 2012) y (IEC 61643-22, 2015).

Corriente máxima correspondiente a NPR (10/350)		Valores de corriente de impulso que deben manejar los DPS por impacto de rayos dependiendo la forma de onda						
		Directo a la estructura		Directo a la estructura	Cerca de la estructura	Directo al servicio		Cerca del servicio
		S1 (10/350 µs)		S1 (8/20 µs)	S2 (8/20 µs)	S3 (10/350 µs)		S4 (8/20 µs)
		Bipolar por conductor	Tetrapolar por conductor	Acoplamiento inductivo	Corriente inducida	Bipolar por conductor	Tetrapolar por conductor	Acoplamiento inductivo
I	200 kA	50 kA	25 kA	10 KA	0,2 kA	20 kA	10 kA	5 kA
II	150 kA	37,5 kA	17,5 kA	7,5 kA	0,15 kA	15 kA	7,5 kA	3,75 kA
III/IV	100 kA	25 kA	12,5 kA	5 kA	0,1 kA	10 kA	5 kA	2,5 kA

Tabla N°1 Valores de corrientes impulsivas que deben manejar los DPS, extracto de IEC 62305-1

La estación transformadora de MT a AT, si bien se debe proteger, en general la misma ya tiene una protección con hilos de guarda y descargadores de sobretensión en los niveles de MT y AT realizadas bajo las normativas y regulaciones de la empresa distribuidora. En las estaciones transformadoras de BT/MT, en el lado de MT a pesar que generalmente se sale por medio de cables subterráneos y con ellos se llega a la SET de MT a AT es conveniente la colocación de descargadores de MT de al menos de corriente nominal de 5 kA de distribución servicio normal, si la MT sale mediante cables subterráneos a una línea aérea troncal recolectora se deberá evaluar en base a la cantidad de SET de BT/MT que existan en las cercanías, si se pueden colocar los mismos que en el caso anterior o si la densidad cerámica es alta y son pocas las SET se recomienda la colocación de descargadores tipo distribución servicio pesado de In 10 kA. En el lado de BT de la SET, dependerá si la misma es compacta (en un mismo ambiente) como se explicó anteriormente o si está separada de los inversores. En el primer caso se pueden colocar clase II, en el segundo, clase I, pero se deben analizar cada caso y configuración particular.

Conclusiones

La protección interna contra rayos de granjas fotovoltaicas con DPS para minimizar daños en los equipos que la componen, depende de la configuración propias del sistema y de la existencia o no de protecciones aéreas externas contra el rayo. La configuración de compensación de potencial del sistema de tierra es también importante. Las sobretensiones sobre el equipamiento del sistema fotovoltaico debidas al impacto directo de los rayos sobre las protecciones externas o por impactos cercanos al sistema fotovoltaico, condiciona las características de los DPS para ser utilizados en la protección interna de una PF de gran envergadura. En este trabajo se explica la selección de los descargadores con base a los requerimientos de las normas utilizadas para este tipo de instalaciones. Mostrado las diferencias entre los DPS y las normativas a utilizar para su selección, ubicación y demás características en el lado de CC y AC del sistema de potencia, como también de comunicación y control. Se indican características de corrientes impulsivas de los DPS para proteger los distintos elementos que componen una planta solar y las condiciones que se deberían tener en cuenta, para minimizar los efectos del rayo en los servicios que alimentan los paneles, los inversores y el sistema de acometida en CA en los niveles de BT y MT.

Referencias

- G.L. Amicucci, F. Fiamingo and T. Kisielewicz, "Risk assessment of photovoltaic installations, due to lightning, according to IEC 62305 - 2nd Edition", IEEE 2012 International Conference on Lightning Protection (ICLP) - Vienna, Austria.
- Charalambos A. Charalambous, Nikolaos D. Kokkinos, and Nikolas Christofides. External Lightning Protection and Grounding in Large-Scale Photovoltaic Applications. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, VOL. 56, NO. 2, APRIL 2014.

- Damianaki, K., Christodoulou, C., Kokalis, C.-C., Kyritsis, A., Ellinas, E., Vita, V., & Gonos, I. (2020). Lightning Protection of Photovoltaic Systems: Computation of the Developed Potentials. *Applied Sciences*, 2021, 11(1), 337. doi:10.3390/app11010337.
- IEC 60364-7-712, Edition 2.0 2017-04, Low voltage electrical installations – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems.
- IEC 61643-12, Edition 2.0 2008-11, Low-voltage surge protective devices – Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Selection and application principles.
- IEC 61643-21, Edition 1.2 2012-07, Low voltage surge protective devices – Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Performance requirements and testing methods.
- IEC 61643-22, Edition 2.0 2015-06, Low-voltage surge protective devices – Part 22: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Selection and application principles.
- IEC 61643 - 32, Edition 1.0 2017-09, Low-voltage surge protective devices – Part 32: Surge protective devices connected to the d.c. side of photovoltaic installations – Selection and application principles.
- IEC 62305-1, Edition 2.0, 2010-12, Protection against lightning – Part 1: General principles.
- IEC 62305-2, Edition 2.0, 2010-12, Protection against lightning – Part 2: Risk management.
- IEC 62305-3, Edition 2.0 2010-12, Protection against lightning –Part 3: Physical damage to structures and life hazard.
- IEC 62548, Edition 1.0 2016-09, Photovoltaic (PV) arrays – Design requirements.
- IEC TS 62738, Edition 1.0 2018-08, Ground-mounted photovoltaic power plants – Design guidelines and recommendations.
- Yaowu Wang, Xiaoqing Zhang, and Shiqi Tao. Numerical method for lightning transient analysis of photovoltaic bracket systems. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*. Volume 12, Issue 3. 2020.

Simulación y Análisis del Arranque de Motores Asíncronos en el Hospital Central Reconquista

Simulation and Analysis of Asynchronous Motors Start-Up at the Hospital Central Reconquista

Cabas, Franco Matías

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Reconquista - Argentina
francocabas@gmail.com

Passarino, Pablo Matías

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Reconquista - Argentina
passarinopablo@gmail.com

Saucedo, Nicolás Martín

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Reconquista - Argentina
nmsaucedo@yahoo.com

Suligoy, Juan Pablo

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Reconquista - Argentina
jpsuligoy.rqta@gmail.com

Resumen

El impacto que genera el arranque de grandes motores asíncronos, sobre los sistemas eléctricos de potencia, es una de las principales características que se tienen en cuenta al momento de elegir y dimensionar los sistemas de arranque de dichos motores. Una vez implementado un método de arranque, el sistema eléctrico de potencia al cuál está conectado, sufrirá consecuencias o gozará de un correcto funcionamiento, en función de que la elección del método, haya sido correcta o no.

Es en este sentido, que el presente trabajo se orienta a analizar, mediante simulación, el impacto que genera el arranque de los motores de gran potencia, sobre el sistema eléctrico de baja tensión del Hospital Central de Reconquista. A través de la simulación y del posterior análisis, se extraerán conclusiones que podrían orientar al personal técnico de dicho nosocomio, en la ejecución de cambios sobre los sistemas de arranque existentes.

Palabras clave:

Motor Asíncrono – Simulación – Arranque de motores – Sistemas Eléctricos de Potencia

Abstract

The impact generated by starting large asynchronous motors on electrical power systems is one of the main characteristics taken into account when choosing and sizing the starting systems for these motors. Once a starting

method has been implemented, the electrical power system to which it is connected will suffer consequences or will have a correct operation, depending on whether the choice of method has been correct or not.

It is in this sense, that the present work is aimed at analyzing, through simulation, the impact generated by the starting of high-power motors on the low-voltage electrical system of the Hospital Central de Reconquista. Through the simulation and subsequent analysis, conclusions will be drawn that could guide the technical staff of said hospital, in the execution of changes on the existing starting systems.

Keywords:

Asynchronous Motor - Simulation - Starting of electric motors - Electrical power systems

Introducción

El Hospital Central de Reconquista es la institución de salud pública más importante del norte de la Provincia de Santa Fe. Hacia finales del año 2019, dicha institución se mudó a un nuevo y moderno edificio, el cuál se encuentra equipado con equipos de vanguardia, tanto biomédicos como de infraestructura.

Dentro de la infraestructura edilicia, resulta menester destacar que el nosocomio cuenta con equipos de climatización centralizada, los cuales poseen motores eléctricos asincrónicos de gran potencia. En el momento de arranque y/o parada de estos equipos, se generan transitorios que afectan al resto de las instalaciones, con especial énfasis en las biomédicas, que son hipersensibles al ruido en la red. Debido a esta problemática, se ha llevado a cabo un relevamiento de las instalaciones, para luego realizar el modelado del SEP, y ver si el impacto de los arranques y paradas de los grandes motores, hacen que los parámetros del sistema tomen valores que superan los márgenes estipulados por la normativa vigente. En función de los resultados obtenidos, se realizan sugerencias sobre posibles modificaciones a dicho sistema.

Desarrollo

A los efectos de analizar el impacto que genera el arranque de los motores en el sistema eléctrico de potencia del Hospital Central de Reconquista, se han considerado solamente aquellos motores cuya potencia nominal es superior a los 15kW. En ese sentido, los motores eléctricos de mayor potencia pertenecen a los chillers del sistema de climatización: Me-1 y Me-2. En la figura 1 se muestra la placa característica del chiller Me-1, siendo el chiller Me-2 exactamente igual.

Model	UAY310.2FST4	Power Supply	380-400V/3N-/50Hz
Nominal Cooling Capacity	1033kw	Refrigerant	R407C
Nominal Power Input (Cooling)	362kw	Refrigerant Charge	105kg/105kg
COP(Cooling)	2,85	Refrigeration Oil	MLE02
Nominal Heating Capacity	1084kw	Refrigerant Oil Charge	16L/16L
Nominal Power Input (Heating)	378kw	Unit Weight	7950kg
COP (Heating)	2,87	Dimension (WxDxH)	2260x9045x2330mm
Serial Nº	25G74000002/nºS08024362857	Date	20/1/2018

Figura 1 – Placa característica Chiller Me-1

A su vez, en la figura 2 se muestra el mímico extraído del sistema BMS (Building Management System) de climatización del nosocomio, donde se puede apreciar cómo se vincula el chiller Me-1 con las bombas, y como es el sistema de backup de éstas. Bajo estas características funcionales se llevaron a cabo los modelados y el análisis.

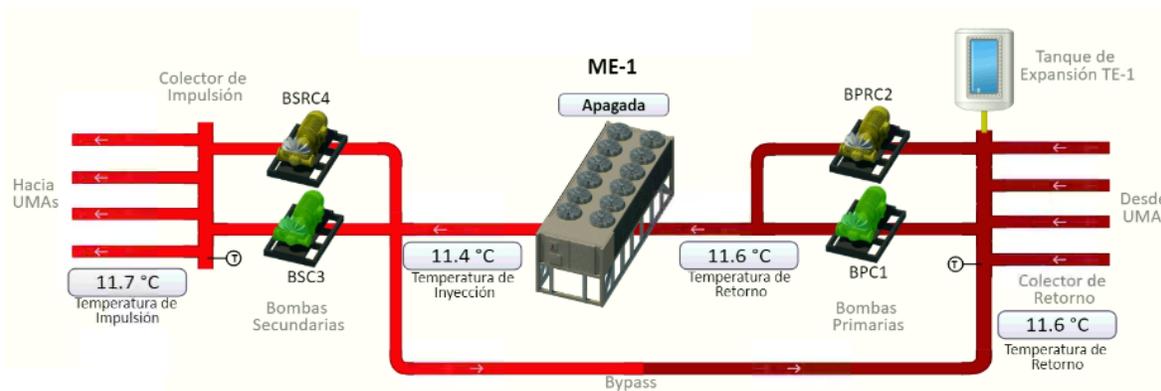


Figura 2 – Sistema de Climatización Crítico

Para realizar las simulaciones, en una primera instancia resulta necesario modelar las cargas en el software de simulación. Para el caso de los motores asíncronos, hubo que definir las siguientes características: tipo de alimentación (trifásica), tipo de uso (continuo), nivel de tensión de alimentación (380V), potencia en kW, factor de potencia, frecuencia y número de polos. Luego de ello, se debe definir un circuito equivalente (modelo eléctrico del motor), para simular el arranque dinámico del mismo. Para este análisis se adoptó el esquema eléctrico simplificado. A posteriori, se definió el momento de inercia del motor. Para ello se ha recurrido a valores típicos, tabulados en función de la potencia de los motores y del tipo de carga asociada. Por último, se definió el tipo de arranque empleado.

En la instalación objeto de análisis, existen arranques directos, arranques mediante el sistema estrella-triángulo y arrancadores suaves. Para este caso, se debe definir una rampa de arranque, como la que se aprecia en la figura 3.

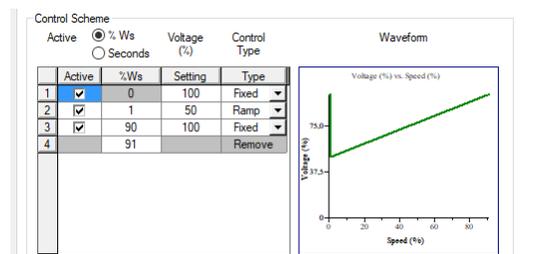


Figura 3 – Modelado Típico de un Arranque Suave para un Motor Asíncrono

Siguiendo el proceso antes descrito para cada uno de los motores mayores a 15kW con que cuenta el nosocomio, y modelando el resto de las cargas como fijas, se procedió a realizar el análisis de los flujos de potencia en condición normal.

En ese sentido se ha llevado a cabo la simulación de la parada y el arranque de grandes cargas (motores de chillers y/o bombas), analizando el impacto que éstos generan sobre la red de baja tensión.

Para la simulación de los arranques y paradas se ha respetado la siguiente metodología: En el software de simulación, primero se estableció la condición normal de funcionamiento: es decir, de 0 a 1 minuto se ponen en marcha todos los motores y se energizan todas las cargas del sistema. Luego de estabilizada dicha condición normal de funcionamiento, se realiza la apertura del interruptor del chiller crítico (motor Mtr105). Transcurridos 5 minutos, se procede a realizar el apagado de las bombas del sistema de climatización crítico, denominadas Mtr 101 y Mtr 103. Luego de 5 minutos, se arrancan las bombas apagadas, para luego de esperar otros 5 minutos, proceder a arrancar el chiller crítico. Esta secuencia es la que se ha simulado y se visualiza en la figura 4.

Events		Action by Element					
Event ID	Time	Action	Load ID	St Category	Rating	kV	Bus ID
*normal1	0,000	Switch C	TSUTAS B	Design	60,47 kV	0,4 kV	Bus38
*STOPMtr105	120,000	Switch C	TSUTAS E	Design	13,25 kV	0,4 kV	Bus24
*STOPMtr101	420,000	Switch C	TSUTAS E	Design	59,47 kV	0,4 kV	Bus25
*ARRAMtr101	720,000	Switch C	TTA	Design	2,2 kVA	0,4 kV	Bus65
*ARRAMtr105	1020,000	Switch C	iPF01	Design	30 kVA	0,4 kV	Bus66

Figura 4 – Configuración de eventos para simulación de arranques y paradas en el software de simulación.

En la figura 5 se muestran las gráficas de la corriente entregada por el transformador (U1) y el voltaje en la barra general de potencia del TBGBT (Bus 2), para la secuencia antes descrita.

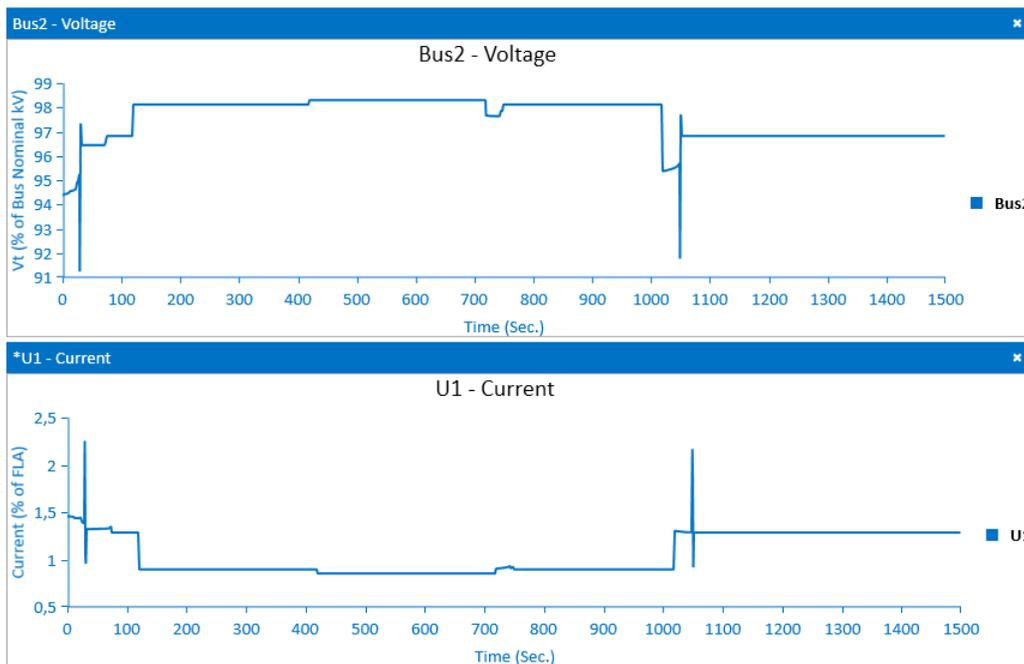


Figura 5 – Corriente en el transformador (U1) – Tensión en barra del TBGBT (Bus2)

Asimismo, en la figura 6 se presenta la curva de corriente para el motor de mayor potencia del sistema (chiller crítico Me-1), obteniéndose los siguientes resultados:

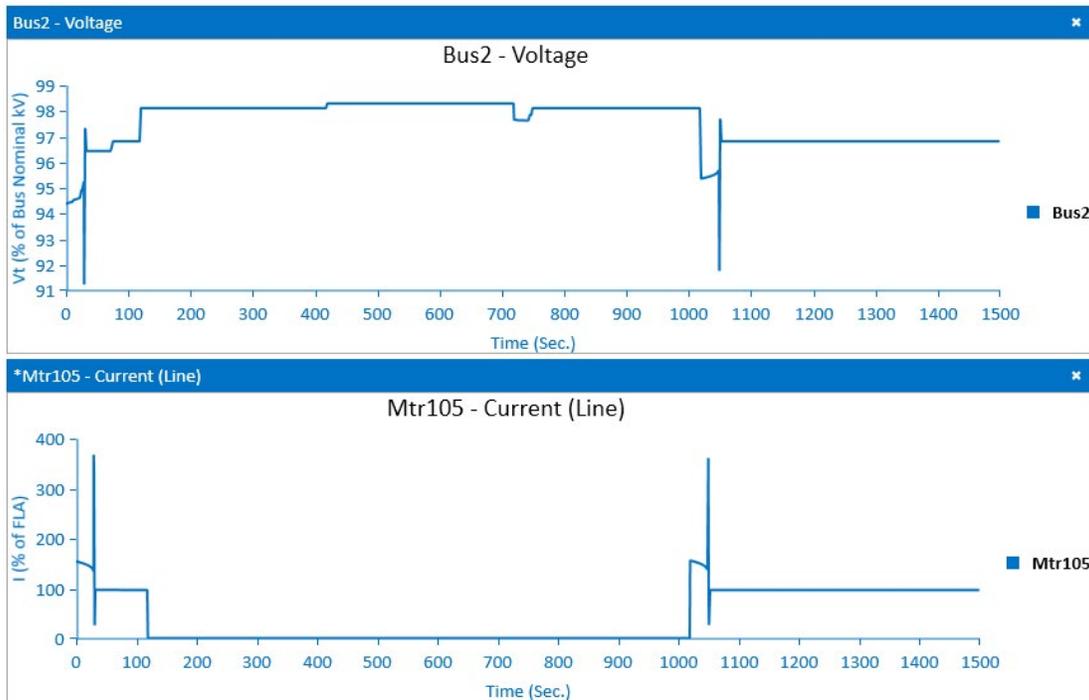


Figura 6 – Corriente en el Chiller (Mtr105) – Tensión en barra del TBGBT (Bus2)

Como se puede apreciar en las gráficas anteriores, en condiciones de régimen normal de carga, al realizar la secuencia de parada y arranque de grandes motores, la caída de tensión en la barra del TBGBT no cumple con las recomendaciones de la normativa vigente (caída de tensión del 5% para equipamiento hospitalario). Por lo tanto, es menester buscar otras alternativas de arranque, para evitar esa caída brusca de tensión, o bien, realizar arranques y paradas de equipos, en otras condiciones de carga (lo cual está limitado por la funcionalidad del hospital).

En función de buscar alternativas tecnológicas para minimizar el impacto del arranque y parada de grandes cargas, se plantea la simulación de distintos métodos tradicionales de arranque de motores: arranque directo y arranque suave, a los efectos de compararlo con el sistema de arranque actual (estrella-triángulo). Se analizan aquí, las curvas de tensión y picos de corriente generados, para cada uno de los casos. A continuación, se ilustrarán las curvas, aclarando el método de arranque para cada caso.

Arranque Estrella-Triángulo (Actual):

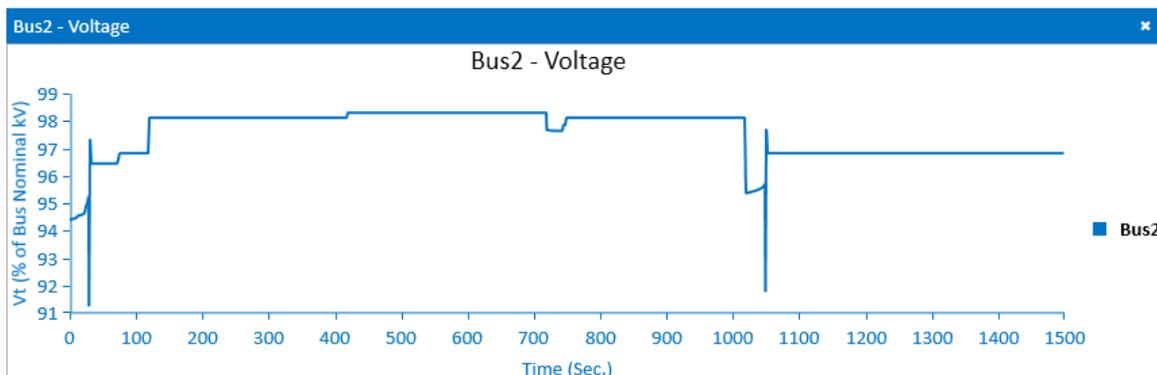


Figura 7 – Tensión en barra del TBGBT (Bus2) – Arranque Estrella - Triángulo

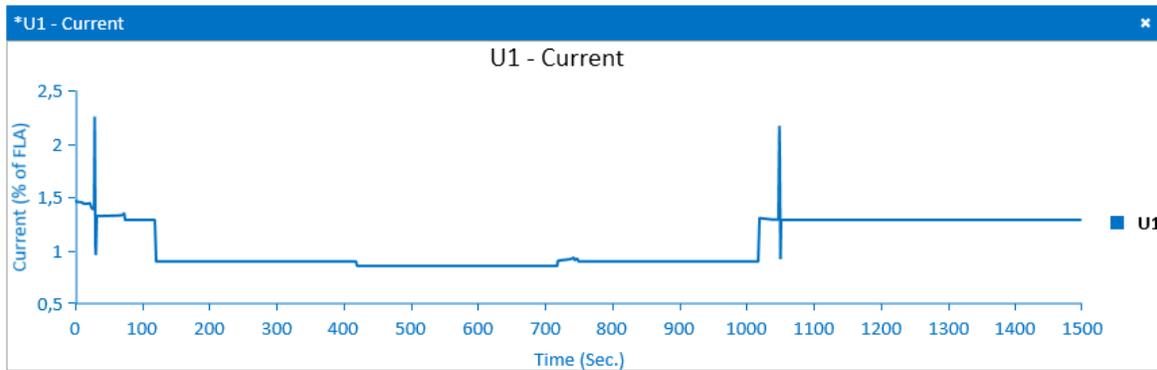


Figura 8 – Corriente en el Trafo (U1) – Arranque Estrella – Triángulo

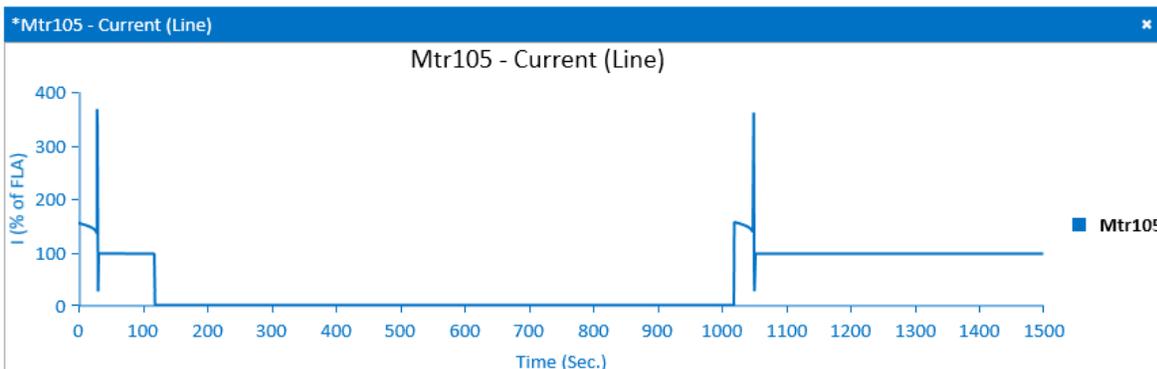


Figura 9 – Corriente en el Chiller (Mtr105) – Arranque Estrella - Triángulo

Arranque directo:

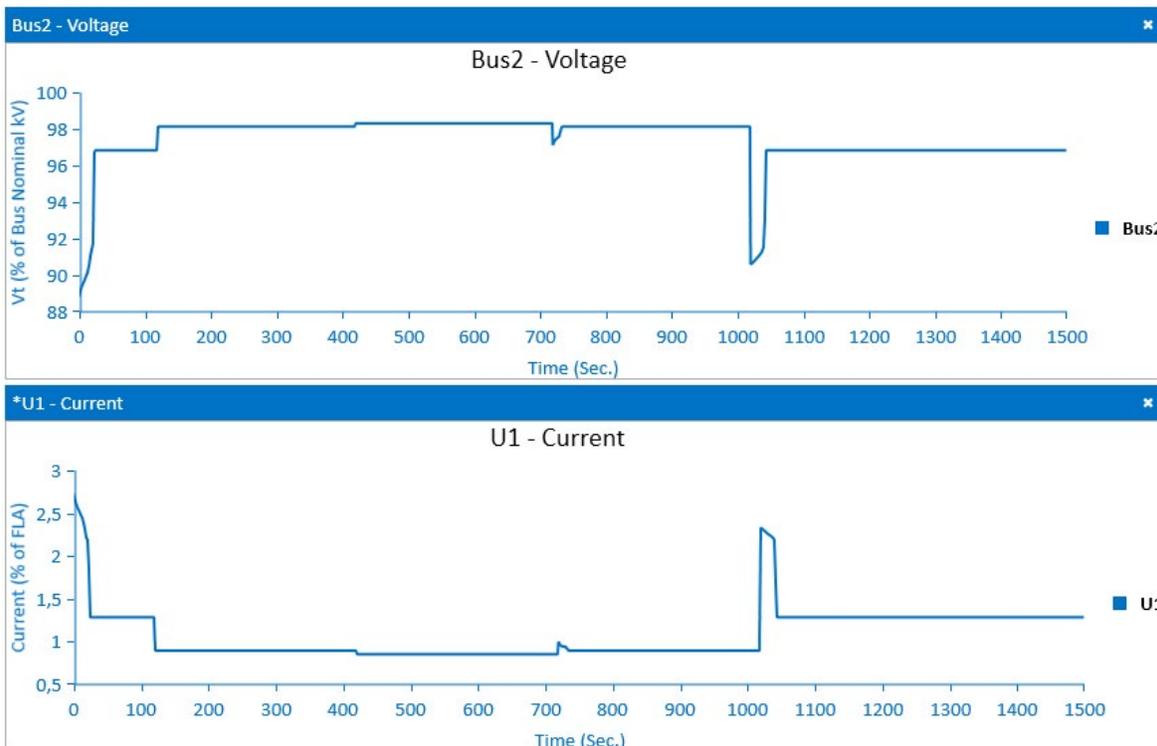


Figura 10 – Corriente en el Trafo (U1) – Tensión en barra del TBGBT (Bus2) – Arranque Directo

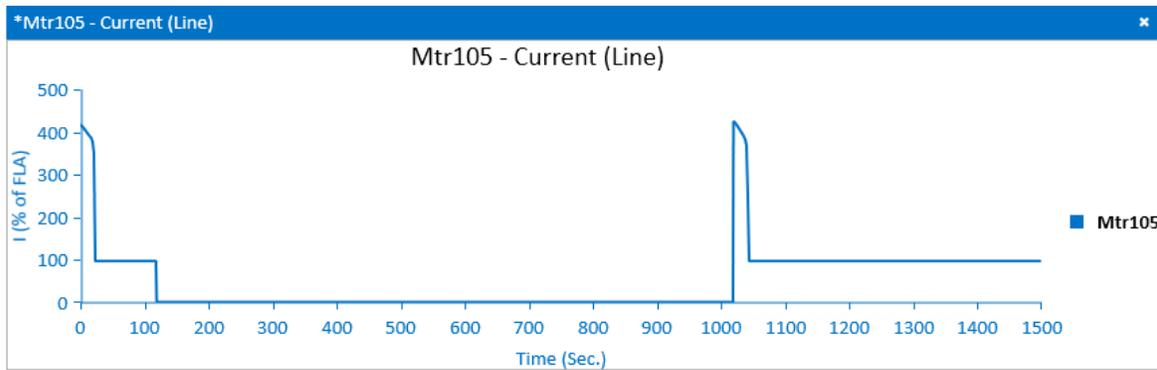


Figura 11 - Corriente en el Chiller (Mtr105) - Tensión en barra del TBGBT (Bus2) - Arranque Directo

Arrancador suave:

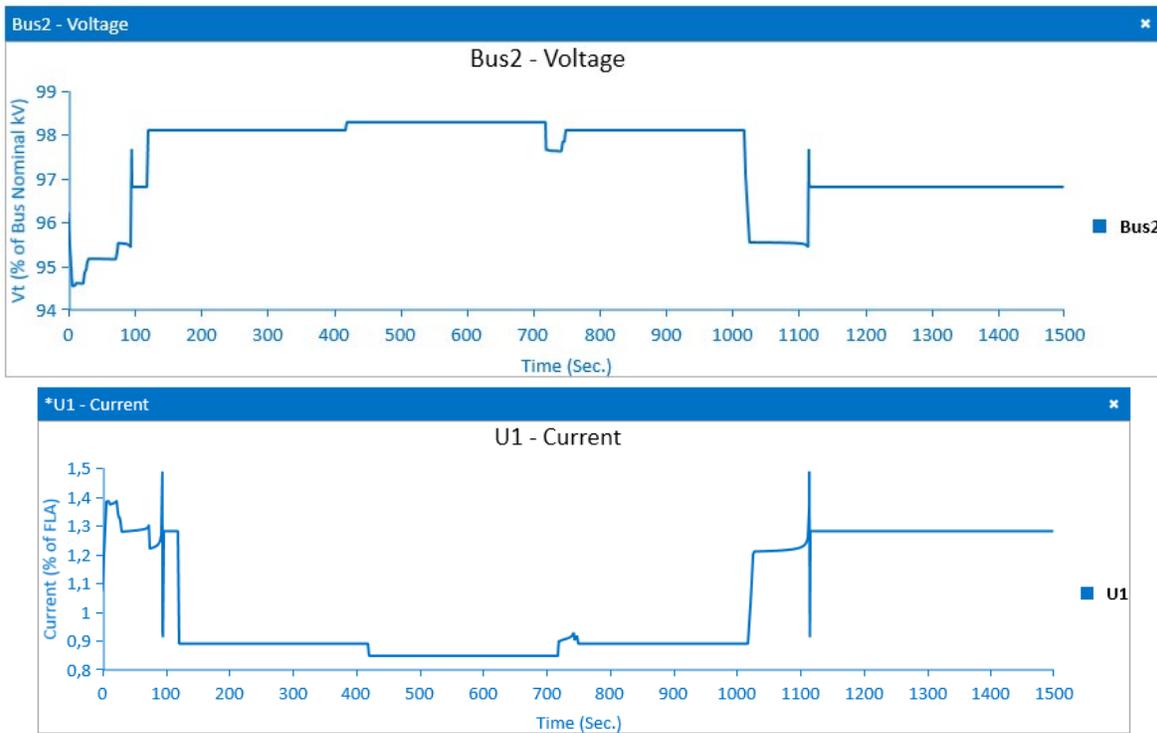


Figura 12 - Corriente en el Trafo (U1) - Tensión en barra del TBGBT (Bus2) - Arranque Suave

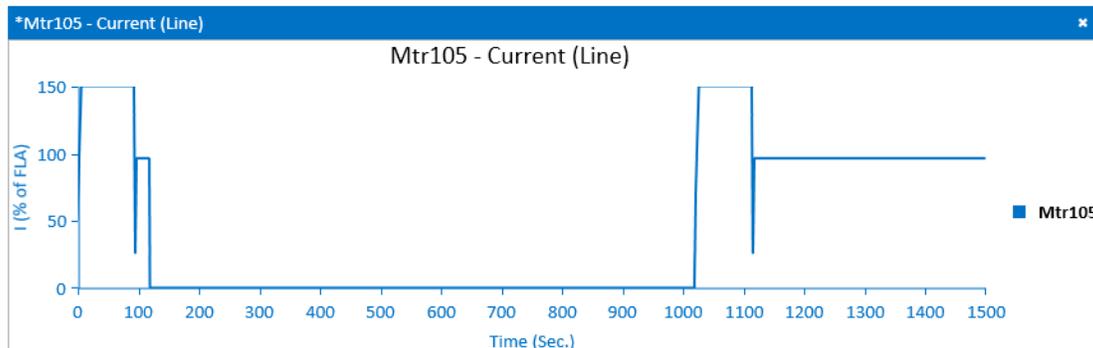


Figura 13 - Corriente en el Chiller (Mtr105) - Tensión en barra del TBGBT (Bus2) - Arranque Suave

A partir del análisis de las gráficas presentadas, es notorio el hecho de que existe una marcada diferencia en los valores de corriente de línea y caída de tensión para cada tipo de arranque simulado. Se puede apreciar que en sistema actual de arranque (estrella-triángulo), la corriente de arranque llega a valores de $2,3I_n$ y la caída de tensión de la barra del TBGBT llega a valores de $0,915PU$. En el sistema de arranque directo, la corriente llega a valores de $2,5I_n$ y la tensión a valores de $0,91PU$. No obstante, para el sistema propuesto de arranque suave, los valores de corriente en la barra principal del TBGBT son del orden de $1,8I_n$ y la caída de tensión del $0,953PU$.

En otras palabras, a partir de este análisis, es posible apreciar que el sistema se podría mejorar, agregando arrancadores suaves a los chillers, en reemplazo del actual sistema de arranque estrella - triángulo.

Conclusiones

Para llevar a cabo el análisis del impacto del arranque de motores del Hospital Central de Reconquista, resultó menester modelar cada uno de los equipos principales que conforman el SEP del nosocomio. Para ello fue necesario establecer los parámetros característicos de cada motor. Para ello se siguió la siguiente secuencia: relevamiento en campo, búsqueda en catálogos de los fabricantes y/o estimación, según el caso. Una vez modelado el sistema, se procedió a simular los flujos de carga, siguiendo la secuencia de arranque y parada de grandes motores asíncronos. A partir de los resultados obtenidos en la simulación del arranque y parada del chiller Me-1, queda en claro que para garantizar que los parámetros eléctricos del sistema se encuentren dentro de los límites establecidos en la normativa vigente, es necesario cambiar el sistema de arranque de dicho equipo, de estrella – triángulo, a arranque suave. Al mismo tiempo, se vio como un eventual arranque directo, empeoraría las condiciones.

Referencias

- Chapman, S. J., 2006. *Máquinas Eléctricas*. McGraw Hill.
- Fitzgerald, *Electric Machinery*. Sixth Edition. Chapter 6.
- Vukosavic, 2013. *Electrical Machines*. Chapter 17.
- Wildi, *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. Capítulos 13 y 16.

Software de diagnóstico de motores de inducción

Induction motors diagnosis software

Omar D. Gallo

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional San Francisco - Argentina
odgallo@gmail.com

Diego M. Ferreyra

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional San Francisco - Argentina
dferreyra@sanfrancisco.utn.edu.ar

Alberto J. Díaz

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional San Francisco - Argentina
albertojavierdiaz@gmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo es establecer los lineamientos básicos a considerar para el desarrollo de un software que determine las causas probables de las anomalías de un motor de inducción. En el desarrollo, se establecen los fundamentos para el ingreso de determinados datos y su devolución, procesamiento, importación y exportación, todo lo cual se necesitará para atender las prestaciones previstas. En los resultados se muestran, como ejemplos, algunas vistas sugeridas de la interfaz con el usuario. En las conclusiones, se resumen algunos imprevistos y las proyecciones de la propuesta.

Palabras clave: Motores de inducción, diagnóstico de motores, software de diagnóstico.

Abstract

The aim of this work is to provide the basic guidelines to be considered for the development of a software to establish the possible causes of anomalies in induction motors. In the main body of the article, fundamentals are established for the input, output, processing, import and export of certain data, all of them aspects which should be addressed for the expected features to be implemented. In the Results section, suggested user interface views are shown as examples. In the Conclusions section, some contingencies are detailed, as well as the scope for this proposal.

Keywords: Induction motors, motor diagnosis, diagnosis software

Introducción

El motor de inducción es un producto confiable y de bajo precio que actualmente tiene amplia aplicación, por lo que la mayoría de los procesos de producción y servicios industriales o domiciliarios dependen del buen funcionamiento de los motores de inducción empleados en ellos, entendiéndose como tal el cumplimiento riguroso de las especificaciones establecidas por el fabricante (Gómez Suárez, 2020: 87- 143), a saber:

- condiciones de consumo de la red eléctrica y rendimiento
- velocidad, refrigeración, protección y temperatura
- desempeño mecánico, vibraciones y ruidos
- condiciones ambientales y de mantenimiento mecánico básico

Algunas de estas especificaciones están contenidas brevemente en la placa de características, que se encuentra claramente visible en el cuerpo del motor, y otras se obtienen de publicaciones del fabricante, como la correcta instalación, control y mantenimiento de los motores comercializados, a los fines de asegurar el desempeño garantizado durante un largo período de tiempo (WEG, 2021).

Al producirse la falla de un motor –porque detiene su funcionamiento imprevistamente o deja de cumplir con las especificaciones mencionadas debido a causas internas (propias del motor) o externas (propias de la máquina accionada por él)–, la determinación certera de ella y su rápida solución se convierten entonces en premisas fundamentales para evitar generalmente cuantiosas pérdidas económicas o de otra índole.

El objetivo de este trabajo es establecer los requisitos básicos a considerar para el desarrollo de un software que determine las causas probables de las anomalías de un motor de un inducción.

Existen numerosas aplicaciones y bibliografía publicada al respecto (Jabbar y Yeo, 2020 ; Klaasse et al., 2018) y aquí solo se pretende proponer alternativas a lo que ya se conoce sobre el tema.

Desarrollo

Los requisitos de uso de este software se integrarán en tres bloques, destinados a los siguientes propósitos:

- Determinación de anomalías del motor in situ:* consiste en cumplir los objetivos a través de ingresos básicos de datos, como observaciones generales y pocas o ninguna medición mecánica o eléctrica.
- Determinación de anomalías del motor en el laboratorio:* cumple con sus objetivos mediante el ingreso de mediciones mecánicas, eléctricas, observaciones detalladas y otros datos.
- Determinación de anomalías del motor en el taller de reparaciones:* incluye ingresos de observaciones detalladas, y de mediciones mecánicas y eléctricas especializadas.

El usuario podrá elegir la ejecución de los bloques que le interesan y recibirá al final, si así lo requiere, una lista de verificación del motor que incluya el diagnóstico de todos sus componentes y de algunas posibles causas de falla externas, atendiendo a las recomendaciones y normalizaciones relacionadas (IEC 60034-1, 2017; WEG, 2021).

Además, el software deberá cumplir con los siguientes requisitos básicos de operatividad que redundarán en favor de su ágil uso, a saber:

- Sencilla comunicación con el usuario y rápida carga de datos
- Entrega de diagnósticos preliminares
- Flexibilidad de operación y facilidad de lectura de resultados
- Posibilidad de almacenar, recuperar y exportar los datos

Estará dirigido a motores trifásicos y monofásicos de baja tensión y potencias inferiores a 450 kW.

El lenguaje de programación aplicado será Python (Python SF, 2021, Guagliano, 2019.)), debido a que es sencillo, accesible en la red, adaptable a los requerimientos de este trabajo y modificable por cualquier programador que tenga un mediano conocimiento del mismo.

Cuando el bloque de uso elegido por el usuario lo requiera, el software incluirá las siguientes etapas:

1) *Ingreso de datos de placa*: el usuario ingresará y confirmará los datos completos de la placa de características del motor de inducción, trifásico o monofásico, o los provistos en el folleto del fabricante.

La máquina deberá satisfacer, con ciertas desviaciones razonables preestablecidas, las siguientes magnitudes:

- Tensión y conexión de alimentación: cuando no se cumplen el motor no entregará su potencia
- Corriente nominal de línea: es proporcional a la potencia entregada. Ejemplo de un ingreso sencillo en Python:

```
In= float(input (Corriente nominal (A)? :))
```

```
# In: corriente de placa
```

- Potencia y velocidad en el eje, a carga nominal: puede que estos valores no estén disponibles, lo cual lleva a necesitar valores de marcha en vacío para un diagnóstico preliminar válido.

2) *Ingreso de datos de desempeño in situ*: se fijarán observaciones o mediciones básicas realizadas por el usuario en el lugar de trabajo del motor, y se devolverá un diagnóstico muy general.

3) *Ingreso de datos de ensayos*: si se cumplen las condiciones de tensión y conexión y se hacen pruebas en laboratorio, el usuario ingresará y comprobará los siguientes valores:

- Resistencia óhmica de los devanados: en el caso de trifásicos, la diferencia importante de la resistencia de fases indica defectos. Cuando existen otros elementos resistivos, como termistores, PT100 o resistencias calefactoras, la medición y comparación de su resistencia con valores normales probará su integridad.

- Prueba de aislantes: los valores de resistencia de aislación o resultados de tensión aplicada que no satisfacen, estarán indicando defectos en las aislaciones del devanado (UNE EN 60034-18-31, 2013):

- Arranque: cuando son muy distintos a los especificados, el motor puede tener defectos en la confección del bobinado, mecánicos en el entrehierro o excepcionalmente en el rotor.

- Estados de carga: si todos los valores anteriores son correctos, generalmente deberían cumplirse las condiciones de corriente, potencia y velocidad. De no ser así, podrían manifestarse anomalías relacionadas con la potencia entregada, la velocidad o el rotor (Cabanas et al, 1998: 173-218).

- Vacío: si los resultados de los estados de carga son admisibles, es altamente probable que las condiciones de vacío también lo sean. Sin embargo, si no se dispone de los datos de ensayos antes indicados, el valor de la corriente de vacío puede identificar defectos de bobinado o entrehierro.

- Sobretemperatura: cuando el ensayo de estabilización térmica a carga nominal arroja una temperatura que excede la clase térmica del aislante, dicha temperatura puede ser causa de defectos en el bobinado o ventilación deficiente. Aparte, la verificación de la resistencia de termistores o PT100 en caliente permitirá averiguar, además del buen estado de estas protecciones, las temperaturas en las zonas que ellas abarcan.

- Vibraciones y ruidos: cuando exceden los indicados por norma o por el fabricante, las razones suelen ser mayormente mecánicas, tales como daños en rodamientos, defectos en el entrehierro o en la refrigeración. No obstante, los valores inadmisibles de vibraciones y ruidos también suelen producirse por causas electromagnéticas, tales como incompatibilidades constructivas, entrehierro desperejo, circuito magnético saturado o presencia de armónicas indeseables (IEC 60034-14, 2003; IEC 60034-9, 2003; Cabanas et al, 1998: 131-166,)

4) *Ingreso de datos de inspecciones visuales*: se direccionarán e ingresarán las inspecciones visuales, a los fines de identificar las causas probables de anomalías, actuales o futuras, que no pueden determinarse por mediciones.

Entre otras, pueden citarse las siguientes comprobaciones:

- Estado del extremo del eje y la carcasa
- Estado de la caja de conexiones, los conductores de alimentación y terminales
- Estado del capuchón y del ventilador

Estos aspectos puramente mecánicos, que en algunos casos se relacionan con los resultados de las mediciones, pueden usarse para localizar o prever posibles roturas de eje, refrigeración deficiente, sobrecalentamientos localizados y fallas en la protección o la seguridad.

5) *Datos de la máquina accionada*: de ser posible se ingresarán y verificarán las características generales y eventualmente el régimen de trabajo de la máquina accionada por el motor.

Debido a que el motor de inducción adapta su funcionamiento a los requerimientos de la máquina que acciona, suele ser muy útil tener conocimiento del tipo y régimen de trabajo de ésta, como la cantidad de arranques horarios, los posibles bloqueos, las vibraciones, las características del ambiente donde se aloja o la regulación de velocidad. Estos datos pueden relacionarse con temperaturas excesivas, daños en los devanados o mecánicos.

6) *Datos históricos*: si están disponibles, el usuario ingresará datos históricos relacionados con la anomalía actual. Cuando un motor ha tenido una dilatada vida útil, el conocimiento sus aplicaciones y de las fallas que ha tenido resulta ser una herramienta de gran utilidad para determinar el origen de una anomalía actual o incluso prever una futura. Las modernas plantas industriales que aplican programas de mantenimiento preventivo suelen tener registros al respecto.

7) *Datos de reparaciones*: el usuario ingresará y comprobará las observaciones y mediciones especializadas de componentes mecánicos y arrollamientos realizadas en el taller de reparaciones.

8) *Procesamiento de datos*: consistirá en comparar los valores ingresados de placa o del fabricante, con los obtenidos en los ensayos, otras mediciones u observaciones. En caso de que los valores ingresados no figuren en placa (tales como rendimiento, vibraciones, sobretensión, ruidos, inspecciones visuales o registros históricos), el software realizará comparaciones o evaluaciones usando los datos de normalizaciones o recomendaciones, almacenados previamente. Un ejemplo simple de una comparación con Python es:

```
if Inn < In*1.10 and Inn > In*0.90:
    print ("Diagnóstico: normal. La corriente admisible varía entre", In*0.90, " A y", In*1.10, "A")
# Inn: corriente nominal de ensayo
```

9) *Devolución, archivo y exportación de datos*: se mostrarán los resultados en pantalla, se almacenarán y eventualmente se exportarán, si así lo dispone el usuario.

Seguidamente se mostrarán algunos detalles de las respuestas de la aplicación pretendidas.

Resultados

Siguiendo el orden de los ítems del título anterior y a modo de ejemplos orientadores, se indicarán algunos de los resultados que se pretenden obtener de la interacción con este software, para el caso particular de un motor trifásico.

1) *Ingreso de datos de placa*:

Se indica con el signo > la devolución del software en pantalla y con >> lo que ingresa el operador.

```
> DATOS DE PLACA DEL MOTOR
> Tipo o tamaño del motor?:
225 M >>
> Potencia nominal (kW)? :
45 >>
> Tensión de alimentación (V)? :
380 >>
> Conexión del motor (E/T/EE/TT)? :
T >>
# E: estrella; T: triángulo
# EE: doble estrella; TT: doble triángulo
> Velocidad nominal (min-1)? :
2960 >>
> Corriente nominal (A)? :
86 >>
> Clase de aislación (B/F/H/C)? :
F >>
> Confirma los datos ingresados (s: sí; n: no)?
s >>
# Posibilidad de corrección de datos
> Ingresar valores de ensayos (s/n) :
s >>
# Ingresar datos de ensayos
```

2) *Ingreso de datos de desempeño in situ y devolución de diagnósticos*:

```
> Arranque(0: no arranca, 1: ruidos rodamientos, 2: no acelera...):
0 >>
# Anomalía de arranque
Diagnóstico: Anormal. Ausencia o baja tensión de alimentación. Conexión incorrecta. Devanado con defectos. Bloqueo mecánico.
```

3) *Ingreso de datos de ensayos y devolución de diagnósticos*:

```
> DATOS DE ARROLLAMIENTO
> Si no dispone de datos indique 0 :
# Flexibilidad en el ingreso de datos
```

> Temperatura del ambiente al inicio del ensayo (°C)? : # Temperatura de medición de resistencias
19.5 >>
> Resistencias por fase en frío (Ω)? :
0.106 >> # Valor al inicio del ensayo
0.106 >>
0.107 >> # Valores para comparar
> Diagnóstico: Resistencia normal para este motor # Comparación con datos almacenados
> Diagnóstico: Diferencia normal. La diferencia promedio es menor a 0.01 Ω
> Sobretemperatura del arrollamiento (K)? :
> 75.6
> Diagnóstico: Normal. La sobretemperatura admisible clase F es de 100 K

> PROTECCIONES INTERNAS DEL MOTOR
> Resistencias de termistores (Ω)? :
80 >>
85 >>
83 >> # Valores para comparar y calcular
> Diagnóstico: Admisibles. Un valor promedio común es de 100 Ω

> VALORES DE ARRANQUE
> Ingresar datos de ensayo de arranque (s/n)? :
s >>
> Tensión aplicada en el arranque (V)? :
380 >>
> Corriente de arranque (A)? :
586 >>
> Diagnóstico: Normal. La corriente declarada es de 593 A
> Potencia de entrada en el arranque (W)? :
0 >> # En caso de no disponer de un valor
> Momento de arranque (Nm)? :
264 >>
> Diagnóstico: Normal. El momento declarado es de 266 Nm

Se realiza el mismo proceso para el ingreso de datos de estados de carga y vacío. Cuando es admisible o corresponde, el software devuelve previamente los valores normales, a modo de guía para la carga, o el diagnóstico inmediatamente después de ingresado el valor. Ejemplo de valor incorrecto:

> VALORES DE ENTRADA Y SALIDA A CARGA NOMINAL
> ...
> Velocidad a potencia nominal (100% de carga, min-1)? :
2930 >>
> Velocidad estable (s/n)? :
n >>
> Diagnóstico: Anormal. La velocidad declarada es 2960 min-1 e inestable
> Posibles causas: Sobrecarga. Anormalidades en el rotor o entrehierro.

> VALORES DE VIBRACIONES
> Velocidad eje axial (mm/s):
10 >>
> Aceleración eje axial (g)? :
0.98
> Diagnóstico: Anormales. El valor admisible es 2.2 mm/s y 0.3 g
> Posibles causas: Desalineación del rotor. Roce mecánico

4) Ingreso de datos de inspecciones visuales y devolución de diagnósticos:

> INSPECCIONES VISUALES
> Limpieza del ventilador de refrigeración (0 a 5. 0: muy limpio; 5: muy sucio) ?:
5 >>
> Diagnóstico: Anormal. El ventilador debe estar medianamente limpio para evitar desequilibrios importantes y circulación deficiente del aire.

5) Datos de la máquina accionada: el programa deberá relacionar los diagnósticos obtenidos en los pasos anteriores, con las posibles anomalías propias de la máquina accionada.

> DATOS DE LA MÁQUINA ACCIONADA

> Ingrese datos de la máquina accionada (s / n)? :

s >>

> Tipo de máquina accionada

> 0 Bomba de agua

> 1 Cinta transportadora

> ...

> n Ventilador

> Indique el número de orden de la máquina accionada.

1>>

> Posibles anomalías de una cinta transportadora. cinta muy cargada, bloqueo mecánico, defecto en caja reductora.

6) *Datos históricos*: los datos históricos fidedignos del motor pueden obtenerse cuando el usuario del motor utiliza programas de mantenimiento predictivo. Algunos de ellos pueden ser:

> DATOS HISTÓRICOS

> El motor estuvo en el depósito (s / n)? :

s >>

> Cuánto tiempo estuvo en el depósito (cantidad de meses)? :

24 >>

Posibles anomalías: rodamientos con defectos, bobinado con humedad.

Una vez concluida la carga de datos, el software podrá devolver una lista que incluya los datos ingresados, los admisibles y el diagnóstico. Sin correspondencia de causas y efectos, la siguiente es un ejemplo de lista:

> DATOS DE PLACA DEL MOTOR

> Marca	Código	Tipo	kW	V	Conex	min-1	A	IP
> xxx	xxx	225M	45	380	T	2960	86	55

> DATOS INGRESADOS	INGRESO	ADMISIBLE	DIAGNÓSTICO
> Arranca	No	Si	-- Bloqueo mecánico externo
> Resistencia por fase	0.106	0.08-0.15 Ω	Admisible
> Sobretemperatura bobinado	75.6	100	K Admisible
> Momento de arranque	264	266	Nm Admisible
> Velocidad nominal	2930	2950-2970	min-1 Inadmisible. Rotor con defectos
> Velocidad constante	No	Si	-- Rotor con defectos

Conclusiones

Este trabajo abordó solamente algunos lineamientos básicos del proyecto. A medida que el software se diseñe, desarrolle y pruebe, seguramente surgirán otros múltiples requerimientos y diferentes resultados a los esperados, que se tratarán y/o salvarán en su momento. Se espera que esta propuesta sea una apropiada referencia para la elaboración de una aplicación que pueda ser utilizada con soltura y practicidad en la industria, el laboratorio o el taller de reparaciones; que pueda ser adaptada, modificada y actualizada, según las necesidades de cada usuario y que genere iniciativas de nuevos desarrollos en Python, aplicados a otro tipo de máquinas eléctricas.

Referencias

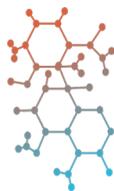
Fernandez Cabanas et al (1998). *Técnicas para el mantenimiento y diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas*.

Marcombo, Barcelona. Disponible en:

[https://books.google.com/books?id=X3p4bZfoqgEC&printsec=frontcover&dq=Fernandez+Cabanas+et+al+\(1998\).+T%C3%A9cnicas+para+el+mantenimiento++y+diagn%C3%B3stico+de+m%C3%A1quinas+el%C3%A9ctricas+rotativas.&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKewi3_Zrdt7ryAhW9ppUCHVUzBMYQ6AEwAHoECAUQAg](https://books.google.com/books?id=X3p4bZfoqgEC&printsec=frontcover&dq=Fernandez+Cabanas+et+al+(1998).+T%C3%A9cnicas+para+el+mantenimiento++y+diagn%C3%B3stico+de+m%C3%A1quinas+el%C3%A9ctricas+rotativas.&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKewi3_Zrdt7ryAhW9ppUCHVUzBMYQ6AEwAHoECAUQAg)

- Gómez Suárez, I. (2020). *Mantenimiento electromecánico de motores eléctricos*. Paraninfo, Madrid. Pags 87-143. Disponible en:
[https://books.google.com.ar/books?id=y pzODwAAQBAJ&pg=PR4&dq=G%C3%B3mez+Su%C3%A1rez,+I.++\(2020\).+Mantenimiento+electromec%C3%A1nico+de+motores+el%C3%A9ctricos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKewjArpPxuLryAhVxq5UCHTxoDFUQ6AEwAHoECAgQAg](https://books.google.com.ar/books?id=y pzODwAAQBAJ&pg=PR4&dq=G%C3%B3mez+Su%C3%A1rez,+I.++(2020).+Mantenimiento+electromec%C3%A1nico+de+motores+el%C3%A9ctricos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKewjArpPxuLryAhVxq5UCHTxoDFUQ6AEwAHoECAgQAg)
- Guagliano, C. (2019). *Programación en Python. Vol I*. Six Ediciones, Buenos Aires. Disponible en:
[https://books.google.com.ar/books?id=Cd2sDwAAQBAJ&pg=PA3&dq=Guagliano,+C.++\(2019\).+Programaci%C3%B3n+en+Python.+Vol+I.&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKewjHzoHBubryAhXdrpUCHcRkCz4Q6AEwAHoECAsQAg](https://books.google.com.ar/books?id=Cd2sDwAAQBAJ&pg=PA3&dq=Guagliano,+C.++(2019).+Programaci%C3%B3n+en+Python.+Vol+I.&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKewjHzoHBubryAhXdrpUCHcRkCz4Q6AEwAHoECAsQAg)
- Jabbar, M.A.; Yeo, S.W. (2000). "A new architecture of design software for electric motors". *2000 Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering. Conference Proceedings. Navigating to a New Era (Cat. No.00TH8492)*, 2000, pp. 360-364 vol.1.. Disponible en:
<http://portal.bibliotecas.utn.edu.ar/proxy/https://ieeexplore.ieee.org/document/849730>
- Klaasse, S.; Kwintenberg, G.; Barosan, I. (2018). "Development of a functional safety software layer for the control of an electric in-wheel motor based powertrain". *2018 IEEE International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C)*, 2018, pp. 144-147. Disponible en:
<http://portal.bibliotecas.utn.edu.ar/proxy/https://ieeexplore.ieee.org/document/8432198>
- Norma IEC 60034-1 (2017). Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance
- Norma IEC 60034-9 (2003). Rotating Electrical Machines – Part 9: Noise limits
- Norma IEC 60034-14 (2003). Rotating Electrical Machines – Part 14: mechanical vibration of certain machines with shaft heights 56 mm and higher. Measurement, evaluation and limits of vibration.
- Norma UNE EN 60034-18-31, 2013. Máquinas Eléctricas rotativas. Parte 18-31. Evaluación funcional de los sistemas de aislamiento.
- Python Software Foundation. (2021). "Documentation". Disponible en: <<https://www.python.org/>>
- WEG. (2021). "Motor Modular IE2 110 kW 4P 280S/M 3F 200/346/400/690//230/400 V 50 Hz IC411 - TEFC – B. Curva de par y corriente x rotación". Brasil. Disponible en: <<https://www.weg.net/catalog/weg/ES/es/Motores-El%C3%A9ctricos/Motores-para-Aplicaci%C3%B3n-Industrial/Motor-Modular/Motor-Modular-%28Hierro-Gris%29/Motor-Modular-IE2-110-kW-4P-280S-M-3F-200-346-400-690-230-400-V-50-Hz-IC411---TEFC---B3T/p/12411261>>
- WEG (2021). "Motores eléctricos de inducción trifásicos de baja y alta tensión. Manual de instalación, operación y mantenimiento". Disponible en: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/haf/h33/WEG-motor-de-induccion-trifasico-de-alta-y-baja-tension-rotor-de-anillos-11171348-manual-espanol-dc.pdf>

Ingeniería en Sistemas de Información



Accesibilidad en Sistemas e-Learning: Análisis de Necesidades

Accessibility in e-Learning Systems: Needs Analysis

Iván Balmaceda Castro

Grupo de Interacción Humano-Computadora - Universidad Nacional de La Rioja - Argentina
ibalmaceda@unlar.edu.ar

Carlos Salgado

Departamento de Informática – Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales – Universidad Nacional de San Luis - Argentina
csalgado@unsl.edu.ar

Mario Peralta

Departamento de Informática – Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales – Universidad Nacional de San Luis - Argentina
mperalta@unsl.edu.ar

Alberto Sanchez

Departamento de Informática – Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales – Universidad Nacional de San Luis - Argentina
alfanego@unsl.edu.ar

Resumen

El concepto de accesibilidad en e-learning se define a partir de la participación de los distintos actores que interactúan con los recursos educativos y su valoración en cuanto a la accesibilidad, este puede ser abordado desde muchas ópticas, facetas y disciplinas, tales como la informática, la antropología y la sociología por nombrar algunos de los grupos de interés promoviendo un proceso colaborativo de mejoramiento y adecuación a las diferentes situaciones que surjan. El siguiente trabajo se centra en el Modelo de Proceso de referencia de ISO/IEC 40180 mediante la incorporación de aspectos que participan en el tema de la accesibilidad en una institución educativa, centrándonos específicamente en el Análisis de Necesidades, referido a qué es lo que se debe tener en cuenta al pensarse en un entorno virtual de aprendizaje que sea inclusivo.

Palabras clave: Accesibilidad – e-Learning – Modelo de Proceso

Abstract

The accessibility in e-learning is defined from the participation of the different stakeholders that interact with the educational resources and their valuation in terms of accessibility, this can be approached from many perspectives, aspects, and disciplines, such as computer science, anthropology and sociology to name a few of the interest groups that promote a collaborative process of improving and adapting to the different situations that emerge. The aim of the paper is to focus on the ISO/IEC 40180 Reference Process Model by incorporating aspects

involved in the accessibility issue in an educational institution, focusing specifically on the Needs Analysis, which refers to what should be considered when thinking about a virtual learning environment that is inclusive.

Keywords: Accessibility - e-Learning - Process Model

Introducción

Todo proyecto de ingeniería de software está ligado a la obtención de un producto, proceso o servicio que es necesario generar a través de diversas actividades. Estas actividades, generalmente pueden agruparse en fases ya que contribuyen a obtener una parte del producto necesario para continuar hacia el producto final, y facilitar la gestión del proyecto.

El término ciclo de vida del software, describe el desarrollo de software, desde la fase inicial hasta la fase final, (Frakes et al., 1991) lo define como “Las distintas fases por las que pasa el software desde que nace una necesidad de mecanizar un proceso hasta que deja de utilizarse el software que sirvió para ese objetivo, pasando por las fases de desarrollo y explotación”, la (ISO 12207, 2017) lo describe como “un marco de referencia que contiene los procesos, las actividades y las tareas involucradas en el desarrollo, la explotación y el mantenimiento de un producto de software, abarcando la vida del sistema desde la definición de requisitos hasta la finalización de su uso”.

La norma (ISO/IEC 40180, 2017) proporciona los fundamentos y el marco de referencia para el aseguramiento de la calidad, la gestión de la calidad y la mejora de la calidad en el aprendizaje, la educación y la formación mejorados en TI (denominado E-Learning). Es decir, proporciona un marco general para diseñar la estructura para el aprendizaje, la educación y la formación basado en el consenso global.

En los últimos años, en las instituciones educativas, y más aún por el contexto sanitario generado por el COVID-19, ha crecido enormemente la educación en línea, y se ha vuelto cada vez más importante el mejorar y garantizar la calidad, ya que juega un papel clave en el éxito del e-learning, donde los estándares de calidad deben implementarse ampliamente para asegurar una calidad sostenible en la educación.

Desarrollo

La norma ISO 40180, consiste principalmente en el Quality Reference Framework (QRF) para E-Learning (Stracke et al., 2018), este es un marco común y genérico que describe, especifica y comprende propiedades, características y métricas de calidad. La ISO 40180 define que “el QRF combina un modelo de proceso elaborado y extenso con un modelo descriptivo de los procesos. A su vez, armoniza los enfoques, conceptos, especificaciones, términos y definiciones existentes relacionados con la calidad para el aprendizaje electrónico, la educación y la formación.”



Figura 1. Modelo de Proceso de referencia de ISO/IEC 40180

El Modelo de Proceso (Figura 1.), es una guía de los procesos relevantes para el desarrollo de escenarios de aprendizaje dentro de todo el ciclo de vida de la educación en línea. Posee siete categorías de procesos: Análisis de necesidades, Análisis del marco, Concepto/Diseño, Desarrollo/Producción, Implementación, Proceso de aprendizaje y Evaluación, en este trabajo, presentaremos la primera categoría, que tiene que ver con el Análisis de las necesidades.

Hoy en día, pensar en el e-Learning de calidad, hace referencia a su contenido y a su tecnología, y que cumpla con requerimientos mínimos para su correcto funcionamiento, pero debemos preguntarnos ¿Qué pasa si esos requerimientos no son pensados para una persona con discapacidad, visual o auditiva por ejemplo? ¿Podrá utilizar la misma adecuadamente? Por tal razón, se considera necesario pensar en sistemas e-learning accesibles para, de esta manera, asegurar un contenido de calidad. La (ISO 9241, 2008) define a la accesibilidad como una medida en que los productos, sistemas, servicios, entornos e instalaciones pueden ser utilizados por las personas de una población con la más amplia gama de necesidades, características y capacidades de los usuarios para lograr los objetivos identificados.

La (ISO 25064, 2013) define a la necesidad del usuario como un “requisito previo identificado como necesario para que un usuario, o un conjunto de usuarios, logre un resultado previsto, implícito o declarado en un contexto específico de uso”. Está enfocado en la realización del análisis de necesidades que es fundamental, ya que permite validar y proporcionar información importante respecto a las falencias que deben ser abordadas para garantizar que el producto o servicio se focalice a las necesidades del usuario. Para ello, para lograr un e-learning accesible debemos, por un lado:

- (a) identificar perfiles de estudiantes con discapacidad, y por otro;
- (b) definir un modelo de información de necesidades y preferencias.

Comprender los problemas de accesibilidad, influye en la forma en la que las personas utilizan un producto o servicio. Todas las personas, poseen necesidades específicas y con un apoyo diferente, esto quiere decir que no todas las personas con discapacidad necesitan de lo mismo. Entonces, ¿Cómo utilizan la web las personas con discapacidad?

En ello deviene (a) el análisis de usuario que identifica roles y define las características del usuario, con respecto a, cómo es su nivel de conocimiento, experiencia y habilidad con productos similares, cómo es su contexto, cuál es la frecuencia de uso, y dependiendo del tipo de producto: su hardware, software y tecnologías de apoyo que utiliza. Así mismo, se debe tener en cuenta los procesos de las tareas del usuario, en este sentido, los diagramas de flujo de trabajo van reflejando cada paso a seguir para completar la tarea, los roles de los usuarios que llevan a cabo pasos concretos, también, identifican dónde presenta problemas el producto y/o servicio y son utilizados para evaluar su diseño.

Es de gran importancia, que, en la sociedad, todas las personas, tengan acceso a la mayor cantidad de productos y/o servicios. La norma (ISO/IEC 29138-1, 2018) referida a: Tecnología de la información - Accesibilidad de la interfaz de usuario, se identifica como un “conjunto de necesidades de accesibilidad de los usuarios que puede utilizarse para comprender y mejorar la accesibilidad y otros sistemas para diversos usuarios en diversos contextos de uso.” A su vez, reconoce que un usuario puede tener diferentes combinaciones de necesidades.

Las necesidades de accesibilidad de los usuarios varían a lo largo del tiempo y en los distintos contextos de uso (Balmaceda et al., 2021). Estas, tienen una estrecha relación con las características o atributos necesarios para que un producto, sistema o servicio sea accesible. A su vez, estos se convierten en requisitos de usuario teniendo en cuenta el contexto de uso, prioridades de los usuarios, compensaciones con otros requisitos y limitaciones del sistema. (ISO/IEC 71, 2014)

También, la ISO 29138-1 define que las necesidades se centran en la funcionalidad de un sistema tanto en lo interno y lo externo sin prescribir cómo se implementará esta funcionalidad. La identificación de las distintas necesidades de los usuarios es un componente importante del proceso de desarrollo de los diseños dirigidos a apoyar la accesibilidad.

- Las necesidades de funcionalidad interna de un sistema suelen definirse en función de las tareas con las que el sistema pretende ayudar al usuario.
- Las necesidades de funcionalidad externa de un sistema suelen comprender las necesidades de: accesibilidad, usabilidad, seguridad, privacidad y aspectos similares de la utilización del sistema.

Las características de los usuarios del producto y/o servicio, son descritas por los perfiles de grupos de usuario que incluyen aspectos como: Factores demográficos, frecuencia de uso, hardware y software, experiencia informática, experiencia con aplicaciones web, entorno de trabajo, tareas y conocimientos sobre ellas. Cuando se desarrollan estos perfiles, la fuente de información es el estudio general del mercado, los usuarios de productos de la competencia, las observaciones y entrevistas, encuestas, pruebas de usabilidad con los posibles usuarios. (Dumas et al., 1999). Dado que las personas con discapacidad son potenciales miembros de todos los grupos de usuarios, las cuestiones de accesibilidad se aplican a todos los perfiles de grupos de usuarios.

Con respecto al (b) Modelo de información de necesidades y preferencias, tenemos en cuenta a las normas (ISO/IEC 24751, 2008) que han sido definidas teniendo en cuenta las necesidades de las personas mayores y con discapacidad, así también, de cualquier persona que se encuentre en tal situación. Por un lado, se describe y especifica las necesidades y preferencias del estudiante, y por otro lado proporciona la descripción de los recursos de aprendizaje digitales y los requisitos del estudiante que puedan satisfacerse mediante herramientas de interfaz de usuario y los recursos digitales de aprendizaje apropiados.

Por otro lado, y en ese mismo sentido, la especificación (IMS AfA 3.0, 2012) pretende promover una experiencia de usuario completa al permitir la adecuación de las características de los recursos educativos a las necesidades y preferencias de los usuarios individuales. Éste, nos proporciona un medio para describir cómo un usuario desea acceder a los contenidos de aprendizaje online y aplicaciones relacionadas

Conclusiones

La universidad es un ámbito ideal para ofrecer oportunidades tendientes a mejorar la calidad de vida. Para ello, pensarse en Campus Virtuales inclusivos, permitirá la integración y acceso de personas que normalmente quedan excluidas de la posibilidad de acceso a los contenidos curriculares. El desafío es permitir una enseñanza de calidad a través de sistemas pensados desde la usabilidad, la accesibilidad y las características individuales de cada participante.

Por todo lo planteado anteriormente, se ha definido un modelo de calidad que agrupe las características y subcaracterísticas más relevantes de los distintos estándares de calidad que se están trabajando. Con el objetivo de poder realizar una toma de decisión con respecto al sitio de interés que se esté estudiando. Se ha comenzado con el análisis de los sitios de las universidades nacionales de San Luis y La Rioja. Para ello se está instanciando el modelo de calidad y la aplicación de las métricas e indicadores para hacer una medición en lo que respecta a las características de accesibilidad y la facilidad de uso por parte de los estudiantes y demás actores para poder medir el grado de inclusión que presenta la entidad: sitio web de las casas de estudios. Se han realizado pruebas con distintos actores y roles de usuarios en lo que respecta a la accesibilidad para aportar al proceso de mejoramiento y adecuación en el cual participen y se comprometan todos los actores involucrados, profesores, tutores y especialmente estudiantes desde etapas tempranas que habiliten canales para expresar las necesidades y brinden la oportunidad de resolverlas, aquí es donde toma significancia el análisis de necesidades para asegurar que el producto, sistema o servicio incluya al usuario. Este trabajo tiene principal interés en las instituciones educativas en las que estamos insertos porque se está en un constante proceso de mejora y actualización de los sitios web, tanto a nivel tecnología como la calidad en uso. Este trabajo aporta también a la formación de los estudiantes de grados en carreras como tecnicatura web y tecnicatura en informática, donde los egresados se forman para insertarse en el mercado laboral, más precisamente en la programación en la web. Tener este modelo de calidad permite visibilizar características como usabilidad, accesibilidad, etc. que permitan una inclusión digital de los distintos actores en la educación superior.

Como trabajo Futuro, se espera incorporar aspectos de accesibilidad en las otras categorías del Modelo de Proceso que están referidas al Análisis del marco, Concepto/Diseño, Desarrollo/Producción, Implementación, Proceso de

aprendizaje y Evaluación que permita proporcionar un modelo útil y comprensible de accesibilidad, estableciendo criterios para la satisfacción de los usuarios, permitiéndonos obtener resultados y realizar las consiguientes mejoras en el software para que los EVA sean usables y accesibles, teniendo en cuenta las guías de experiencias de usuario. Así también, la definición de distintos modelos que complementen y apoyen a la comprensión del problema. También será necesario definir métodos de evaluación de calidad en la experiencia de usuario.

Referencias

- Balmaceda Castro, I., Salgado, C. H., Peralta, M., Sánchez, A., Fernández, M. A., & Vera, C. E. (2021). Hacia un modelo integral de Accesibilidad en Sistemas e-Learning. In XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2021, Chilecito, La Rioja).
- Dumas, J. S., Dumas, J. S., & Redish, J. (1999). A practical guide to usability testing. Intellect books.
- Frakes, W. B., Fox, C. J., & Nejme, B. A. (1991). Software engineering in the UNIX/C environment. Prentice-Hall, Inc.
- IMS GLOBAL LEARNING CONSORTIUM, IMS Global Access for All (AfA) Personal Needs & Preferences (PNP) Specification Information Model Version 3.0 Specification Public Draft 1.0 (2012) Disponible en: http://www.imsglobal.org/accessibility/afav3p0pd/AfA3p0_PNPinfoModel_v1p0pd.html [Consulta: 25/05/2021].
- Organización Internacional de Normalización (2017) Ingeniería de sistemas y software: procesos del ciclo de vida del software (ISO 12207:2017)
- Organización Internacional de Normalización (2017) Information Technology – Quality for learning, education and training. (ISO 40180: 2017)
- Organización Internacional de Normalización (2018) Information technology — Individualized adaptability and accessibility in e-learning, education and training — Part 2: "Access for all" personal needs and preferences for digital delivery (ISO 24751-2:2008)
- Organización Internacional de Normalización (2013) Systems and software engineering — Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Common Industry Format (CIF) for usability: User needs report (ISO 25064:2013)
- Organización Internacional de Normalización (2018) Information technology — User interface accessibility — Part 1: User accessibility needs. (ISO 29138-1:2018)
- Organización Internacional de Normalización (2014) Guide for addressing accessibility in standards (ISO GUIDE 71:2014)
- Organización Internacional de Normalización (2008) Ergonomics of human-system interaction — Part 171: Guidance on software accessibility (ISO 9241)
- Stracke, C. M., Tan, E., Texeira, A., Pinto, M., Vassiliadis, B., Kameas, A., Sgouropoulou, C., & Vidal, G. (2018). Quality Reference Framework (QRF) for the Quality of Massive Open Online Courses (MOOCs). Online available at www.mooc-quality.eu/QRF

Análisis y Debilidades de la Aplicación de Metodologías Ágiles

Analysis and Weaknesses of the Application of Agile Methodologies

Sergio Daniel Conde

Universidad Siglo 21. Argentina
drcondesrgio@gmail.com

Ana Carolina Ferreyra

Universidad Siglo 21. Argentina
anacarolinaferreyra.acf@gmail.com

Daniel Garcia

Universidad Siglo 21. Argentina
danielgarcia@fibertel.com.ar

Resumen

Las Metodologías Ágiles, tales como Scrum, XP (eXtreme Programming) y Kanban permiten a las empresas y organismos estatales realizar proyectos de desarrollo y mantenimiento de sistemas informáticos de manera más ágil, con respuestas más rápidas y adecuadas al usuario. Sin embargo, se han detectado varios problemas con la implementación de dichas metodologías, con lo cual se obtienen resultados menores a los esperados. En este proyecto se analiza la aplicación de Metodologías Ágiles en empresas y organizaciones gubernamentales de Córdoba, Buenos Aires y Jujuy para identificar inconvenientes en la Aplicación de las mismas.

Palabras claves: Metodologías ágiles. Scrum. Extreme Programming. Kanban.

Abstract

Agile Methodologies, such as Scrum, XP (eXtreme Programming) and Kanban allow companies and state agencies to carry out development and maintenance projects of computer systems in a more agile way, with faster and more appropriate responses to the user. However, several problems have been detected with the implementation of these methodologies, with which results are lower than expected. This project analyzes the application of Agile Methodologies in companies and government organizations in Córdoba, Buenos Aires and Jujuy to identify problems in their application.

Keywords: Agile Methodologies. Scrum. Extreme Programming. Kanban.

Introducción

Las Metodologías Ágiles, tales como Scrum, XP (eXtreme Programming) y Kanban permiten a las empresas y a organismos estatales dedicados al desarrollo de software, realizar proyectos de desarrollo y mantenimiento de sistemas informáticos con respuestas más rápidas y adecuadas al usuario. Sin embargo, se han detectado varios problemas con la implementación de dichas metodologías, con lo cual se obtienen resultados menores a los esperados.

El Objetivo General es: Identificar las debilidades en la implementación de Metodologías Ágiles en departamentos de informática de empresas y organizaciones públicas.

Los Objetivos Específicos son: Identificar las áreas de las empresas donde se aplican Metodologías Ágiles y los procedimientos que se aplican de dichas metodologías e identificar los problemas en la aplicación de las Metodologías Ágiles en dichas áreas.

La Hipótesis es que la implementación de las Metodologías Ágiles se encuentra inadecuadamente implementada en las empresas y organizaciones públicas.

Desarrollo

El desarrollo de software a través de Metodologías Ágiles se refiere a un grupo de metodologías aplicadas basadas en un proceso iterativo, en donde los requerimientos y las soluciones evolucionan mediante la colaboración entre equipos auto-organizados (Ambler, Scott W.: 2009). Los métodos ágiles generalmente promueven un proceso de administración de proyectos disciplinados que da pie a la frecuente inspección y adaptación, una filosofía de liderazgo que promueve el trabajo en equipo, equipos auto-controlados, una serie de buenas prácticas que permiten la rápida entrega de software de alta calidad y un enfoque de negocios que alinea el desarrollo con las necesidades de los clientes y las metas de las compañías (AgileManifiesto: 2001).

Varios autores coinciden en que resulta difícil para las pymes implementar programas de mejoras de Proceso de Software fundamentalmente por la falta de seguimiento de los planes de acción y de implantación, debido al alto costo que significan. De esta forma, los parámetros de tiempos de desarrollo y costo de soluciones, afectarán directamente al trabajo que se realice, siendo la calidad la primera variable de ajuste disponible (Mas A. et al., 2005). (Pino, F, 2006). (Pasini, A. C, 2008.)

Las metodologías ágiles son flexibles, pueden ser modificadas para que se ajusten a la realidad de cada equipo y proyecto. Los proyectos ágiles se subdividen en proyectos más pequeños mediante una lista ordenada de características. Cada proyecto es tratado de manera independiente y desarrolla un subconjunto de características durante un periodo de tiempo corto, de entre dos y seis semanas. La comunicación con el cliente es constante al punto de requerir un representante durante el desarrollo. Los proyectos son altamente colaborativos y se adaptan mejor a los cambios; de hecho, el cambio en los requerimientos es una característica esperada y deseada, al igual que las entregas constantes al cliente y su retroalimentación. Tanto el producto como el proceso son mejorados frecuentemente.

El concepto de Scrum tiene su origen en un estudio de 1986 sobre los nuevos procesos de desarrollo utilizados en productos exitosos en Japón y los Estados Unidos (cámaras de fotos de Canon, fotocopiadoras de Xerox, automóviles de Honda, ordenadores de HP y otros). Los equipos que desarrollaron estos productos partían de requisitos muy generales, así como novedosos, y debían salir al mercado en mucho menos del tiempo del que se tardó en lanzar productos anteriores. Estos equipos seguían patrones de ejecución de proyecto muy similares. En

este estudio se comparaba la forma de trabajo de estos equipos altamente productivos y multidisciplinarios con la colaboración entre los jugadores de Rugby y su formación de Scrum.

En 1993 se realizó el primer Scrum para desarrollo de software y en 1995 el proceso fue formalizado. En 2001 un grupo de personas muy relevantes en lo que empezaba a ser el desarrollo ágil escribieron los valores fundamentales de los procesos ágiles. Desde 1995 miles de proyectos en todo el mundo han utilizado Scrum para el desarrollo de productos, tanto en empresas pequeñas, con tan sólo 3(tres) personas desarrollando un producto, como en multinacionales.(Conde, S; Marcovecchio O, 2018)

Los principios que dan origen al manifiesto implican la satisfacción del cliente mediante entregas tempranas y continuas de software funcional, requerimientos cambiantes en cualquier etapa del proyecto, participación activa del cliente, simplicidad, equipos de desarrollo motivados y auto-organizados, comunicación efectiva auto-inspecciones y adaptación (AgileManifiesto: 2001).

El manifiesto por el desarrollo ágil de software es el resultado del trabajo colaborativo de un grupo formado por diecisiete personas, entre desarrolladores de software, escritores y consultores, quienes lo construyeron y suscribieron en 2001. La firma y publicación del Manifiesto en ese año no implica que esa sea la fecha de origen de las metodologías ágiles o que antes de ese año no existieran, sino el reconocimiento de la necesidad –y la expresión– de un lineamiento común capaz de hacer posible algún tipo de agrupación entre ellas (Sommerville, Ian, 2010).

Las metodologías ágiles se caracterizan por el desarrollo iterativo e incremental; la simplicidad de la implementación; las entregas frecuentes; la priorización de los requerimientos o características a desarrollar a cargo del cliente; y la cooperación entre desarrolladores y clientes. Las metodologías ágiles dan como un hecho que los 7 (siete) requerimientos van a cambiar durante el proceso de desarrollo (Abrahamsson, P, 2003).

La mayoría de equipos ágiles exitosos han adaptado prácticas ágiles de distintas metodologías para generar un proceso de desarrollo propio que se ajusta a sus necesidades. Estas adaptaciones parecen estar centradas en mezclas de Scrum con XP1. XP se enfoca en prácticas de desarrollo mientras que Scrum apunta a la administración de proyectos. (Paige, R, 2005). (Martin, R. & Martin, M, 2006).

Para empezar la Investigación se identificó el Tipo de Empresa.

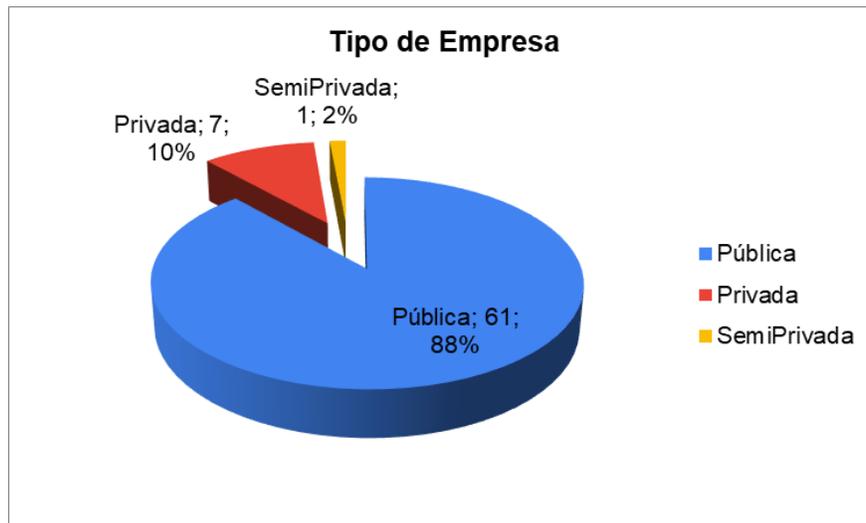


Figura 1: Tipo de Organización según capitales que la conforman

Se puede observar que sobre un total de 69 (sesenta y nueve) respuestas: 61 (sesenta y uno) son Empresas Privadas con un Porcentaje del 88%, 7 (siete) son Organizaciones Públicas con un Porcentaje del 10% y 1 (una) Organización es SemiPrivada con un Porcentaje del 2%.

Se continúa identificando la cantidad de Empleados que tienen las Organizaciones.

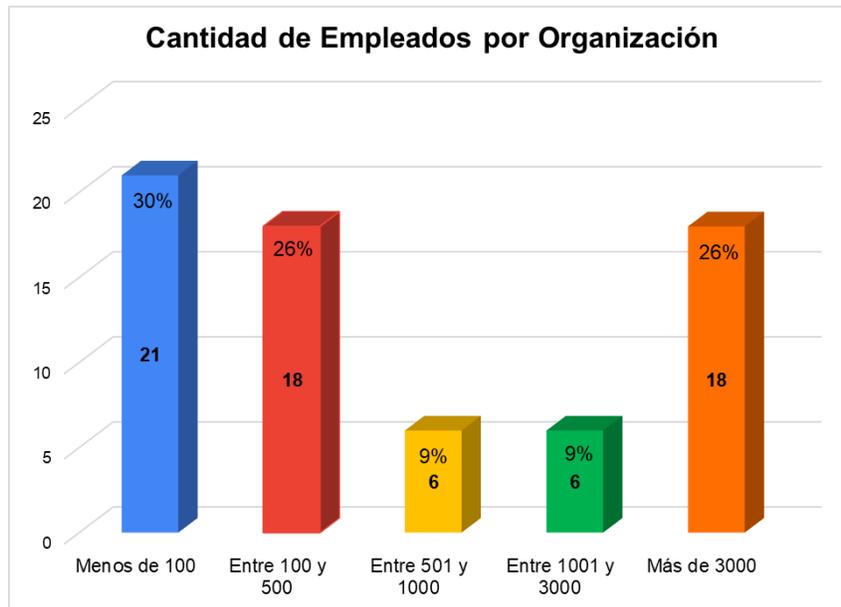


Figura 2: Cantidad de Empleados por Organización en Número y Porcentaje

Se puede observar que sobre un total de 69 (sesenta y nueve) respuestas: 21 (veintiuno) tienen menos de 100 Empleados con un Porcentaje del 30%, 18 (dieciocho) tienen entre 100 y 500 Empleados y Más de 3000 con un Porcentaje del 26% respectivamente. 6 (seis) tienen entre 501 y 1000 Empleados y entre 1001 y 3000 Empleados con un Porcentaje del 9% respectivamente.

Se investiga el Área de Desempeño en las Organizaciones de los Encuestados:

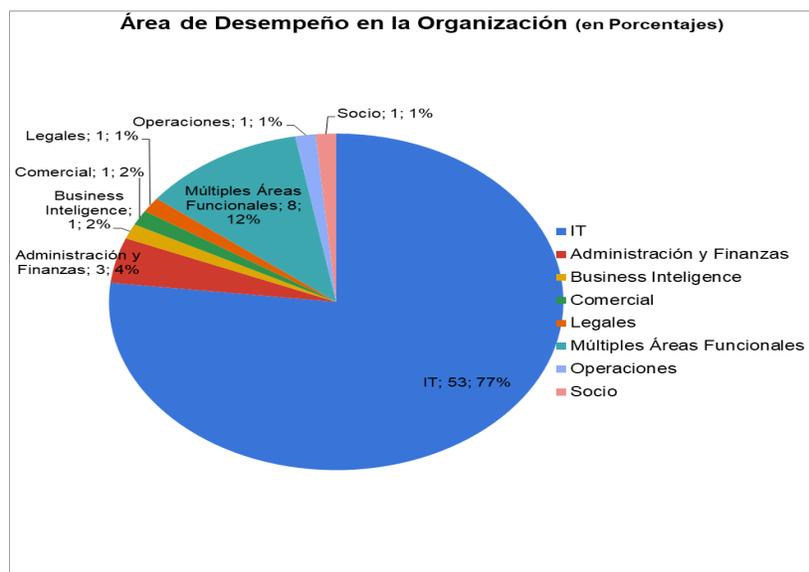


Figura 3: Área de Desempeño de los Encuestados en la Organización

Se puede observar que sobre un total de 69 (sesenta y nueve) Respuestas: 53 (cincuenta y tres) se desempeñan en el área de IT con un Porcentaje del 77%. 8 (ocho) se desempeñan en Múltiples Áreas Funcionales con un Porcentaje del 12%. 3 (tres) se desempeñan en el Área de Administración y Finanzas con un Porcentaje del 4%, 1 (uno) se desempeña en el Área de Business Intelligence, 1 (uno) en Comercial, 1 (uno) en Operaciones, 1 (uno) en Legales y 1 (uno) se declara Socio, representando un Porcentaje de entre el 1% y 2% cada uno.

Se investigan los obstáculos que se presentan en las organizaciones para la Implementación las Metodologías Ágiles:

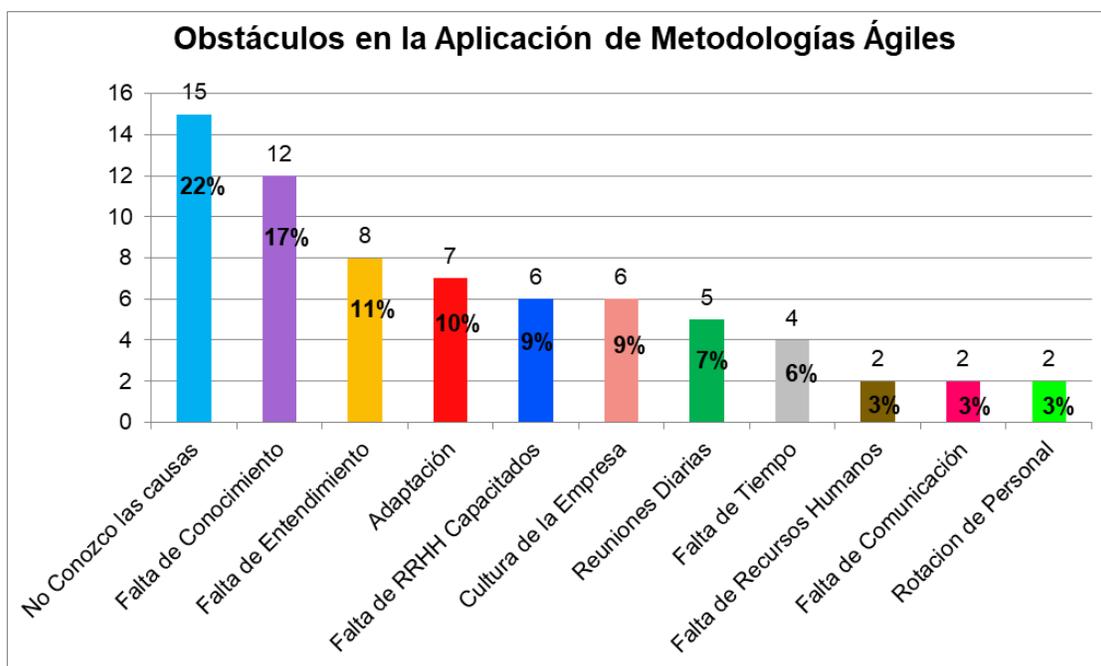


Figura 4: Obstáculos en la Implementación de Metodologías Ágiles

Se puede observar que sobre un total de 69 (sesenta y nueve) Respuestas se obtuvieron los siguientes resultados: 15(quince) Organizaciones no conocen las causas de los obstáculos en la Aplicación de Metodologías Ágiles con un Porcentaje del 22%. 12 (doce) Organizaciones consideran la Falta de Conocimiento como elemento que influye con un Porcentaje del 17%. 8 (ocho) Organizaciones consideran la Falta de Entendimiento como elemento que influye con un Porcentaje del 11% y 7 (siete) Organizaciones consideran la Adaptación como un factor con un Porcentaje del 10%. 6 (seis) Organizaciones consideran que influyen la Cultura de la Empresa y la Falta de Recursos Humanos Capacitados con un Porcentaje del 9% cada uno. 5 (cinco) Organizaciones consideran que influyen las Reuniones Diarias con un Porcentaje del 7%. 4 (cuatro) Organizaciones consideran que influye la Falta de Tiempo como un elemento a tener en cuenta con un Porcentaje del 6%, 2 (dos) Organizaciones consideran la Falta de Recursos Humanos, la Falta de Comunicación y la Rotación de Personal como elementos que influyen con un Porcentaje del 3% respectivamente. Se identifican los Roles de Metodologías Ágiles que se cumplen en las Organizaciones encuestadas.

Es necesario aclarar que se eligieron varias opciones en las Respuestas. Se puede observar en la Figura 5, que sobre un total de 102 (ciento dos) Respuestas se obtuvieron los siguientes resultados: 36 (treinta y seis) Organizaciones utilizan el Rol de Product Owner con un Porcentaje del 35%. 34 (treinta y cuatro) Organizaciones utilizan el Rol de Scrum Master con un Porcentaje del 33%. 28 (veintiocho) Organizaciones utilizan el Rol de Project Lider con un Porcentaje del 28% y 4 (cuatro) Organizaciones no utilizan Roles con un Porcentaje del 4%.

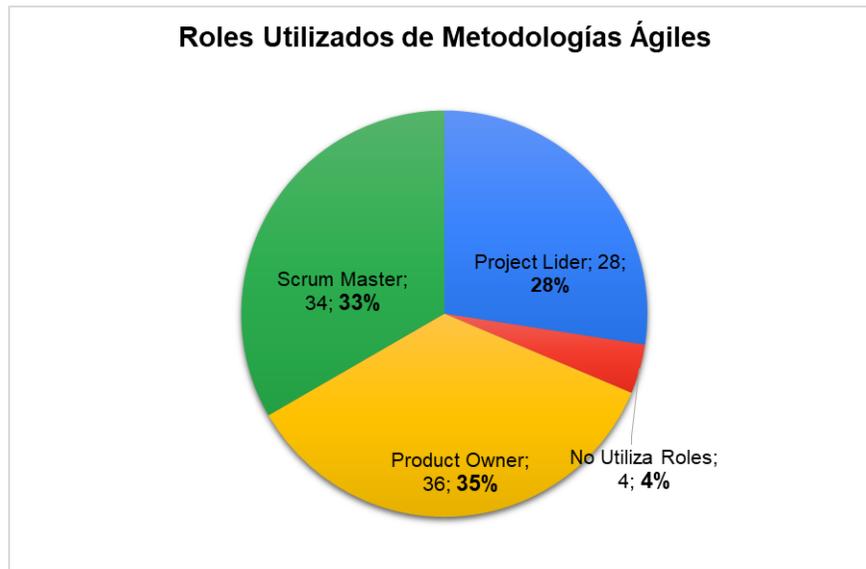


Figura 5: Roles utilizados de Metodologías Ágiles

Haciendo un Análisis considerando la Ley de Pareto (80%-20%) sobre los obstáculos declarados por las Organizaciones Encuestadas tal como se puede ver en la Figura 7, se muestra una marcada identificación de los obstáculos que representan el 80% (ochenta) de las Respuestas. Los mismos son: 1) No conozco las causas, 2) Falta de Conocimiento, 3) Falta de Entendimiento, 4) Adaptación, y 5) Falta de RRHH Capacitados.

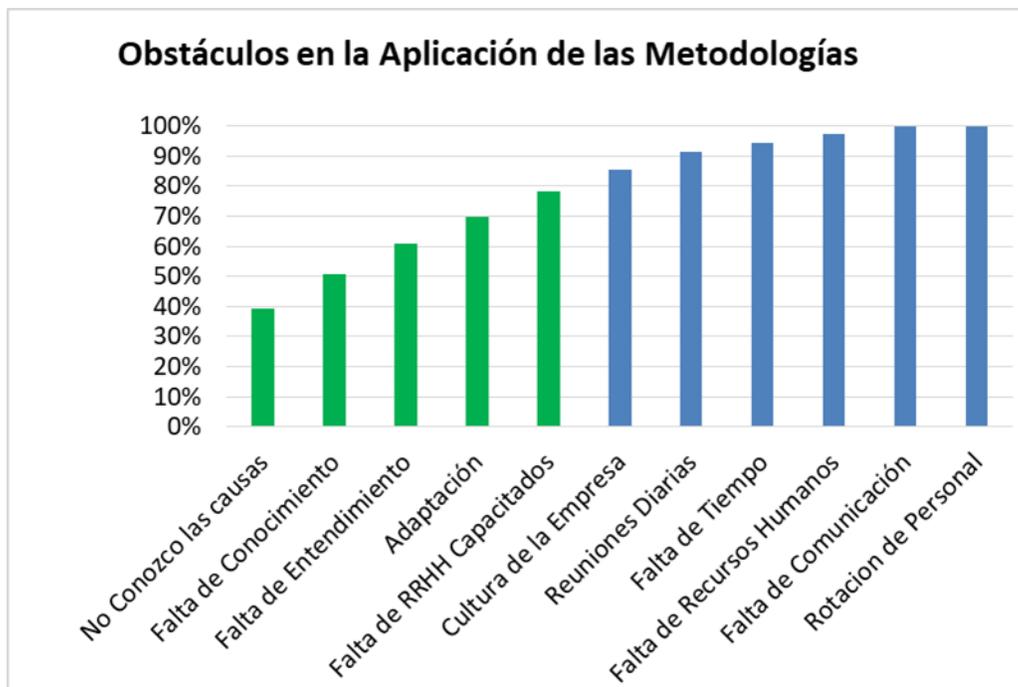


Figura 7: Porcentajes acumulados sobre los obstáculos.

Validando la Muestra:

Partiendo de la Hipótesis: La implementación de las Metodologías Ágiles se encuentra inadecuadamente utilizada en las Organizaciones sobre un total de 69 (sesenta y nueve) Respuestas se puede determinar a partir de dos ejes centrales Problemas con Recursos Humanos y Problemas de Conocimientos.

Validación de la Muestra				
	Organizaciones Con Problemas	Organizaciones Sin Problemas	Distribución Normal de Organizaciones con Problemas	Distribución Normal de Organizaciones sin Problemas
Variables Identificadas:				
Problemas con Recursos Humanos	51	18	0,048821	0,000003
Falta de Conocimientos	42	27	0,048821	0,000573
Media	46,50	22,50		
Desviación Estándar	6,36	6,36		
Desviación Estándar/Media	0,136859377	0,282842712		
	Muestra Validada			

Tabla 1: Validación de la Muestra según los ejes centrales.

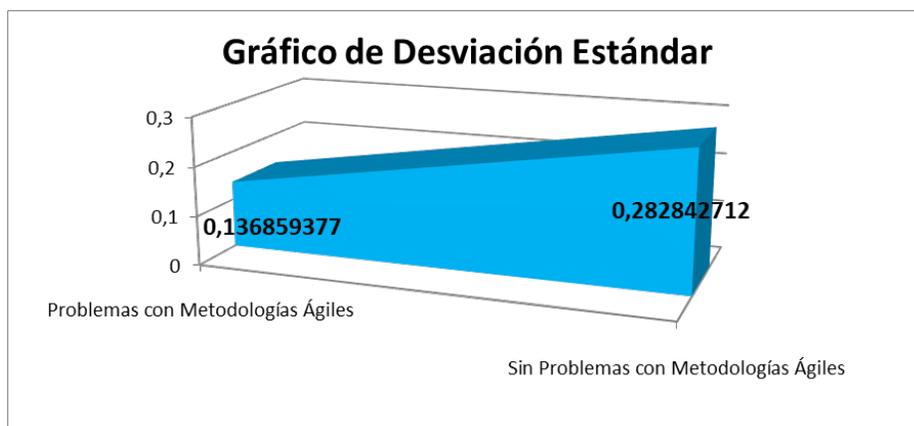


Figura 6: Validación de la Muestra según los ejes centrales

Se puede determinar que la muestra queda validada en los Problemas detectados en la Aplicación de Metodologías Ágiles obteniendo una Desviación Estándar/Media de 0,136859377 siendo menor a las Empresas que no tienen problemas, con una Desviación Estándar/Media de 0,282842712.

Conclusiones

A partir de la investigación realizada se puede determinar que las Metodologías Ágiles se encuentran inadecuadamente utilizadas en las Organizaciones por dos causas relacionadas: 1) Problemas con Recursos Humanos en el momento de Implementar la Metodología. 2) Problemas de Conocimientos en el momento de Implementar la Metodología.

Se puede determinar que se identificaron las siguientes debilidades:

- Utilización inadecuada de Roles, basado en que el 28% (veintiocho) de las Organizaciones expresan que mantienen el rol de Project Lider, no siendo éste un Rol genuino de las Metodologías Ágiles.
- Sin Utilización de Roles, basado en que el 4% (cuatro) de las Organizaciones expresan que no utilizan roles, siendo que las Metodologías Ágiles tienen una adecuada definición de roles como Product Owner y Scrum Master.

- Se observa que 15 (quince) Organizaciones no conocen las causas de los obstáculos que enfrentan para utilizar metodologías ágiles con un Porcentaje del 22% (veintidós).
- Otro factor que se considera que influye en la implementación de las Metodologías Ágiles es la Falta de Conocimiento, sustentado por un Porcentaje de 17% (diecisiete), con 12 (doce) Organizaciones que lo marcaron como respuesta. De la misma manera aunque en menor Porcentaje, es la Falta de Entendimiento como un elemento que influye con un Porcentaje del 11% (once).
- La Cultura de la Empresa y la Falta de Recursos Humanos Capacitados son factores que influyen ya que el 9% (nueve) de las Organizaciones marcaron a éstos como obstáculos para la implementación de Metodologías Ágiles.
- Otro factor identificado como obstáculo para la implementación de estas metodologías es la Falta de Tiempo. Si bien no llegan a representar al 10% (diez) de las Respuestas, alcanza un 6% (seis) pero se destaca que por un lado identifican que necesitan tiempo para la implementación, cuando la misma podría ser gradual y paulatina. Y por otro lado, podemos observar que no hay una clara comprensión de los beneficios que éstas traen a las organizaciones en el proceso de desarrollo, en relación a los tiempos, dada la agilidad de la metodología. Podemos concluir que este obstáculo impacta también en la Falta de Conocimiento y Falta de Entendimiento.
- Como contribución y recomendación a partir de esta investigación, se debe trabajar en la mitigación de los 5 (cinco) factores que influyen como obstáculos para la implementación de las Metodologías Ágiles. Atendiendo a esos 5 (cinco) factores, se atiende al 80% (ochenta) de las organizaciones que encuentran problemas en la implementación de Metodologías Ágiles, según porcentajes acumulados y aplicando la Ley de Pareto.

Referencias

- Abrahamsson, P., Warsta, J., Siponen, M. T., & Ronkainen, J.(2003) New Directions on Agile Methods: A Comparative. Analysis. Proceedings 25th International Conference on Software Engineering. Portland, IEEE.
- Agile Manifesto (2001). Copyright Ward Cunningham 2001. Recuperado de: <http://agilemanifesto.org/> el 12-07-2019.
- Ambler, Scott W. Agile (2009). "Modeling (AM) Home Page Effective Practices for Modeling and Documentation". Ambysoft Copyright 2001-2009. Recuperado de: <http://www.agilemodeling.com/> el 20/06/2021.
- Conde, S; Marcovecchio O, (2018). El Conocimiento Organizacional. Aplicación.
- Mas A., Amengual E. (2005). "Las mejoras de los procesos de Software en las pequeñas y medianas empresas (pymes). Un nuevo modelo y su aplicación a un caso real". Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software, Vol.1, No. 2.
- Hoda, R., Kruchten, P., Noble, J., & Marshal, S(2010). Agility in Context. Proceedings of the ACM International Conference on Object Oriented Programming Systems Languages and Applications (OOPSLA '10). New York, ACM.
- Martin, R. & Martin, M. (2006) Agileprinciples, patterns, and practices in c#. Prentice Hall, Westford.

Paige, R., Chivers, H., McDermid, J., & Stephenson, Z. High-integrity extreme programming. En L. Liebrock(2005) [Ed.]. Proceedings of the 2005 ACM symposium on Applied computing (SAC '05), New York, ACM.

Pasini, A. C., Esponda, S., Bertone, R. A., & Pesado, P. (2008). "Aseguramiento de Calidad en PYMES que desarrollan software." XIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación.

Pino, F., F. Garcia, M. Piattini (2006). "Revisión sistemática de mejora de procesos software en micro, pequeñas y medianas empresas." Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software. (REICIS). Vol. 2(1) Abril pp. 6-23.

Sommerville, Ian. (2010). Ingeniería de Software. Editorial Pearson. Editorial Addison Wesley. Ed. 9°.

Definición de un Instrumento Evaluativo como apoyo a las empresas de Software y Servicios Informáticos (SSI)

Definition of an Evaluative Instrument as Support to Software and Information Services companies

Walter adrián Lucero

Universidad Nacional de San Luis - Argentina
walteradrianlucero@gmail.com

Carlos Humberto Salgado

Universidad Nacional de San Luis - Argentina
csalgado@unsl.edu.ar

Mario Gabriel Peralta

Universidad Nacional de San Luis - Argentina
mperalta@unsl.edu.ar

Alberto Antonio Sánchez

Universidad Nacional de San Luis - Argentina
alfanego@unsl.edu.ar

Luis Ernesto Roqué Fourcades

Universidad Nacional de San Luis - Argentina
araroq@unsl.edu.ar

Javier Saldarini

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad regional San Francisco - Argentina
saldarinijavier@gmail.com

Resumen

En los últimos años se evidenció un significativo incremento en la cantidad de empresas del sector de Software y Servicios Informáticos (SSI) en Argentina. Así, el número de empresas creció un 132% en 10 años. Debido a ello, estas empresas necesitan diferenciarse de la competencia para captar nuevos clientes y mantener el crecimiento al ritmo de los avances tecnológicos y requerimientos del mercado. Muchas empresas del sector no aplican un modelo de gestión integrado, lo cual las aleja de la excelencia afectando su productividad. Si bien un importante porcentaje de estas empresas poseen alguna certificación, no cuentan con un modelo a seguir para su éxito a largo plazo. La aplicación de modelos de calidad y métodos de evaluación, les aporta una visión general de su situación. Este trabajo

presenta un método para la aplicación del Modelo de Gestión de la Calidad orientado a empresas de SSI de la República Argentina.

Palabras clave: Métodos de evaluación, Evaluación de Modelo de Gestión de Calidad en Empresas de SSI, Alfa de Cronbach, Fiabilidad.

Abstract

In recent years, there has been a significant increase in the number of companies of the Software and Information Services (SIS) in Argentina. Thus, the number of companies grew 132% in 10 years. Due to this, these companies need to differentiate themselves from the competition to attract new customers and maintain growth at the pace of technological advances and market requirements. Many companies in the sector do not apply an integrated management model, which distances them from excellence, affecting their productivity. Although a significant percentage of these companies have some certification, they do not have a model to follow for their long-term success. The application of quality models and evaluation methods gives them an overview of their situation. This work presents a method for the application of the Quality Management Model oriented to SSI companies of the Argentine Republic.

Keywords: Evaluation methods, Evaluation of Quality Management Model in SSI Companies, Cronbach's Alpha, Reliability

Introducción

Las empresas de Software y Servicios Informáticos (SSI), encontraron en la gestión de la calidad un camino hacia la mejora de sus productos y/o servicios. Se pretende que la calidad no sea responsabilidad de un departamento concreto de la empresa, sino trasladar esta responsabilidad a todos los integrantes de la organización. De esta manera se implantará calidad en todos los niveles de la organización (Sangüesa, Mateo, & Hzarbe, 2006).

Como gestionar al cliente interno/externo está directamente unido a un conjunto de variables de carácter Socio/Técnica/Económica, se propone profundizar en la relación que existe entre las diferentes variables que conforma el Modelo de Gestión de Calidad para Empresas de SSI (Gette, 2017). Por la interdisciplinariedad de los preceptos con los que se trabaja, el Modelo de Gestión de Calidad para Empresas de Software y Servicios Informáticos, es un Modelo complejo en el que se encuentran relacionadas varias hipótesis que permiten estudiar la gestión empresarial desde el interior de la organización para ver su impacto hacia afuera, o sea, sobre el cliente externo o cliente final.

Este Modelo abarca una metodología de validación específica y un conjunto de variables internas y externas que, al ser analizadas, pueden ser utilizadas como referencias para mantener el éxito en la calidad a largo plazo.

En estas variables se analizan dos aspectos fundamentales: (i) el entorno de la organización, y (ii) el conocimiento de las necesidades y expectativas de las partes interesadas.

El primero de estos aspectos, es una combinación de factores y de condiciones internas y externas que pueden afectar al logro de los objetivos de una organización y a su comportamiento hacia las partes interesadas (Gette, 2017).

Como componente número uno del modelo, se encuentra la gestión para el éxito sostenido para empresas SSI, aquí se analizan dos aspectos fundamentales: la organización y su comportamiento hacia las partes interesadas. Las

empresas SSI deben realizar seguimientos constantes de su entorno, para lo que, primeramente, los deben tener correctamente identificados. El segundo aspecto, se refiere a que se evalúa cómo la empresa SSI examina los requerimientos, preferencias y expectativas de las partes interesadas, ya sea de su ambiente interno como del ambiente externo, y cómo utiliza esa información para entender y anticiparse a sus necesidades. Para que las empresas SSI aumenten su capacidad de respuesta a las necesidades y expectativas de las partes involucradas, deben realizar revisiones identificando los posibles cambios de las mismas y asignar prioridades para poder crear planes de acción para su desarrollo y mantenimiento (Gette, 2017).

Método Para la aplicación del Modelo de Gestión de la Calidad orientado a empresas de SSI

En base a lo expresado, surge la necesidad de contar con un método de evaluación que permita la instanciación de un modelo de Gestión de Calidad en empresas SSI. Es decir, poder evaluar el grado en que una empresa u organización cumple con un modelo de calidad. Así, en el presente trabajo, se propone un método que tiene sus bases en modelos matemáticos y estadísticos que permitan que los procesos sean sistemáticos y repetibles. Para definir el método propuesto se tuvieron en cuenta diversas herramientas, técnicas, modelos y métodos. Se parte eligiendo el modelo de gestión de calidad propuesto en (Gette, 2017). Cabe aclarar que dicho modelo, se plantea como inicio para el método, pero no es de ninguna manera estático, es decir, se define de manera que sea aplicable a otros modelos de calidad. Se puede ajustar a las distintas situaciones, tecnologías o reglas de negocio/mercado a medida que vayan surgiendo. El objetivo del método es poder validar/verificar si el modelo de la empresa se ajusta, y en qué medida, al modelo de gestión de la calidad.

Ante la necesidad de un consenso acerca de los elementos que definen la calidad del software, ISO desde hace tiempo creó estándares en este sentido. El primero es el ISO 9126, originalmente publicado en 1991 y posteriormente revisado en 2001. Luego se desarrolló el estándar ISO/IEC 25010: SQuaRE (Software Product Quality Requirements and Evaluation)(ISO, 2011), que fue publicado en 2011 y viene a ser el reemplazo de ISO 9126.

Este modelo evalúa la calidad desde dos perspectivas: la calidad del producto como tal (calidad interna), y la calidad del uso del software (externa). Cada perspectiva considera diversas características, y a su vez cada característica puede tener una o más sub-características.

Aunque algunas de estas características se pueden medir de manera objetiva, la mayor parte requieren una evaluación subjetiva. Esto hace que la manera más utilizada, más rápida, menos costosa y quizá la que más refleja la realidad, sea la utilización de la experiencia de los empleados de la organización. Sin embargo, esto no permite realizar comparaciones objetivas, y presenta algunos otros problemas como que le pertenece al experto y no a la organización, no se puede replicar sistemáticamente y no contribuye a la madurez de la ingeniería de software. Para ello es necesario la creación de un Método para la Evaluación del Modelo de Gestión de la Calidad en las Empresas de Software y Servicios Informáticos.

Con tal finalidad para el desarrollo del Método propuesto (Figura 1), la recolección de datos, la ponderación y el procesamiento de los mismos, se utilizaron herramientas como el Método Delphi, escala de Likert, y técnicas estadísticas psicométricas como el Alfa de Cronbach.

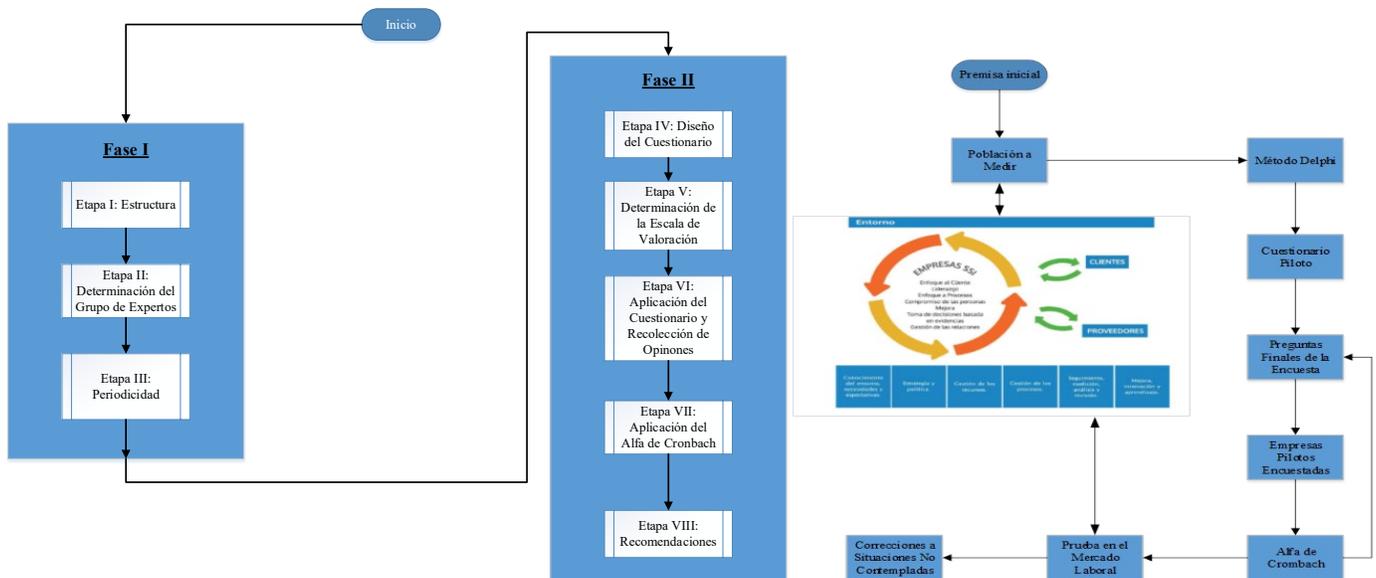


Figura 1. Método Para la aplicación del Modelo de Gestión de la Calidad orientado a empresas de SSI.

El Método Delphi plantea una serie de temas, preguntas o hipótesis sobre eventos futuros (introducción de innovaciones de producto o de proceso en el mercado), su fecha de materialización esperada, la situación del país, aspectos, restricciones (económicas, tecnológicas, comerciales) y medidas más importantes para favorecer la materialización del evento. En una segunda ronda, se envía el cuestionario con la información estadística de las respuestas recibidas de la primera ronda, en particular la media o mediana de las respuestas y medidas de dispersión; se pide a los respondientes a la primera ronda, sobre todo a los que más disienten con el promedio, que reconsideren sus respuestas. Esta segunda ronda permite reducir la dispersión y obtener un mayor grado de consenso. El número de rondas sucesivas depende del grado de consenso que se persiga.

La clave del éxito en un ejercicio Delphi es la preparación de las preguntas o hipótesis, los expertos del panel, que deben ser, por tanto, cuidadosamente elegidos y el anonimato entre sus miembros.

Teniendo en cuenta los diferentes métodos y las variables a relacionar, para el caso particular de esta investigación se seleccionó El Método de Escalamiento Likert (Blanch & Joeques, 1997), que sería el que mejor se ajusta al tipo y a las necesidades de la presente investigación, ya que este modelo ofrece ventajas como: desde el punto de vista del diseño del cuestionario, es una escala fácil de construir y, desde el punto de vista del encuestado, ofrece la facilidad de poder graduar su opinión ante afirmaciones complejas.

Entre las características principales que se exponen en la escala de Likert, podemos mencionar: **Simetría:** Tienen el mismo número de categorías positivas y negativas. **Punto medio:** es necesario incluir un punto medio para aquellos integrantes que se muestren indecisos o con neutralidad. **Escala iguales o parecidas entre sí:** Si se van a utilizar diferentes escalas a lo largo de la encuesta, éstas deberán ser iguales o muy parecidas entre sí, es decir, que las valoraciones positivas siempre están en la misma zona y que siempre se tengan el mismo número de niveles para evitar confundir al encuestado; para este caso se maneja la misma escala y nivel para todas las preguntas del cuestionario. La siguiente lista muestra un ejemplo de una escala de Likert:

1. **TED: Totalmente En Desacuerdo.**
2. **PED: Parcialmente En Desacuerdo.**
3. **I: Indiferente (no puede indicar acuerdo ni desacuerdo en forma precisa).**
4. **PDA: Parcialmente De Acuerdo.**
5. **TDA: Totalmente De Acuerdo.**

La Estadística es una herramienta de investigación que puede ser redefinida como un modo de pensar que permite resolver problemas sociales, técnicos, económicos, problemas prácticos, de investigación científica y generar una ruptura con las ideas de sentido común que explican la realidad social en (Quivy & Compenhoudt, 1998). En relación con este punto, se puede decir que la Estadística como herramienta de investigación, es un instrumento de objetivación que permite desconcertar las primeras impresiones de la realidad objeto de estudio y construir nuevas relaciones entre hechos, fenómenos o variables. Así, el proceso de construir cada variable con sus categorías, nos ayuda, apoyándonos del Método Delphi, a poder diseñar el cuestionario objeto de evaluación para el Modelo de Gestión para Empresas de Software y Servicios Informáticos.

Para armar el cuestionario resulta indispensable, si se trabaja en el marco de una investigación científica, haber construido previamente un “modelo de análisis” (Sautu, Boniolo, Dalle, & Elbert, 2005) o “conjunto de hipótesis”, el cual dé respuesta teórica a la pregunta planteada inicialmente en el diseño de investigación. Las hipótesis, o proposiciones que contienen variables, son construcciones teóricas derivadas del marco teórico conceptual del trabajo de investigación.

Una vez que se sabe lo que se quiere medir, se tiene que definir quiénes son los sujetos de estudio, y si coinciden o no con los sujetos a encuestar. Al conjunto de todos los sujetos que conforman la muestra se lo puede denominar como universo o población. Población es, entonces, el conjunto de individuos en los cuales está interesado el investigador.

El objetivo es comenzar a discernir el grado en que el instrumento realmente mide lo que se pretende medir (validez/fiabilidad), es decir el cuestionario producto final del juicio de los expertos (de acuerdo con el método Delphi), las tablas con sus determinadas características que se han conformado en el paso anterior, y que estos se manifiesten de manera favorable o desfavorable con respecto a cada una de ellas. Como lo que subyace en el juicio de tales personas, son sus actitudes, y condiciones Socio/Técnica/Económica, eso llevaría a utilizar algún tipo de escala para medir tales actitudes. El resultado de esa medición sería el indicador a utilizar para mantener o eliminar alguna de las características listadas dentro del contenido y para ello se decide utilizar estadísticos descriptivos.

Una herramienta de la estadística ampliamente utilizada es el coeficiente Alfa de Cronbach, que es un coeficiente que sirve para medir la fiabilidad de una escala de medida, por ejemplo, determinar la coherencia de un conjunto de preguntas que componen un test psicológico. Este coeficiente permite cuantificar el nivel de fiabilidad de una escala de medida para la magnitud inobservable construida a partir de n variables observadas. Por lo que no tiene valor de probabilidad, pues la palabra lo dice: *cuantifica el nivel de fiabilidad*, y para ello no se realiza ningún test de hipótesis para tomar una decisión, ya que para ello se necesita un nivel de significación, para poder tomar una decisión que no es el caso del coeficiente Alfa. El coeficiente puede tener varios valores, de 0 a 1. No obstante su amplia aplicabilidad y utilización, los investigadores de las distintas ciencias, no se ponen de acuerdo con el valor mínimo a obtener para que el test sea considerado como fiable. Algunos estiman que el test es satisfactorio cuando el coeficiente es de, al menos, 0,7; otros, en cambio, establecen que el valor que se ha de obtener es, por lo menos, 0,8 (Bennett, Briggs, & Triola, 2011). Como criterio general, George y Mallery (George & Mallery, 2003), sugieren las siguientes recomendaciones para evaluar los coeficientes de alfa de Cronbach:

- Coeficiente alfa >0.9 es excelente
- Coeficiente alfa >0.8 es bueno
- Coeficiente alfa >0.7 es aceptable
- Coeficiente alfa >0.6 es cuestionable
- Coeficiente alfa >0.5 es pobre
- Coeficiente alfa <0.5 es inaceptable

Para vivir, aprender y trabajar con éxito en una sociedad cada vez más compleja, rica en información y basada en el conocimiento, los estudiantes y los docentes deben utilizar la tecnología digital con eficacia (UNESCO, 2008). Basados en esta premisa y dada la complejidad del cálculo del Alfa de Cronbach, es necesaria la utilización de paquetes de Software estadístico especializados para su cálculo y análisis. Uno de los paquetes más ampliamente utilizado y difundido es SPSS v 22 (Pallant, 2010). Este es el software que se utilizó en esta investigación.

Validación del Método: Casos de Estudio

Para evaluar y validar el método propuesto, se procedió a aplicarlo en casos de estudio que permitan determinar la aplicabilidad y eficiencia del mismo. En uno de dichos casos, se analizó una muestra de una encuesta con un cuestionario de 37 preguntas realizada sobre 18 empresas de la región centro-norte de la Argentina. El objetivo general en este caso, era determinar el nivel de aplicación del Modelo a las empresas de SSI. Además, se establecieron como objetivos específicos: (i) identificar los elementos críticos que inciden en la satisfacción de las empresas; y (ii) Analizar los datos obtenidos por medio de implementación de cuestionarios bajo el Método Delphi. De acuerdo a los resultados, se concluye que el factor importante para la aplicación del método es la cooperación de los actores internos y externos de las distintas organizaciones encuestadas, ya que, del compromiso general y particular, como así también de la impronta individual en el momento de contestar la encuesta, surgen los parámetros analizados, dando lugar a la transparencia para llevar a cabo la aplicación del método.

En base a los resultados obtenidos, y a solicitud de la CESSI (Cámara de la Industria Argentina del Software), se aplicó el método para la evaluación de las empresas que participaron en los premios a la Calidad de la Industria del Software, otorgados por la Fundación Sadosky en sus ediciones 2019 y 2020, actualmente se está trabajando en la edición 2021. Así, en 2019, en cuanto a los parámetros analizados en este caso, se obtuvieron resultados que permiten concluir que el método utilizado presenta una fiabilidad y validez muy elevada, contrastada para todos los ítems, de manera general (coeficiente Alfa de Cronbach). La validez del instrumento se refiere al grado en que el instrumento mide aquello que pretende medir, y la fiabilidad de la consistencia interna del instrumento se puede estimar con el Alfa de Cronbach. La medida de la fiabilidad mediante el Alfa de Cronbach asume que los ítems (medidos en escala tipo Likert) miden un mismo constructo y que están altamente correlacionados.

El número de consultas realizadas (variables, preguntas) de la muestra, es otro de los argumentos que permite asegurar la fiabilidad del método. Cabe mencionar que existe una serie de elementos limitantes en este método como, por ejemplo, el número de preguntas; ya que es superior a la cantidad de empresas encuestadas (14 en este caso), pero de todos modos los resultados obtenidos son muy satisfactorios. Si bien, no existe un criterio o norma definitiva sobre el número de sujetos necesario, en principio son preferibles muestras grandes porque el error típico de los coeficientes de correlación será menor. De esta manera disminuye también la probabilidad de que surjan factores casuales que no aparecerán en análisis sucesivos con otras muestras. La relación que suele aconsejarse es de 300 a un mínimo de 150-200 sujetos, con un Ratio de 10 o 5 individuos por variable. No obstante ello, de acuerdo a los resultados, se concluye que el factor importante para la aplicación del método es la cooperación de los actores internos y externos de las distintas organizaciones encuestadas, ya que, del compromiso general y particular, como así también de la impronta individual en el momento de contestar la encuesta, surgen los parámetros analizados, dando lugar a la transparencia para llevar a cabo la aplicación del método.

Conclusiones

El presente trabajo propone un método que permite a las organizaciones/instituciones obtener información de puntos de vista sobre el comportamiento del Modelo de Gestión de Calidad de SSI. Ayuda a explorar de forma sistemática y objetiva problemas que requieren la concurrencia y opinión cualificada.

De los parámetros analizados, se obtuvieron resultados que permiten concluir que el método utilizado presenta una fiabilidad y validez muy elevada, contrastada para todos los ítems, de manera general.

Cabe destacar que, el método fue aplicado en la selección de las empresas que participaron en la edición 2019 del Premio Sadosky.

Como continuación del trabajo se está trabajando en la automatización del método, para lo cual se requiere tener conocimiento de análisis cuantitativo de datos para el tratamiento de la información y de alguna planilla de cálculo

o software específico de estadística para procesar los datos, esta automatización acortaría los tiempos de ejecución del método propuesto. Se trabaja en el análisis de la aplicación del método sobre un modelo de calidad ajustado a nuevos escenarios en lo que respecta a los intereses de los diferentes participantes o interesados.

Referencias

- Bennett, J. O., Briggs, W. L., & Triola, M. F. (2011). Razonamiento estadístico. Primera edición. PEARSON EDUCACIÓN, México. ISBN: 978-607-32-0759-1.
- Blanch, N., & Joekes, S. (1997). El rol de la estadística en el metodo científico". Modulo I del Curso de Posgrado "Estadística Aplicada a la Investigación", del Departamento de Educación a Distancia, Facultad de Ciencias Económicas, UNC. Retrieved from
- George, D., & Mallery, P. (2003). SPSS/PC+step by step: a simple guide and reference. : Wadsworth Publishing Co. Belmont, CA. EEUU.
- Gette, M. C. (2017). Modelo de Gestión de la Calidad Orientado a Empresas de Software y Servicios Informáticos (SSI) de la República Argentina. (Maestría), Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales, U.N.S.SL,
- ISO. (2011). ISO/IEC 25010:2011 Systems and software engineering -- Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) -- System and software quality models. In.
- Pallant, J. (2010). Spss survival manual.: Mc Graw-Hill. Berkshire. England.
- Quivy, R., & Compenhoudt, V. (1998). Manual de Investigación en Ciencias Sociales. México: Editorial Limusa, S.A.
- Sangüesa, M., Mateo, R., & Hzarbe, L. (2006). Teoría y Práctica de la Calidad. . España: Thomson.
- Sautu, R., Boniolo, P., Dalle, P., & Elbert, R. (2005). Manual de Metodología. Construcción del marco teórico, formulación de objetivos y elección de la metodología. Buenos Aires: CLACSO Editorial.

Detección de pose de objetos usando cámaras RGB para aplicaciones industriales

Object pose detection using RGB cameras for industrial applications

Rebeca Yuan

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco - Argentina
ryuan@facultad.sanfrancisco.utn.edu.ar

Micaela Mulassano

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco - Argentina

Bruno Chiabrando

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco - Argentina

Ibrahim Jaime

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco - Argentina

Gonzalo Cervetti

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco - Argentina

Javier Redolfi

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco - Argentina
javierredolfi@sanfrancisco.utn.edu.ar

Resumen

El avance y descubrimiento de distintos materiales y componentes tecnológicos, junto con el acoplamiento de algoritmos inteligentes, impacta en forma directa en la innovación de soluciones a distintos tipos de problemas. Un ejemplo de ello, es el uso de las cámaras RGB en el sector industrial. La presente investigación busca aplicar en el sector industrial, cámaras RGB junto a algoritmos de aprendizaje profundo, para la detección de la ubicación y la pose de los objetos que circulan por cintas transportadoras, propias del proceso productivo. El objetivo es reconocer la pose de los objetos ante diferentes variables como, por ejemplo, la velocidad de la cinta transportadora y la iluminación de la planta. En paralelo al armado del dataset de entrenamiento, se exponen los posibles modelos inteligentes a utilizar para alcanzar los objetivos planteados.

Palabras clave: cámaras RGB, visión artificial, aprendizaje automático.

Abstract

The advancement and discovery of different materials and technological components, together with the coupling of intelligent algorithms, has a direct impact on the innovation of solutions to different types of problems. An

example of this is the use of RGB cameras in the industrial sector. The present research seeks to apply RGB cameras in the industrial sector, together with deep learning algorithms, for the detection of the location and pose of objects that circulate on conveyor belts, typical of the production process. The objective is to recognize the pose of the objects in the presence of different variables such as, for example, the speed of the conveyor belt and the lighting of the plant. In parallel to the assembly of the training dataset, the possible intelligent models to be used to achieve the objectives are presented.

Keywords: RGB cameras, machine vision, machine learning.

Introducción

Actividades como el control de la calidad de piezas, manejo de inventarios, ordenado de piezas resultan tareas tediosas o peligrosas, la implementación de visión por computadora está cada vez más establecida en las industrias, que buscan mejorar sus procesos [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Estas aplicaciones se encuentran acompañadas por algoritmos de aprendizaje automático que dan soporte a la detección de objetos en las imágenes que la visión por computadora captura. Si bien existen muchos algoritmos para la detección de objetos, su uso en ambientes industriales está poco explorado. Para resolver el problema de percepción, se han utilizado muchos enfoques como segmentación, clasificación, etiquetado, etc [9]. Pero recientemente, los enfoques basados en redes neuronales se están volviendo populares gracias a que muestran resultados muy prometedores en comparación a métodos anteriores. Sin embargo, una de las desventajas es que requieren de muchos datos de entrenamiento, los cuales son difíciles de obtener [10].

En el trabajo realizado en [14] para el reconocimiento de paquetes de salchichas en la cinta de producción, se utilizó un algoritmo de detección de objetos genérico conocido como YOLO (You Only Look Once, en inglés). El algoritmo YOLO es un sistema de detección de objetos en imágenes que tienen dos etapas. Primeramente, hace uso de una única red neuronal convolucional para detectar objetos y luego plantea la detección como un problema de regresión para predecir las regiones con objetos y las probabilidades para cada clase. Recientemente, los enfoques basados en redes neuronales se están volviendo populares gracias a que muestran resultados muy prometedores en comparación a métodos anteriores. Sin embargo, una de las desventajas es que requieren de muchos datos de entrenamiento, los cuales son difíciles de obtener [10]. Además de esto, la mayoría de los trabajos se basan en el uso de sensores del tipo RGB-D [8, 10, 7, 11, 9, 12], los cuales son sensores relativamente accesibles para aplicaciones hogareñas (Microsoft KINECT, Asus XTION), pero son costosos si necesitamos que los mismos trabajen en ambientes industriales (SICK Visionari, Basler ToF camera).

Una cosa poco investigada es el uso de cámaras RGB de bajo costo o sistemas de múltiples cámaras en aplicaciones industriales. A diferencia de las cámaras industriales, son menos costosas y existen técnicas de procesamiento de imágenes muy estudiadas las cuales pueden ser usadas para resolver diferentes problemas. Además las cámaras de tipo industrial son sistemas cerrados, los cuales no pueden ser adaptados para resolver problemas particulares. Para la industria, resulta de interés investigar cómo aprovechar los datos generados por sistemas de múltiples cámaras, los cuales permitirán detectar a los objetos desde diferentes ubicaciones, mejorando la exactitud y evitando problemas de oclusiones.

El presente trabajo de investigación busca obtener el dataset que entrene el modelo a través el uso de las cámaras RGB en un ambiente industrial, para establecer la pose de la imagen con distintos algoritmos de clasificación y regresión, buscando determinar si los bosques aleatorios se corresponden al modelo que ofrece la mejor predicción.

Detección de Objetos

Con el objetivo inicial de lograr la detección de pose de objetos, se trabajó en primer lugar con el entrenamiento del modelo YOLOv3 para verificar el reconocimiento de las imágenes. Para ello se armó un conjunto de datos de entrenamiento formado por imágenes las cuales fueron acompañadas por un archivo de texto indicando las coordenadas con la posición de los objetos y la etiqueta de la clase a la que pertenece el objeto. Para nuestro caso, se trabajó con un único objeto. Se tomaron imágenes del proceso de empaquetado de salchichas. Para este etiquetado de las imágenes se utilizó el software Label Me el cual permite marcar en que parte de la imagen se encuentran los objetos de interés (Figura 1).



Figura 1 - Ejemplos de imágenes del conjunto de entrenamiento construido.

Después del entrenamiento del modelo el mismo fue evaluado sobre las 40 imágenes de test y se logró una precisión media promedio usando un valor de intersección sobre la unión de 0.5: $mAP@0.50 = 0.979592(97.96\%)$. En las 40 imágenes de evaluación hay 49 paquetes etiquetados y se obtuvieron los siguientes valores para positivos verdaderos (TP, por sus siglas en inglés), falsos positivos (FP, por sus siglas en inglés) y falsos negativos (FN, por sus siglas en inglés): $TP = 48, FP = 0, FN = 1$, concluyendo que el modelo basado en aprendizaje profundo logró la detección de paquetes en la cinta transportadora.

Planteo Detección de Pose

Actualmente nos encontramos trabajando en el armado de un dataset, con el objetivo de predecir el ángulo de rotación de un paquete con respecto a la imagen. Se busca armar un dataset que contenga la rotación del paquete de salchichas. Label Me, será la herramienta empleada para realizar la anotación poligonal de los objetos. Este dataset, estará formado por 360 imágenes correspondientes a cada ángulo de rotación, con la etiqueta correspondiente al mismo y será generado en forma sintética debido a que resulta muy tedioso realizar de forma manual estas rotaciones.

Con el afán de aplicar otro modelo de detección de pose, se plantea el uso de aprendizaje por regresión y clasificación. Se intentará aplicar el modelo que proponen los bosques aleatorios o técnica de Random Forest. Éstas se han convertido en un método popular en la visión por ordenador debido a su capacidad para manejar grandes conjuntos de datos logrando generalización, rapidez de cálculo y facilidad de implementación. [13].

El aprendizaje automático reúne distintos algoritmos para la clasificación de objetos, como la regresión logística, máquinas de soporte vectorial, clasificadores bayesianos y árboles de decisión. En un escalón más alto se encuentran los bosques aleatorios como herramienta más precisa para la clasificación. El bosque aleatorio, como su nombre lo indica, consiste en un gran número de árboles de decisión individuales que operan como un conjunto. Cada árbol individual en el bosque aleatorio evidencia una predicción de clase y la clase con más votos se convierte en la predicción de nuestro modelo. Un buen resultado se encuentra sujeto a la baja correlación entre los modelos, de tal manera que los modelos no correlacionados pueden producir predicciones de conjunto que son más precisas que cualquiera de las predicciones individuales. Esta característica hace al modelo de bosque aleatorio atractivo para la detección de pose.

Conclusiones

Aplicar distintos modelos de aprendizaje automático, permitirán completar las distintas poses que se busca obtener en la detección de objeto, no solo la identificación del mismo, sino también su posición y rotación con respecto a su ubicación en las cintas industriales.

Utilizando algoritmos de aprendizaje profundo es posible detectar objetos sobre cintas transportadoras, pero uno de los problemas es que estos algoritmos no son capaces de detectar la orientación de los mismos. Pero una de las desventajas de estos algoritmos es que necesitan muchos datos de entrenamiento para dar buenos resultados por lo tanto estos datos se están generando en forma sintética. Creemos que en base a esos datos sintéticos es posible detectar la orientación de los objetos que se trasladan por la cinta transportadora.

Por último, la utilización de cámaras RGB combinadas con modelos de aprendizaje automático, invita a la incorporación de nueva tecnología para la industria a bajos costos y con posibilidades accesibles.

Referencias

- [1] R. Yuan, I. Jaime, B. Chiabrando, and J. Redolfi, "Detección de Paquetes en Movimiento sobre una Cinta Transportadora Usando Visión por Computadora," in V Congreso Bional de la Sección Argentina del IEEE, IEEE ARGENCON, IEEE, 2020.
- [2] D. G. Dondo, J. A. Redolfi, and R. G. Araguás, "Application of deep-learning methods to realtime face mask detection," IEEE Latin America Transactions, vol. 19, no. 6, 2021.
- [3] M. Olmedo, J. A. Redolfi, D. G. Dondo, and R. G. Araguás, "Evaluación empírica de la robustez de diferentes redes neuronales usadas para la detección de objetos," Mecánica Computacional, vol. 37, no. 51, pp. 2045–2054, 2019.
- [4] Y. Hirano, C. Garcia, R. Sukthankar, and A. Hoogs, "Industry and object recognition: Applications, applied research and challenges," in Toward Category-Level Object Recognition, pp. 49–64, Springer, 2006.
- [5] M. H. Ali, K. Aizat, K. Yerkhan, T. Zhandos, and O. Anuar, "Vision-based robot manipulator for industrial applications," Procedia computer science, vol. 133, pp. 205–212, 2018.
- [6] S. Luan, Y. Li, X. Wang, and B. Zhang, "Object detection and tracking benchmark in industry based on improved correlation filter," Multimedia Tools and Applications, vol. 77, no. 22, pp. 29919–29932, 2018.
- [7] S. Kumra and C. Kanan, "Robotic grasp detection using deep convolutional neural net-works," in 2017 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp. 769–776, IEEE, 2017.
- [8] D. Guo, T. Kong, F. Sun, and H. Liu, "Object discovery and grasp detection with a shared convolutional neural network," in 2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 2038–2043, IEEE, 2016.
- [9] M. Schwarz, A. Milan, A. S. Periyasamy, and S. Behnke, "Rgb-d object detection and semantic segmentation for autonomous manipulation in clutter," The International Journal of Robotics Research, vol. 37, no. 4-5, pp. 437–451, 2018.
- [10] H. Karaoguz and P. Jensfelt, "Object detection approach for robot grasp detection," in 2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 4953–4959, IEEE, 2019.
- [11] J. Redmon and A. Angelova, "Real-time grasp detection using convolutional neural net-works," in 2015 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 1316–1322, IEEE, 2015.
- [12] B. Yang, H. Wen, S. Wang, R. Clark, A. Markham, and N. Trigoni, "3d object reconstruction from a single depth view with adversarial learning," in Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision Workshops, pp. 679–688, 2017.
- [13] Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32.

- [14] Yuan, R., Jaime, I., Chiabrandó, B. J., & Redolfi, J. A. (2020, December). Detección de Paquetes en Movimiento sobre una Cinta Transportadora Usando Visión por Computadora. In *2020 IEEE Congreso Bienal de Argentina (ARGENCON)* (pp. 1-6). IEEE.

Generación de conocimiento de bases de datos para agricultura de precisión

Knowledge base generation for precision agriculture databases

Gustavo Eduardo Juarez

Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina
Director del Proyecto PID IAI4950TC - UTN
gjuarez@doc.frt.utn.edu.ar

Daniel Eduardo Ibarra

Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina
danielibarra@doc.frt.utn.edu.ar

Raul Eugenio Tejerizo

Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina
raultejerizo@doc.frt.utn.edu.ar

Ruben Olea

Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina
ruben.o.olea@gmail.com

Francisco Vicente

Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina
franciscovicente@doc.frt.utn.edu.ar

Luis Vega Caro

Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina
vecagi@gmail.com

Alvaro Fraga

Facultad Regional Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina
alvarofraga@ieee.org

Resumen

El análisis de los datos de la producción agrícola, es muy complejo ya que interactúan la biología, el clima y las acciones humanas. La Agricultura adoptó tecnologías de precisión en años recientes. Con la disponibilidad de GPS y de otras tecnologías, se aumentó la productividad y rentabilidad. Los datos se almacenan en grandes conjuntos que no pueden ser estudiados sin la ayuda de un software adecuado. El trabajo propone la implementación de un modelo de base de datos en conjunto con respectivo proceso de extracción, transformación y carga (ETL), que servirá como base para un posterior tratamiento de los datos usando un análisis inteligente de grandes volúmenes usando técnicas de Big Data. Es un nuevo diseño que aprovecha la simpleza del modelo propuesto para la comprensión de la información contenida en los datos y la posterior toma de decisiones, que se utiliza para describir bastas cantidades de

datos, lo cual insumiría demasiados recursos computacionales. Los datos se están utilizando en el mundo agrícola para aumentar la eficiencia y al mismo tiempo disminuir el impacto sobre el medioambiente

Palabras clave: Agricultura de Precisión. Bases de Datos. Big Data. Toma de decisiones.

Abstract

The analysis of agricultural production data is very complex as biology, climate and human actions interact. Agriculture has adopted precision technologies in recent years. With the availability of GPS and other technologies, productivity and profitability have increased. The data are stored in large sets that cannot be studied without the help of appropriate software. The paper proposes the implementation of ETL and database model to support the use of intelligent analysis of large volumes using Big Data techniques. It is a novel design that takes advantage of its simplicity to understanding the information contained in data and subsequent decision making, which is used to describe vast amounts of data, which would take too much computational resources. Data is being used in the agricultural world to increase efficiency and at the same time decrease the impact on the environment.

Keywords: Precision Agriculture. Databases. Big Data. Decision making.

Introducción

La Agricultura de Precisión o Agricultura 4.0 representa un avance significativo para países eminentemente agrícolas como lo es Argentina. El presente trabajo se enfoca en la realización del análisis de datos meteorológicos, desarrollando un modelo de datos que integre variables complejas y dinámicas tal cuales son la biología, el clima y las acciones humanas [1]. La Agricultura 4.0 adopto tecnologías de precisión, que representan un avance disruptivo en un sector económico tan sensible a la economía de la República Argentina. El uso de estaciones meteorológicas capaces de integrar hasta 36 sensores junto con tecnologías de GPS, drones y análisis fotogramétrico, aumentan la productividad y la rentabilidad [2] [3], ya que proveen información de calidad para la toma de decisiones prácticamente en tiempo real. El aporte del sector agrícola a la economía de la República Argentina, en el periodo 2007-2013, representó aproximadamente el 9% del PBI (Agricultura, Pesca y Ganadería). Al comparar dicho porcentaje con el aporte de la agricultura en el PBI de otros países latinoamericanos como Brasil (6,1%) y México (4,2%), se observa en Argentina este sector es significativo [4]. La colección de datos climatológicos para propósitos agrícolas debe enfatizar confiabilidad, representatividad y debe ser adecuada respecto de su georreferenciación.

Importancia en la determinación del tiempo

La actividad agrícola requiere de información que permita apoyar las decisiones en torno a planificación de cultivos, sistemas de riego inteligente, plagas, alertas climatológicas, alertas meteorológicas (rocío, lluvia, granizo y otras). Ello unido a las enormes posibilidades que ofrecen las imágenes generadas en tiempo real y de alta definición a nivel de parcela, capturadas por los drones no pilotados, permiten avanzar de manera vertiginosa en el camino de la nueva agricultura de precisión.

El mayor desafío consiste en capturar, almacenar, buscar, compartir y agregar valor a los datos poco utilizados o inaccesibles hasta la fecha. No es relevante el volumen de datos o su naturaleza, siendo lo que importa su valor potencial, que sólo las nuevas tecnologías especializadas en Big Data pueden explotar. En última instancia, el objetivo de esta tecnología es aportar y descubrir un conocimiento oculto a partir de grandes volúmenes de datos.

Para poder evaluar el significado de la producción de cultivos como resultado de la investigación agrícola deben considerarse las interacciones de los factores claves: energía, agua, fertilidad, condiciones del suelo entre otros. El efecto del clima o su variabilidad se puede determinar con la precipitación y las temperaturas máximas y mínimas [5] [6] [7]. La recolección de los datos por las estaciones meteorológicas y las imágenes obtenidas son imposibles de manipular por técnicas convencionales. Para poder aprovechar todo el caudal de datos generados se deben incorporar procesos conocidos como ETLs (extration, transformation and load). Estos procesos tienen como propósito el manejo de múltiples fuentes de datos heterogéneos, mayormente no procesados, a los cuales se les busca transformar o manipular para posteriormente ser cargados en un sumidero disponible, para luego servir como base a los análisis y construcción de datos de entrenamiento, como en nuestro caso particular. Estos datos sin el proceso de ETL, se almacenan en conjuntos tan grandes y complejos de infraestructura que no pueden ser estudiados sin la ayuda de estas técnicas específicas que habilitan a la extracción de conocimiento. Una vez realizado el proceso

se procede a la implementación de un análisis inteligente mediante datamining de grandes volúmenes (Big Data) es crucial y determinante [8] [9] [10]. Este es un nuevo enfoque para la comprensión y la toma de decisiones [11], por lo que la implementación de un modelo de análisis que permita describir los grandes volúmenes de datos (estructurados, no estructurados y semi estructurados).

Tanto los grandes productores agrícolas como los agricultores de subsistencia (modalidad agrícola caracterizada por la producción solo de productos que se van a consumir). necesitan subirse a esta tendencia para acortar la brecha en los rendimientos. Los agricultores necesitan aumentar rendimientos y bajar costos, mientras que los consumidores exigen alimentos más saludables.

La actual capacidad computacional permite aumentar la capacidad de recolección, intercambio, proceso y simplificación de los datos, de una forma tal que está impactando en todo el ámbito agrícola: maquinaria agrícola, optimización de semillas, fertilizantes e insumos, riego y gestión predial. Para poder obtener valor del Big Data, esta debe ser procesada y analizada en un contexto de tiempo real, poniendo a disposición los resultados para tomar decisiones en las operaciones agrícolas. La efectividad en su uso también está relacionada con el hecho de contar con la mejor combinación posible de gente, procesos y tecnología. Los productos obtenidos a partir de la aplicación de los modelos de machine learning, serán exponencialmente mejores en la medida que más usuarios se unan y estos dispositivos sean entrenados.

Para llevar a cabo esta primera etapa del proyecto que consta de la extracción y preparación de los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas, la selección de tecnologías es primordial. Se ha escogido para esta tarea Apache Airflow [12], un proyecto creado por la empresa mundialmente conocida Airbnb y donado a la Fundación Apache [13]. La herramienta se enfoca en la orquestación de flujos de trabajos planificados, lo cual es perfecta para organizar las tareas de que debe conllevar un ETL. El proceso incluye también un manejador de mensajería robusta para contener todos los datos entrantes provenientes de los sistemas de estaciones meteorológicas, este software es conocido como Apache Kafka [14]. Apache Kafka, alimenta posteriormente a un sistema de procesamiento en tiempo real. Este sistema de procesamiento permite transformar los datos crudos, filtrar el ruido y depositarlos en la base de datos relacional como punto final, el software seleccionado para esto fue Apache Storm [15]. Cabe descartar que todos los sistemas utilizados para este proyecto son ampliamente utilizados en la industria y constan de un soporte continuo de una comunidad de desarrolladores como es la fundación Apache.

Sistema de Estaciones Meteorológicas Automáticas

A los fines operativos del presente trabajo se usan estaciones meteorológicas, las cuales integran un conjunto de dispositivos que monitorizan los parámetros atmosféricos y ambientales, utilizando instrumentos y sensores para realizar una medida precisa de la temperatura, humedad y presión atmosférica, entre otras variables. Este dispositivo es esencial para la vida cotidiana del hombre. La red de estaciones de las cuales se extrajeron las bases de datos poseen certificación de la WMO (World Meteorological Organization - Organización de Meteorología Mundial), lo cual garantiza la calidad de los datos y minimiza el error ponderado en las entradas del sistema. Asimismo, las estaciones seleccionadas se ubican en sitios abiertos, a 1.5 metros de altura, lo cual garantiza la reducción del frío y calor acumulado durante el día y noche respectivamente. Las estaciones meteorológicas automáticas constan de instrumental meteorológico, procesamiento y almacenamiento local, y de telecomunicaciones (telefonía celular, radiofrecuencia o internet) (ver Tabla 1).

<i>Instrumento</i>	<i>Variable que mide</i>
Termómetro o Termógrafo	Temperaturas del aire y del mar
Barómetro o Barógrafo	Presión atmosférica
higrómetro o Hidrógrafo	Humedad
Piranómetro o Piranógrafo	Radiación solar
Pluviómetro	Precipitación caída
Veleta	Dirección del viento
grabadora solar	Cantidad de sol en algún lugar o región

Anemómetro	Velocidad del viento
Psicrómetro	Punto de Rocío. Humedad Relativa y Específica

Tabla 1. Instrumental de estaciones meteorológicas

La estructuración de las bases de datos contiene información provista diariamente por estaciones meteorológicas del área de estudio. Los datos recolectados especifican un total de 20 variables meteorológicas, necesarias para el análisis del clima (ver Tabla 2).

Nombre	Descripción de variables
LAT	Latitud/Latitude
LON	Longitud/Longitude
YEAR, MO, DY	Fecha (año/mes/día) / Dates (year/month/day)
PRECTOT	Precipitación / Precipitation
QV2M	Humedad específica a 2 mts (g/kg) / (Specific Humidity at 2 Meters (g/kg)
RH2M	Humedad relativa a 2 mts (%) / Relative Humidity at 2 Meters (%)
PS	Presión Superficial (kPa) / Surface Pressure (kPa)
T2M_RANGE	Rango de Temperatura a 2 mts (C) / Temperature Range at 2 Meters (C)
TS	Temperatura terrestre (C)/ Earth Skin Temperature (C)
T2MDEW	Punto de Rocío o Escarcha a 2 mts (C)/ Dew/Frost Point at 2 Meters (C)
T2MWET	Temperatura de bulbo húmedo a 2 mts (C) /Wet Bulb Temperature at 2 Meters (C)
T2M_MAX	Máxima Temperatura a 2 mts (C) / Maximum Temperature at 2 Meters (C)
T2M_MIN	Mínima Temperatura a 2 mts (C) / Minimum Temperature at 2 Meters (C)
T2M	Temperatura a 2 mts (C) / Temperature at 2 Meters (C)
WS50M_MIN	Mínima velocidad del viento a 50 mts (m/s)/ Minimum Wind Speed at 50 Meters (m/s)
WS10M_MIN	Mínima velocidad del viento a 10 mts (m/s)/Minimum Wind Speed at 10 Meters (m/s)
WS50M_MAX	Máxima velocidad del viento a 50 mts (m/s)/Maximum Wind Speed at 50 Meters (m/s)
WS10M_MAX	Máxima velocidad del viento a 10 mts (m/s)/Maximum Wind Speed at 10 Meters (m/s)

Tabla 2. Variables Meteorológicas

Estudio del clima en zonas agrícolas del sur de la prov. De Tucumán

A partir del estudio del estado del arte, se logró determinar la existencia de bases de datos provistas por la NASA (National Aeronautics and Space Administration o Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio), con datos de estaciones meteorológicas terrestres, las cuales son supervisadas y monitoreadas por la EEAO (Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes). Se eligieron cinco de ellas con el objeto de construir un modelo que permita procesar los datos recolectados, encuadrándose el caso de estudio en los criterios fundacionales de Big Data son Volumen, Velocidad, Variedad, Veracidad y Valor, suficiente para inferir la solución.

Se determinaron como área de estudio los Departamentos de Chicligasta, Rio Chico y Simoca, todos ellos ubicados al sur de la Provincia de Tucumán, Argentina. Esta zona se caracteriza por mejorar la eficiencia y productividad del uso del agua en los cultivos, al tiempo que se reduce el impacto negativo sobre el medio ambiente, lo cual es crítico y de suma importancia para responder a la creciente demanda de alimentos en aumento. La zona comprende las localidades de Alpachiri, Ingas, Santa Ana, Monte Toro y El Sacrificio (ver Figura 1), con una extensión de aproximadamente 955 km² [12].



Figura 1: Ubicación de estaciones meteorológicas

Análisis, diseño y modelado de bases de datos relacionales

Mediante un enfoque numérico experimental, se procedió a la aplicación de técnicas de bases de datos relacionales, en particular abstracción, modelado, validación e implementación de código de bases de datos, enmarcados en los lenguajes de definición y manipulación de datos.

Las Bases de Datos utilizadas para construir el Big Data, se estructuraron en función de las variables provistas y de los datos que contienen (ver Tabla 3).

Location: Latitude -27.3423 Longitude -65.7739
Elevation from MERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 1429.19 meters Site = na
Climate zone: na (reference Briggs et al: <http://www.energycodes.gov>)
Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999
 -27.34229,-65.77389,2000,01,01, 1.27, 9.48, 56.13, 85.95, 11.92, 20.48, 10.77, 10.77,
 26.05, 14.13, 19.87, 1.10, 0.72, 5.84, 5.89

Tabla 3. Estructuración de los datos de variables ponderadas

El volumen de datos procesados alcanza el 1.000.000 de registros, definidos semánticamente por distintos comportamientos, tipos de datos y longitud. La frecuencia de los datos es diaria, contemplando el periodo comprendido entre el 1 de enero de 2000 y el 2 de mayo de 2021.

La zona es irrigada por ríos y arroyos, que en periodo estival de precipitaciones incrementan notablemente su caudal, lo cual provoca desbordes e inundaciones. A modo de ejemplo podemos citar a la localidad de La Madrid, ubicada en la intersección de la ruta provincial 157 y el Rio Marapa (al este de la zona de estudio). Este rio tiene una media anual de 0.68 mts. de profundidad, la cual en diferentes precipitaciones de los últimos años provocaron el crecimiento de su cauce, e inundó tanto áreas cultivadas como centros poblados, donde la principal víctima es la comuna de Lamadrid, alcanzando una profundidad de 6 mts. (Abril 2014), 5.6 mts (Marzo 2015) y 4.17 mts. (Marzo 2021).

En una primera aproximación a la solución, se contempló la utilización de bases de datos relacionales [13], [14], teoría de plena vigencia que permite representar problemas reales, además de administrar datos de una manera más dinámica. La gran ventaja de la base de datos relacional es que la tabla que se crea para almacenar los datos de forma estructurada, lo cual ofrece una mayor flexibilidad a la hora de realizar las consultas mediante el Lenguaje Estructurado de Consultas.

Para ello, se partió de un modelo relacional agrupando las variables por alguna propiedad común (humedad, temperatura, viento) y, por otra parte, registrando los datos de la estación meteorológica objeto del presente trabajo. (ver Figura 2)

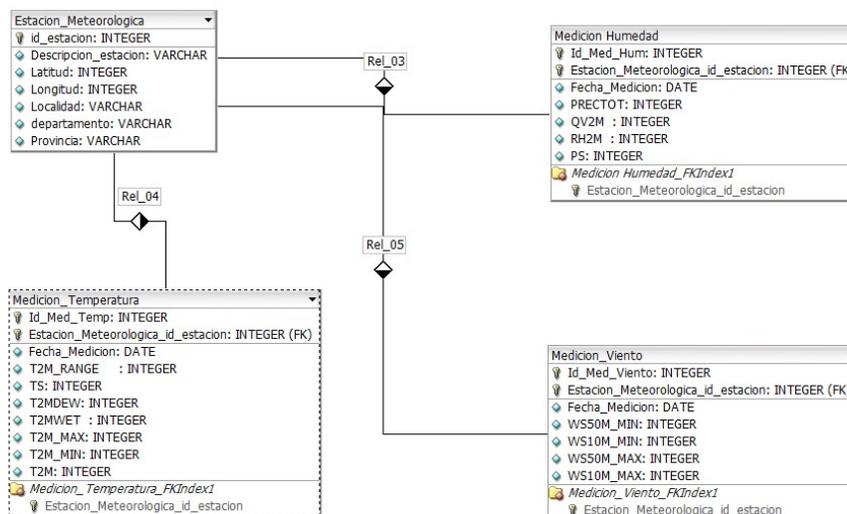


Figura 2: Modelo Relacional

Conclusiones

No es una novedad, pero mediante este trabajo se busca establecer la urgencia que tiene el sector agrícola de nuestro país de contar con más y mejor información, a partir de la gran cantidad de datos que se generan en torno a la actividad. La dificultad para reunir datos variados y confiables plantea la reflexión sobre la necesidad de contar con almacenes de datos colaborativos, públicos y de uso masivo. En una primera aproximación, se han usado técnicas de ETL y el uso de bases de datos relacionales para recolectar y agrupar los datos, en un modelo que luego permitirá inferir las necesidades de información necesarias para el análisis inteligente. Pero es el primer paso, los datos por si solos no son suficientes, las técnicas de manejo y administración basadas en Big Data representan un excelente camino en la generación de información para la toma de decisiones. El siguiente desafío pasa por definir y proponer diferentes alternativas de procesamiento para Big Data que mejor se ajusten a las necesidades del sector.

Referencias

- [1]. (Mario Alberto BRAGACHINI et al). "Agricultura de Precisión y Máquinas Precisas - INTA. Coordinador: Mario Alberto BRAGACHINI. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi". <https://inta.gob.ar/proyectos/AEAI-273001>
- [2]. (Dr. F. Javier Zarazaga-Soria). AGRICULTURA 4.0: "Las tecnologías de la Industria 4.0 aplicadas al campo". Autor. Coordinador del Grupo de Sistemas de Información Avanzados (IAAA). Universidad de Zaragoza (ESP).
- [3]. Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas http://www.eeaoc.org.ar/agromet/datos_online.php.
- [4]. La agricultura argentina en cifras. Informe de la Asociación de cooperativas vitivinícolas argentinas. <http://www.acovi.com.ar/observatorio/wp-content/uploads/2014/06/la-agricultura-argentina-en-cifras.pdf>.
- [5]. (George Hargreaves, 1989). "Manual para producción de cultivos en secano y bajo riego". International Irrigation Center. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABD739.pdf.
- [6]. (Keller, A.A. 1982: 152). "Development and analysis of an irrigation scheduling program with emphasis on forecasting consumptive use". Thesis presented in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, Agricultural and Irrigation Department, Utah State University.
- [7]. (Keller A.A. 1987: 224). "Modeling command area demand and response to water delivered by the main system". Agricultural and Irrigation Engineering Department, Utah State University, Ph.D. dissertation.

- [8]. (Britos, Paola Verónica, 2005). "Minería de datos basada en sistemas inteligentes". Nueva Librería /c.2005/ isbn: 9871104308.
- [9]. (Ferrán Aranaz, Magdalena., 2011). "Una metodología de minería de datos para la agrupación de series temporales". Universidad Complutense de Madrid.
- [10]. (Alvez, Carlos E., 2009). "Experiencias en la gestión de imágenes por contenido en bases de datos objeto-relacionales". Universidad Nacional de Entre Ríos, ISSN: 0327-5566.
- [11]. (Cox Earl, 2005). "Fuzzy Modeling and Genetic Algorithms for Data Mining and Exploration". Morgan Kaufmann Publishers is an imprint of Elsevier Inc.
- [12]. (Gustavo E. Juarez; Rubén Olea, 2020). "Estudio de estaciones meteorológicas de Tucumán". [.PNG]. Google Earth, <https://earth.google.com/web/@-27.49531265,-65.54807854,369.74957917a,86598.03802008d,30y,0h,0t,0r> . Tucumán – Argentina.
- [13]. (Edgar F. Codd, 1970: 377-387). "A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks") Commun. ACM 13(6).
- [14]. (Edgar F. Codd, 1971). "Further Normalization of the Data Base Relational Model". Research Report / RJ / IBM / San Jose, California RJ909.
- [15]. (Apache Airflow, 2019). <https://airflow.apache.org>.
- [16]. (The Apache Software Foundation, 2009). <https://www.apache.org>.
- [17]. (Apache Kafka, 2018). <https://kafka.apache.org>.
- [18]. (Apache Storm, 2014). <https://storm.apache.org>.

Modelo de balanceo de carga con calidad de servicio para aulas híbridas utilizando un Controlador SDN

Quality of Service Load Balancing Model for Hybrid Classrooms Using an SDN Controller

Juan Carlos CALLONI

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco – Argentina
jccalloni@gmail.com

Javier Daniel Saldarini

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco – Argentina
saldarinijavier@gmail.com

Federico Francia

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco – Argentina
federicomatiasfrancia@gmail.com

Antonela Calloni

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco – Argentina
antocalloni@gmail.com

Resumen

En la actualidad, como consecuencia de la pandemia Covid19, el uso de las redes en los campus universitarios han crecido de forma significativa, con la cantidad de dispositivos y en el ancho de banda utilizado. Este crecimiento genera un cambio disruptivo en la gestión de las redes en universidades y empresas. En este escenario es que se plantea este proyecto a través de las redes definidas por software (SDN). En particular se trata de realizar un modelo que defina un balanceo de carga del uso de los accesos a Internet con políticas para priorizar paquetes en función de la necesidad cambiante que puede tener una red local. El problema que se trata de resolver es la comunicación de políticas, como puede ser la calidad de servicio en video de aulas híbridas, entre diferentes necesidades de una red local Universitaria. Lo que se propone es un modelo de balanceo de carga a través de controladores SDN, para distribuir sus políticas. Para validar y a modo de ejemplo, abordaremos la calidad de servicio en un escenario de aulas híbridas a través de una herramienta de simulación, que se utilizará para paquetes de video.

Palabras clave: Redes definidas por Software, Modelo, Controladores, aulas híbridas, Calidad de Servicio, Balanceo de Carga.

Abstract

Currently, as a consequence of the Covid19 pandemic, the use of networks on university campuses has grown significantly, along with the number of devices and the bandwidth used. This growth generates a disruptive change in the management of networks in universities and companies. It is in this scenario that this project is proposed through software-defined networks (SDN). In particular, it is about making a model that defines a load balancing of the use of Internet accesses with policies to prioritize packets based on the changing need that a local network may have. The problem to be solved is the communication of policies, such as the quality of service in video of hybrid classrooms, between different needs of a local University network. What is proposed is a load balancing model through SDN controllers, to distribute their policies. To validate and as an example, we will address the quality of service in a hybrid classroom scenario through a simulation tool, which will be used for video packages.

Keywords: Software Defined Networks, Model, Controllers, Hybrid Classrooms, QoS, Load Balancing

Introducción

El creciente tráfico de multimedia, el uso servicios en la nube y aplicaciones móviles en línea generó un nuevo enfoque de la red [1].

Para entender lo que SDN aporta, conviene primero repasar cuáles son las funciones de un router o un switch en una red IP. Estos equipos soportan dos funciones fundamentales:

- Una función de transporte: que se podría entender como su función primaria y que consiste, en transportar datos a su destino. Para ello, estos equipos envían los paquetes de datos a dónde indiquen unas rutas previamente calculadas.
- Una función de control: que permite gestionar la función de transporte mediante otras dos subfunciones principales:
 - Intercambiar información sobre conectividad con otros equipos.
 - Calcular rutas con base en la información obtenida.

En el networking tradicional tanto las funciones de control como las de transporte son ejecutadas de forma distribuida en todos los routers/switches de la red.

Resumiendo los tres elementos que caracterizan al Software Defined Networking (SDN):

1. Separación clara entre las funciones de transporte y de control.
2. Centralización de la función de control.
3. Implementación de la función de control en software.

El hecho de centralizar la función de control y de implementarla en software conlleva a que la red se pueda programar mediante aplicaciones, lo que proporciona una enorme flexibilidad y facilidad de despliegue de funciones de red.

Además, el controlador puede exponer interfaces de aplicación que facilitan la manipulación y gestión de la red. [2] [3]

Para ello existe un controlador que escribe directivas en las tablas de flujo de los conmutadores openflow, haciendo que los dispositivos individuales relacionados a las redes tradicionales (routers, switches, etc) desaparezcan bajo el nuevo paradigma de las SDN. En otras palabras un conmutador openflow puede ser de acuerdo a las reglas escritas en las tablas de flujo, un switch, un router, o un firewall o lo que las reglas definan. Este enfoque de las redes puede responder fácilmente a las cambiantes necesidades del negocio y dar forma al flujo del tráfico, sin tener que buscar ni manipular equipos o hardware individuales [4].

El protocolo OpenFlow que toma las decisiones de envío de paquetes de forma centralizada, haciendo posible la programación de la red. Nace como protocolo experimental después de 6 años de investigación entre la Universidad de Stanford y Berkeley.

Las redes inalámbricas de área local (Wireless LAN, WLAN) basadas en el estándar IEEE 802.11 representan el mayor despliegue de tecnología en la actualidad. Con estas redes se da un crecimiento acelerado de aplicaciones de audio y/o video, tales como video en línea, videoconferencias, voz sobre IP, las cuales cada vez tienen mayores

requerimientos para garantizar la calidad de servicio (QoS). Sin embargo, la naturaleza poco confiable del medio inalámbrico se traduce en la necesidad de un control de tráfico más exigente que en las redes cableadas [5]. La complejidad física de la red actual y la gran cantidad de protocolos existentes en entornos en los que abundan las implementaciones propietarias, dificultan en gran medida una gestión eficiente de la red. Esto ha hecho que se opte por la búsqueda de una solución más flexible y que permita gestionar de manera eficiente los recursos disponibles. De este modo, debido a las necesidades actuales, nacen las redes definidas por software (Software Defined Networking (SDN)). Este nuevo paradigma introduce una nueva forma de ver las redes, haciendo que el plano de datos y el de control se encuentren totalmente desacoplados. Así, SDN permite una centralización de la red por medio de un controlador central, además de facilitar en gran medida la gestión de los equipos en entornos de heterogéneos gracias al protocolo OpenFlow [6].

En este proyecto se plantea alcanzar un modelo balanceo de carga de diferentes accesos de internet para priorizar paquetes en función de la necesidad. El problema que se trata de resolver es gestión de tráfico cada vez más complejo en una red local de una Universidad para la implantación de aulas híbridas. En definitiva, lo que se persigue un balanceo de carga del uso de Internet para mejorar la velocidad, la comunicación y la calidad de servicio por ejemplo de video conferencia en aulas híbridas, de una red local Universitaria.

La Hipótesis

En la actualidad, no existe un modelo que, mediante controladores y tecnología SDN, permita un balanceo de carga en un dominio de una red local Universitaria para la implementación de aulas híbridas que proporcione mejorar la comunicación generando calidad de servicio en los paquetes de video conferencia de las diferentes plataformas.

Calidad de Servicio

La calidad de servicio es definida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) como “El efecto global de la calidad de funcionamiento de un servicio que determina el grado de satisfacción de un usuario de dicho servicio”.

Entre las características de QoS está la clasificación y marcado, para diferenciar el tipo de tráfico en base al comportamiento de la red; dependiendo de cada infraestructura se podrá crear políticas para mejorar el desempeño de la red. La calidad de servicio en las redes ofrece una predicción de tiempos de respuesta para flujos de paquetes, operaciones, transacciones, etc., así como también gestiona las capacidades de las aplicaciones sensibles al jitter (audio y vídeo). Para proporcionar garantías en la transmisión de determinados flujos de los datos, la ISO (1994) introdujo el concepto QoS (Quality of Service); la cual se utiliza para medir la calidad del servicio ofrecido por una red de comunicación. El rendimiento de un servicio provisto por la red se gestiona a través de un conjunto de parámetros de QoS (por ejemplo, retraso, variación en el retraso, pérdida de paquetes, ancho de banda, tasa de bits) [7].

Aulas Híbridas

Es un entorno de aprendizaje que incluye una combinación de estudiantes que están presentes en el aula física y también participantes que se incorporan a la clase de forma virtual. El modelo de clase híbrida debe contar con la tecnología adecuada de Audio, Video y Colaboración para lograr una experiencia única a los estudiantes [8]. Este proyecto se centra en proyectos de enseñanza basada en la virtualidad y la presencialidad combinados. El blended learning o modalidad híbrida posibilita combinar los elementos positivos de la modalidad a distancia (virtual) con los de la modalidad presencial. Pero no basta solo incorporar recursos de ambas modalidades para obtener un aprendizaje eficaz, sino que hay que poner estos recursos en función del modelo pedagógico que se adopte, el cual debe estar centrado el estudiante. Es así como un creciente número de universidades está adoptando modelos híbridos que combinan la enseñanza tradicional, es decir presencial, con la instrucción en línea, creando así modelos educativos flexibles y acordes a los nuevos tiempos. Blended learning, traducido a veces como aprendizaje híbrido, semipresencial o combinado, es un modelo de instrucción que entreteteje elementos de la clase presencial y el aprendizaje en línea [9].

Desarrollo.

Definición del Problema

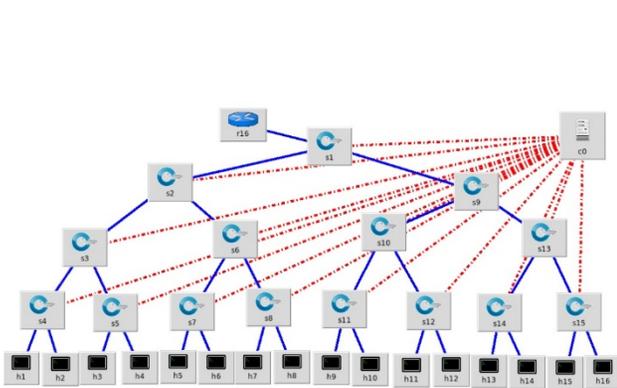


Figura 1– Red de Árbol con Mininet 4x2.

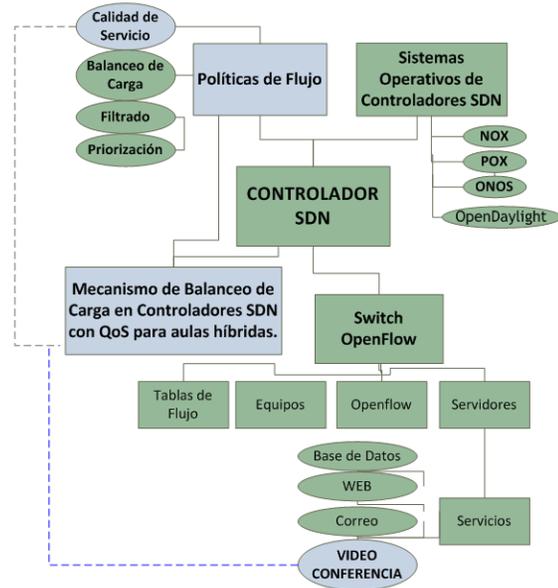


Figura 2 – Modelo abstracto del Mecanismo de balanceo de carga propuesto.

Según el escenario planteado en la Figura 1, el problema que busca resolver este proyecto es balanceo de carga de paquetes de Internet en una red. Si mostramos un gráfico de una red clásica en donde los controladores empiezan a manejar y tomar el control de la red podremos ver en figura 1. Podemos observar que gestionar y administrar el tráfico de este tipo de redes complejas donde hay más de dos niveles de cascada de switch en una red LAN, sería muy difícil sin un controlador como se ve en el ejemplo que direcciona, prioriza, desprioriza, el paquete como algunas de las acciones que se pueden llevar adelante. Ahora bien, si la red pasa a ser más compleja y aparecen routers y además está virtualizada en la nube. Lo que se propone en Figura 2 es plantear un modelo abstracto de balanceo de carga entre diferentes líneas de red WAN, mediante un controlador y tecnología SDN, que permita calidad de servicio de video conferencia en aulas híbridas y con eso generar una mejora en la QoS cuando la red se satura de conexiones.

Objetivos de esta investigación

Objetivo General

Definir un modelo de balanceo de carga en Controladores SDN para la implementación de aulas híbridas con calidad de servicio en una red local de un campus universitario.

Objetivos específicos:

- Realizar la recopilación y análisis de los datos del dominio que se investiga para desarrollar el modelo conceptual.
- Definir un modelo de balanceo de carga mediante Controladores SDN para la implementación de aulas híbridas con calidad de servicio.
- Ensayar en laboratorio de simulación como ejemplo para balanceo de carga en calidad de servicios en la transferencia de video conferencia.

Modelo

El modelo que en esta etapa se plantea es inicial y teórico para poder validarlo en las pruebas de laboratorio. Luego se seguirá escalando dicho modelo para llevarlo a un modelo general único como se muestra en la figura 2.

A continuación, se muestra la figura 3 del modelo de diagrama de clases entre la comunicación de un controlador SDN y un Switch Open Flow, en donde la clase “Mecanismo de balanceo de carga en Controladores SDN con QoS para aulas híbridas” es el núcleo de nuestro proyecto que nos permitirá desarrollar un prototipo para realizar las pruebas de laboratorio que prueban la hipótesis planteada.

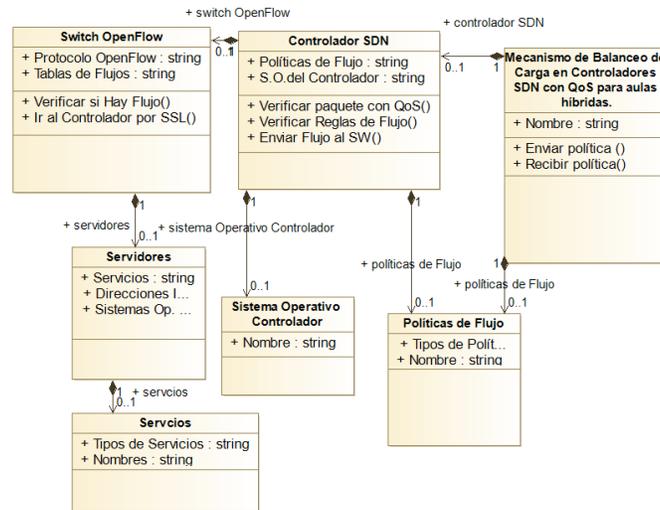


Figura 3 – Diagrama de Clase Propuesto

Como podemos ver en la Figura anterior, queda reflejado el marco conceptual de términos, metodología y teoría a utilizar en este proyecto. Aunque nos interesa el modelo en general de las redes SDN, en particular nos centraremos en el Mecanismo de balanceo de carga en Controladores SDN con QoS para aulas híbridas.

Prueba de Laboratorio y Simulación.

La metodología propuesta es ensayar en un laboratorio simulado en la herramienta Mininet, un ejemplo de transferencia de video conferencia o streaming con calidad de servicio, a través de la medición de latencia, jitter (fluctuación o inestabilidad de la señal o señal con ruido), ancho de banda y pérdida de paquetes entre nodos de la red local. Para ello utilizamos el escenario de laboratorios de la Universidad y un aula híbrida. En estos nodos se prepara un escenario de prueba con un dominio de red LAN y con diferentes servicios corriendo además de video conferencia con un controlador SDN, simulando una clase o streaming multimedia de videoconferencia, al que se le suma balanceo de carga que se comunica al aula híbrida para priorizar dichos paquetes. Este es el escenario de calidad de servicio balanceo de carga de paquete de internet mediante la transmisión de una política, que pretende probar que el modelo planteado en este proyecto, genera que se direccionen los mismos con calidad de servicio. Se utilizaron dos formatos para el video de diferentes tamaños de videos 480, 720 y 1080. Para analizar calidad de servicio en cada formato y tamaño, en los puntos que se montaron como aulas híbridas se analizaron y realizaron capturas de paquetes con un cliente openRTSP que es un programa de línea de comandos que se puede utilizar para abrir, transmitir, recibir y opcionalmente grabar secuencias de videos especificados por una URL mediante RTSP, que es el protocolo de transmisión en tiempo real (del inglés Real Time Streaming Protocol), que establece y controla uno o muchos flujos sincronizados de datos, ya sean de audio o de video. El RTSP actúa como un comando a distancia a través de la red para servidores multimedia [10].

Resultados

Entonces se desarrolló un script de prueba para ejecutar 10 veces para cada formato de archivo y tamaño, por el aula híbrida para el envío de la política junto la calidad de servicio y priorización de paquetes. Luego se desarrolló un programa en JAVA para interpretar esos datos en formato texto y pasarlo a un archivo que sea interpretable por algún software de estadística, obteniendo los siguientes resultados.



Figura 4– Total de Kbytes recibidos

Como podemos observar en las figuras 4 en el eje X tenemos la cantidad de ejecuciones de la recepción del video desde las diferentes pruebas con Balanceo de carga, con calidad de servicio (QoS) y sin gestión de tráfico. En total fueron 60 ejecuciones para las diferentes variables de videos por nodo.



Figura 5 – Jitter promedio ms.



Figura 6 – Porcentaje de paquetes perdidos.

Como podemos observar en la figura 5 en los gráficos, los jitter y el porcentaje de paquetes perdidos que se encuentra en la figura 6 son mejores cuando los que ejecutamos con el controlador SDN con balanceo de carga.

Conclusión

Podemos mencionar que la hipótesis planteada con sus objetivos fueron cumplidos. Se planteó a nivel general un modelo abstracto para balanceo de carga con calidad de servicio (QoS) desde controladores SDN en una red local universitaria, para priorizar paquetes de video conferencia en aulas híbridas. Para validar la propuesta se diagramó un escenario de prueba simulado a través de la herramienta Mininet con un aula híbrida, donde se montó una conexión a un controlador SDN a través de un switch con protocolo Openflow y se simuló la transmisión de video conferencia para analizar calidad de servicio, con balanceo de carga, priorizando los paquetes. En el ejemplo se proponía video conferencia. En el análisis estadístico de calidad de servicio de las ejecuciones que se hicieron, aparece que la opción con un controlador SDN con balanceo de carga para priorizar los paquetes de video conferencia es el que obtiene los mejores resultados de análisis de tráfico. Con lo que queda demostrado nuestra hipótesis, de contar con un modelo de un controlador de tecnología SDN que permita un balanceo de carga de varios acceso a internet en un dominio de una red local universitaria para la implementación de aulas híbridas, proporciona una mejorara en la velocidad de comunicación, generando calidad de servicio en los paquetes de video. Cabe aclarar que las pruebas se realizaron con carga simulada pero no con ocupación real de todo el campus universitario debido a las restricciones planteadas por la pandemia Covid19.

Trabajos Futuros

Se plantea en proyectos futuros, mejorar el modelo y refinarlo con pruebas en un escenario real pero con mayor carga cuando las actividades vuelvan a la normalidad y con ese modelo construir un algoritmo para realizar una API en distintos lenguajes para diferentes controladores, para luego generalizarlas y que sirva como intermediario para diferentes escenarios de proyectos de aulas híbridas mediante controladores SDN con políticas de calidad de servicio.

Referencias

- [1] . B. D. O. Cajas, «SDN Applications and Plugins in the OpenDaylight Controller,» de *Conferencia IEEE 2020 de jóvenes investigadores rusos en ingeniería eléctrica y electrónica (ElConRus)*, San Petersburgo y Moscú, Rusia, Rusia, 2020.
- [2] ouse, «Searchsdn Techtarger,» 08 2015. [En línea]. Available: <http://searchsdn.techtarger.com/definition/software-defined-networking-SDN>. [Último acceso: 02 2016].
- [3] . Nogales, «ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS REDES,» Universidad de Extremadura Centro Universitario de Mérida, Mérida - España, 2015.
- [4] A, «ccna-certification,» 25 10 2015. [En línea]. Available: <http://www.ccna-certification.info/que-es-el-software-defined-networking-sdn>. [Último acceso: 02 2016].
- [5] J. Velásquez, «Implementación y evaluación de una estrategia para garantizar mantenimiento de QoS en la transmisión de video en tiempo real en redes WLAN bajo el esquema de gestión SDN,» Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, 2019.
- [6] . Delgado, «Estudio de redes definidas por software (SDN) y su aplicación a la Ingeniería de Tráfico,» Universidad de Zaragoza , Zaragoza , 2018.
- [7] . d. Silva, «Um modelo de gerenciamento da qualidade de experiência para a provisão de serviços cientes de contexto.,» Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2017.
- [8] . Mario E. Díaz Durán, «Nuevas Herramientas Tecnológicas en la Educación Superior,» de *Interamericano presentado en la XXXI Conferencia Interamericana de Contabilidad, Punta Cana*, Punta Canas, 2015.
- [9] M. S. María de los Ángeles Legañoa Ferrá, «Blended Learning O Modalidad Híbrida En La Capacitación De Docentes,» Universidad De Camagüey, Universidad De Apec, Camagüey, 2004.
- [10] Networks, Inc., «Un cliente RTSP de línea de comandos,» 8 2015. [En línea]. Available: <http://www.live555.com/openRTSP/>. [Último acceso: 8 2017].

Ontologías de Usabilidad Temprana: Un Estudio de Mapeo Sistemático de Literatura

Early Usability Ontologies: A Systematic Mapping Study of the Literature

Paz Menvielle, María Alejandra.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Córdoba, Argentina.
mpaz@frc.utn.edu.ar

Meloni, Brenda Elizabeth.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Córdoba, Argentina.
bmeloni@frc.utn.edu.ar

Garnero, Ana Belén.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Córdoba, Argentina.
agarnero@frc.utn.edu.ar

Ligorria, Karina Paola.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Córdoba, Argentina.
karinaligorria@gmail.com

Marciszack, Marcelo Martín.

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Córdoba, Argentina.
mmarciszack@frc.utn.edu.ar

Resumen

La usabilidad es un aspecto de los requerimientos no funcionales que está cobrando relevancia en la ingeniería de software. Si bien es considerada un factor determinante de la calidad de software, sus atributos resultan difíciles de medir en etapas tempranas del proceso de desarrollo. Actualmente el volumen de publicaciones científicas en relación a la usabilidad, su análisis y aplicación con el objetivo de mejorar la interacción de los usuarios con los sistemas se encuentra en constante crecimiento. El objetivo de este trabajo es, mediante un estudio de mapeo sistemático de la literatura, determinar si se han desarrollado ontologías de usabilidad que sean aplicables al proceso de desarrollo del software, o si es necesario elaborarla.

Este SMS se encuentra en proceso de desarrollo por lo que presentamos los avances realizados, conclusiones preliminares y trabajos futuros.

Palabras clave: estudio de mapeo sistemático, ontología, usabilidad, calidad de software

Abstract

Usability is an aspect of non-functional requirements that is gaining relevance in software engineering. Although it is considered a determining factor of software quality, its attributes are difficult to measure in the early stages of the development process.

Currently, the volume of scientific publications in relation to usability, its analysis and application with the aim of improving user interaction with systems is constantly growing. The objective of this work is, through a systematic mapping study of the literature, to determine if usability ontologies have been developed that are applicable to the software development process, or if it is necessary to develop them.

This SMS is in the process of development, so we present the progress made, preliminary conclusions obtained and future work.

Keywords: Systematic Mapping Study, ontology, usability, software quality

1. Introducción

El avance de Internet, ha incrementado la demanda de software en la web, el cuál debe reunir requisitos de calidad y proveer una interfaz amigable para el usuario teniendo en cuenta todos los aspectos de usabilidad. Este crecimiento, no solo ha traído como consecuencia el desarrollo de nuevas características de multimedia diseñadas para la interacción humana, sino también que se consideren aspectos críticos que tienen que ver con la elicitación y el diseño de los sistemas (Pons et al., 2010). Esto contribuye a la seguridad y a la integridad de los sistemas, brindando confianza e incentivando al uso de los mismos en los sitios web. Bajo estas premisas, la ingeniería de sistemas replantea sus metodologías de diseño con el objetivo de construir aplicaciones para sistemas basados en entornos web, los cuales deben reunir cierto grado de calidad aplicando principios de la ingeniería del software (Pressman, 2000). En este contexto, muchas veces la calidad de las aplicaciones web, y por lo tanto de la usabilidad web, han sido evaluadas basándose en el sentido común, experiencia y lógica de los desarrolladores (Abrahao et al., 2003).

La norma ISO/IEC 25010 (ISO/IEC 25010, 2011) define usabilidad como “Capacidad del producto software para ser entendido, aprendido, usado y resultar atractivo para el usuario, cuando se usa bajo determinadas condiciones”. Por su parte una ontología, según T. R. Gruber (1993), se define como "una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida, que incluye términos y conceptos que existen en un dominio dado, sus propiedades y las relaciones entre ellos". Descubrir y visualizar el estado del arte de ontologías de usabilidad temprana de software, específicamente en sistemas web, permitiría generar una base terminológica robusta para formalizar los estudios sobre usabilidad del software.

El presente trabajo se desarrolla en el marco del Proyecto de Investigación y Desarrollo “Un Modelo de Análisis para Aplicación de Patrones en el Modelado Conceptual de Aplicaciones Web. Fase II” en el “Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Sistemas de Información – CIDS”, dependiente del Departamento Ingeniería en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba.

Este trabajo propone un estudio de mapeo sistemático (SMS) con el objetivo de determinar si se han desarrollado ontologías de usabilidad que sean aplicables al proceso de desarrollo del software web. Para ello, se siguieron los lineamientos sugeridos por Marcela Genero Bocco (Genero Bocco et al., 2014, 199-246) y Bárbara Kitchenham (Kitchenham et al., 2010, 792-805), que desarrollan varias actividades discretas y no secuenciales ordenadas en tres grandes fases: planeamiento, ejecución y presentación del SMS.

A continuación, se describe el mapeo sistemático realizado. En la sección 2 se especifica el procedimiento que se llevó a cabo para realizar el mapeo. En la sección 3 se ejecuta el procedimiento del SMS, se describen los resultados obtenidos y, se discuten los mismos para responder las preguntas de investigación. Finalmente, en la sección 4, se presentan una conclusión y una propuesta de trabajos futuros.

2. Planificación del mapeo

En este apartado se presentan cada una de las actividades realizadas durante la planificación del proceso de ejecución del SMS llevado a cabo. Teniendo presente que el objetivo es identificar ¿qué se ha hecho? acerca de la aplicación de ontologías relacionadas con la usabilidad temprana, es decir, en las primeras etapas en el proceso de desarrollo de software.

2.1. Fundamentación

La Internet ha impulsado a la ingeniería de software a buscar técnicas para el desarrollo de sistemas de información, que incorporen aspectos de calidad y sobre todo criterios de usabilidad, durante el proceso de construcción del software basados en ISO/IEC 25010 (ISO/IEC 25010, 2011). En el contexto descrito, interesa saber si se han diseñado ontologías específicas para dar soporte a especificaciones de usabilidad, que es uno de los Requerimientos No Funcionales fundamentales en aplicaciones web.

En el artículo “Análisis de usabilidad web a través de métricas estandarizadas y su aplicación práctica en la plataforma SAEFI” (Mex-Alvarez et al., 2019, 15-24) presentan a la norma ISO/IEC 25010 (Square) que contempla a la usabilidad como un aspecto de calidad bajo dos puntos de vista:

- i. Un modelo de calidad del producto, compuesto por ocho características que se relacionan con las propiedades estáticas del software y las propiedades dinámicas de la computadora sistema. El modelo es aplicable tanto a los sistemas informáticos como a los productos de software.
- ii. Un modelo de calidad en uso, compuesto por cinco características que se relacionan con el resultado de la interacción cuando un producto se utiliza en un contexto particular de uso. Este modelo de sistema es aplicable a todo sistema humano-computadora, incluyendo tanto sistemas informáticos y productos de software en uso.

En la figura 1 se presenta el modelo de calidad de la Norma ISO 25010 y sus características:

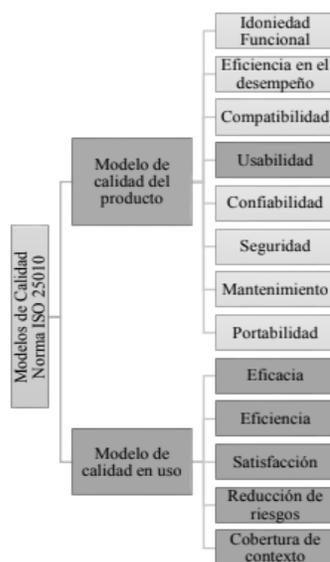


Figura 1. Modelo de Calidad Norma ISO 25010.

2.1.1. Preguntas de investigación

A continuación, como se expone en la Tabla 1, se formulan las preguntas de investigación y los motivos que dieron origen a las mismas.

Pregunta de investigación	Motivación
PI_1: ¿Cuáles son las ontologías vinculadas al dominio de la usabilidad del software?	Conocer que ontologías vinculadas a usabilidad han sido desarrolladas.
PI_2: Según los modelos de calidad definidos en ISO/IEC 25010: ¿Qué categorías del modelo de calidad en uso han sido trabajadas con ontologías en aplicaciones web?	Encontrar si se han considerado categorías de usabilidad en el desarrollo de aplicaciones web en las cuales se aplicaron ontologías.
PI_3: Según los modelos de calidad definidos en ISO/IEC 25010: ¿Qué características del modelo de calidad del producto de software han sido trabajadas con ontologías en aplicaciones web?	Descubrir las características del modelo de calidad del producto han sido contemplados en alguna ontología.

Tabla 1. Preguntas de investigación y motivaciones.

2.2. Estrategia de búsqueda

La búsqueda se realizó en la biblioteca digital Scopus, la cual indexa los trabajos publicados en IEEE Explorer, ACM y Springerlink. El periodo de tiempo cubierto es desde el año 2012 al 2021. Las secciones de los artículos donde se realizó la búsqueda son: título, abstract/resumen y palabras clave.

Los términos aplicados en la cadena de búsqueda son: (1) ontology; (2) usability; (3) quality; y (4) non functional requirements.

La cadena de búsqueda definida es la siguiente:

TITLE-ABS-KEY (ontology AND (usability OR "non functional requirements" OR quality))

2.3. Proceso de selección de artículos

La cadena de búsqueda indicada en el ítem anterior, fue refinada aplicando los siguientes criterios de inclusión y exclusión que se exponen a continuación:

1. Criterios de inclusión: (a) artículos publicados entre el 1 de enero de 2012 y el 31 de julio de 2021; (b) publicaciones en idioma inglés y español; (c) publicaciones del área de las Ciencias de la Computación; y (d) publicaciones en journals y actas de conferencia.
2. Criterios de exclusión: (a) publicación duplicada y semi duplicados; (b) literatura gris (no convencional o semi publicada); (c) fuera de nuestro objetivo después de una lectura del resumen; y (d) fuera de nuestro objetivo después de una lectura completa.

Los artículos encontrados al ejecutar la cadena de búsqueda, se incluyeron en una planilla Excel. Seguidamente se leyeron los resúmenes y palabras claves aplicando los criterios de inclusión y exclusión definidos. La selección de los estudios se realizó por los autores del trabajo en partes iguales, consultando al resto de los autores cuando se presentan dudas o discrepancias.

2.4. Proceso de extracción de datos

El formulario de extracción de datos consta de dos partes, la primera con los metadatos de cada estudio primario: título, autor, tipo de publicación, nombre de la conferencia/revista, año, link de acceso, palabras clave y resumen. La segunda parte contiene las dimensiones y categorías del esquema definido para clasificar los estudios primarios seleccionados, como se muestra en la Tabla 2. Este esquema de clasificación tiene en cuenta cada una de las preguntas de investigación y las categorías se obtuvieron de (Aranda et al., 2005) y de (Mex-Alvarez et al., 2019, 15-24).

Dimensiones (Relacionada a la Pregunta de Investigación)	Categorías
PI_1: Tipos de ontologías vinculadas a usabilidad de software	Difusa Genérica De dominio De tareas De aplicación de Información De modelado de conocimiento.
PI_2: Tipos de características en el modelo de uso en plataformas web con ontologías	Eficacia Eficiencia Satisfacción Reducción de riesgos Cobertura del contexto
PI_3: Características de usabilidad de producto trabajadas con ontologías	Adecuación reconocible Capacidad de aprendizaje Operabilidad Protección contra errores Estética de la interfaz de usuario Accesibilidad.

Tabla 2. Dimensiones y categorías de clasificación

2.5. Proceso de síntesis

Fueron varios los recursos utilizados para reflejar el análisis de los resultados obtenidos al llevar a cabo el estudio de mapeo sistemático. Se recurrió a la narrativa para relatar paso a paso el proceso de selección de artículos y las distintas instancias de inclusión y exclusión de los mismos. Seguidamente se expresaron los resultados preliminares también en forma narrativa.

3. Ejecución del SMS

En esta sección se exponen los pasos realizados para la ejecución del SMS, seguidamente se interpretarán y discutirán los resultados preliminares obtenidos.

- a. Se completó la cadena de búsqueda, citada en el apartado 2.2, con los filtros necesarios para incorporar los criterios de inclusión, expuestos en el apartado 2.3.
- b. La cadena de búsqueda conjuntamente con los filtros, obtenida en el punto anterior, se aplicó en la biblioteca digital Scopus. Con esta configuración se obtuvieron 556 artículos.
- c. Los documentos recuperados de acuerdo al proceso anterior, se incluyeron en una planilla Excel. Se asignó un número o código único a cada documento, y se procedió a repartir la lectura de abstracts y palabras clave de los mismos entre los integrantes del grupo de trabajo. A cada integrante se le asignaron 139 artículos.
- d. Con el objetivo de descartar los documentos que cumplieran con los criterios de exclusión expuestos en la sección 2.3, se procedió a marcar cada artículo analizado como “aceptado para su lectura completa” o “rechazado por considerarse fuera del alcance del objetivo de la investigación”. Tanto el estado como el motivo de la decisión, se registró en la planilla. Como resultado, se obtuvo un subconjunto de 28 artículos aceptados para su lectura completa.
- e. Seguidamente, los 28 artículos aceptados para su lectura completa se registraron en una nueva planilla llamada “extracción de datos”, en donde se respetó el número o código único asignado previamente a cada documento, esto permitió establecer una trazabilidad entre los documentos de esta planilla y la generada en el punto c. En la tabla “extracción de datos”, se registró el número o código de artículo, autores, título y año de la publicación. Cualquier otra información adicional puede ser recuperada de la tabla original.
- f. Luego, se procedió a la recuperación del artículo completo a través de la biblioteca digital Scopus. De este proceso de búsqueda se obtuvieron 19 artículos completos. El acceso a los 9 artículos faltantes requería el pago de los mismos, por lo que se etiquetaron en la tabla como “Publicación paga”.
- g. De acuerdo a la lectura completa y análisis de los artículos recuperados en el punto anterior, los artículos fueron finalmente aceptados o rechazados considerando las preguntas de investigación definidas en el punto 2.1.1, y los criterios de inclusión y exclusión expuestos en la sección 2.3.
- h. De los artículos aceptados, se procedió a su clasificación de acuerdo a las dimensiones y categorías citadas en la sección 2.4. Por este motivo, a la tabla denominada extracción de datos, se le agregaron columnas adicionales para registrar este paso. Los artículos rechazados en esta instancia, se registraron en la planilla generada en el punto c, con el estado “rechazado luego de lectura completa” y, además, se registró el motivo de la decisión. Luego se procedió a su eliminación de la planilla de extracción de datos.

4. Resultados preliminares

De acuerdo a los resultados de la búsqueda, de un total de 556 artículos, el 95 % fueron rechazados después de la lectura de abstracts y palabras claves por considerarse fuera del dominio, el 1.6 % fueron descartados por no disponer de la publicación completa (9 artículos) y el 3.4% fueron aceptados para una lectura completa del documento (19 artículos).

De los artículos disponibles para realizar la lectura completa, aproximadamente el 50% fueron leídos y analizados, lo que nos permite inferir los siguientes resultados iniciales:

- el 90% de los documentos fueron descartados por estar fuera del dominio de la investigación (calidad de ontologías, enfoques ontológicos para otras etapas del desarrollo de software, ontologías de otros requisitos no funcionales, ontologías de requerimientos funcionales, entre otras).

- el 10% restante incluye la temática de ontologías de especificación de requerimientos no funcionales pero no exclusivamente de usabilidad.

5. Conclusiones y trabajos futuros

Durante el proceso se realizó una búsqueda exhaustiva de artículos de investigación, se pudo observar que la línea de investigación sobre ontologías de usabilidad en sistemas web es relativamente nueva. Esto queda evidenciado en la poca cantidad de material bibliográfico encontrado. La Ingeniería de Sistemas debe tomar en cuenta estos trabajos porque permitirían mejorar el proceso de elicitación de requerimientos en forma temprana, evitando la introducción de errores en el diseño y brindando la posibilidad de validar los procesos con el cliente tempranamente en forma complementaria con otros modelos.

Como trabajos futuros, se plantea la lectura completa de todos los documentos y la confección de la planilla de extracción de datos definitiva. Seguidamente, se procederá a realizar el proceso de tabulación, realización de gráficos estadísticos e interpretación de los resultados según lo que se detalló en el proceso de síntesis, para finalmente arribar a conclusiones referidas al estado del arte de la temática bajo análisis y de acuerdo a las preguntas de investigación planteadas en el presente trabajo.

Referencias

- Abraham, S., Condori-Fernandez, N., Olsina, L., & Pastor, O. (2003). Defining and validating metrics for navigational models. In Proceedings Ninth International Software Metrics Symposium. Australia.
- Aranda, G. N., Ruiz, F., Universidad Nacional de La Plata - Argentina. (2005). Clasificación y ejemplos del uso de ontologías en Ingeniería del Software. In SEDICI. Workshop en Ingeniería del Software y Bases de Datos WISBD. Retrieved 08 19, 2021, from <http://www.grise.upm.es/rearviewmirror/projects/status/results/MorenoSanchezJISBD2003.PDF>
- Genero Bocco, M., Cruz-Lemus, J. A., & Piattini Velthuis, M. (2014). Métodos de Investigación en Ingeniería del Software. RA-MA Editorial. ISBN: 978-84-9964-507-0
- Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. Science Direct. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1042814383710083>
- ISO/IEC 25010. (2011). Norma ISO/IEC 25010 Calidad del Producto de Software. Normas ISO 25000. <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010>
- Kitchenham, B., Pretorius, R., Budgen, D., Breton, O.P., Turner, M., Niazi, M., & Linkman, S. (2010). Systematic literature reviews in software engineering – A tertiary study. Information and Software Technology, vol.52((8)), pp. 792-805. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>
- Mex-Alvarez, D. C., Hernández-Cruz, L. M., Uc-Rios, C. E., & Cab-Chan, J. R. (2019). Análisis de usabilidad web a través de métricas estandarizadas y su aplicación práctica en la plataforma SAEFI. Revista de Tecnologías Computacionales, Vol.3(No.9), 15 - 24. DOI: 10.35429/JOCT.2019.9.3.15.24
- Pons, C., Giandini, R.S., & Pérez, G. (2010). Desarrollo de software dirigido por modelos. Conceptos teóricos y su aplicación práctica. Ed. de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP) / McGraw-Hill Educación. ISBN: 978-950-34-0630-4
- Pressman, R. S. (2000). What a tangled Web we weave [Web engineering]. 10.1109/52.819962
- Sánchez-Zuain, S., & Durán, E. (2016). "Taxonomía de Requisitos para Aplicaciones Web. In Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI)-CACIC 2016. SEDICI-Repositorio Institucional de la UNLP. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/56725>.

Requisitos de Calidad de Datos: Un aporte en el ámbito del desarrollo de sistemas de información

Data Quality Requirements: A contribution to the Information Systems Development

Claudio Carrizo

Facultad Regional San Francisco - Universidad Tecnológica Nacional – San Francisco – Córdoba – Argentina
cjcarrizo77@gmail.com

Javier Saldarini

Facultad Regional San Francisco - Universidad Tecnológica Nacional – San Francisco – Córdoba – Argentina
saldarinijavier@gmail.com

Angélica Caro

Facultad de Ciencias Empresariales - Universidad del Bio Bio - Chillán – Chile
mcaro@ubiobio.cl

Carlos Salgado

Facultad de Ciencias Físico - Matemáticas y Naturales Universidad Nacional de San Luis - San Luis – Argentina
csalgado@unsl.edu.ar

Alberto Sánchez

Facultad de Ciencias Físico - Matemáticas y Naturales Universidad Nacional de San Luis - San Luis – Argentina
alfanego@unsl.edu.ar

Mario Peralta

Facultad de Ciencias Físico - Matemáticas y Naturales Universidad Nacional de San Luis - San Luis – Argentina
mperalta@unsl.edu.ar

Resumen

En la actualidad los Sistemas de Información (SI) cumplen un rol fundamental en las organizaciones, ya que permiten gestionar los procesos de negocio y brindar información para la toma de decisiones. Para que la información sea de utilidad es necesario que tenga un alto nivel de calidad, por lo tanto es crucial que también los datos del SI sean de calidad. En este sentido, resulta importante considerar la incorporación de aspectos de calidad de datos de manera temprana en el desarrollo de los SI, específicamente en fase de requisitos. El propósito de este trabajo consiste en obtener requisitos de calidad de datos, a través del estudio y análisis de las Normas ISO/IEC 205012 e ISO/IEC 25024, los cuales serán incorporados en historias de usuario. El principal aporte de este trabajo consiste en introducir requisitos de calidad relacionados a los datos en el ámbito del desarrollo de los SI.

Palabras clave: requisitos de calidad de datos, ISO 25000, desarrollo de sistemas de información

Abstract

At present, Information Systems (IS) play a fundamental role in organizations, since they allow managing business processes and providing information for decision-making. For the information to be useful, it must have a high level of quality, therefore it is crucial that the IS data also be of quality. In this sense, it is important to consider the incorporation of data quality aspects early in the development of the IS, specifically in the requirements phase. The purpose of this work is to obtain data quality requirements, through the study and analysis of the ISO / IEC 205012 and ISO / IEC 25024 Standards, to be incorporated into user stories. The main contribution of this work is to introduce quality requirements related to data in the field of IS development.

Keywords: data quality requirements, ISO 25000, information systems development

1. Introducción

Hoy en día, las organizaciones en todos sus niveles necesitan contar con un SI que permita a los usuarios poder llevar adelante los procesos de negocio y también que permita contar con información oportuna y correcta para la toma de decisiones (Zina Houhamdi et al., 2019). Si bien existen muchas definiciones de SI, (Andreu et al., 1991) lo definen como “aquella agrupación formal de los procesos los cuales se ejecutan sobre una colección de datos e información estructurada según los requerimientos de las compañías, donde se encarga de recopilar, elaborar y distribuir de forma selectiva la información que ha sido requerida para la ejecución de la organización en mención, y también para los dinanismos de dirección y control que corresponda, que contribuyen en cierta parte sobre la secuencia de toma de decisiones requeridos con el fin de lograr cumplir con las funciones de la organización manteniendo su misión”. En este sentido, resulta lógico pensar que la información que permiten brindar estos sistemas, debe tener un alto nivel de calidad, para que los usuarios puedan cumplir con las metas propuestas en las organizaciones. Para lograr esto último, es necesario que la colección de datos que utilizan los procesos, también tenga un alto nivel de calidad.

Si bien existen varios autores que abordan la calidad de los datos desde diferentes perspectivas (Wang & Strong et al., 1996) (L. Pipino et al., 2002), existe una serie de estándares de calidad cuya denominación es ISO/IEC 25000 (ISO/IEC 25000, 2014), o también conocida en la industria como SQUARE (Systems and software engineering-Systems and software Quality Requirements and Evaluation), la cual contiene 2 normas que aplican sobre la calidad de los datos. La Norma ISO/IEC 25012 (ISO/IEC 25012, 2008), permite definir un modelo general con características de calidad de datos, y la Norma ISO/IEC 25024 (ISO/IEC 25024, 2015) ofrece las medidas o métricas para cada una de las características del modelo de calidad de datos.

Una manera de poder garantizar la calidad de la información, es incluyendo Requisitos de Calidad de Datos (RCD) de manera temprana, en el desarrollo de los SI. Si bien se han encontrado trabajos que consideran la inclusión de aspectos de calidad de datos en etapas tempranas de los procesos de desarrollo de software (A. Rodríguez et al., 2012) (A. Rodríguez et al., 2013) (C. Guerra-García et al., 2012) (C. Guerra-García et al., 2016), ninguna de ellas plantea la obtención de requisitos de calidad de datos, a través de la serie SQUARE.

El propósito de este trabajo consiste en proponer un conjunto de requisitos de calidad que serán aplicados a datos especificados en historias de usuario. Estos RCD serán obtenidos a través de un proceso de definición y análisis

de las Normas ISO/IEC 25012 e ISO/IEC 25024. El principal aporte de este trabajo consiste es contribuir hacia la incorporación de requisitos de calidad relacionados con los datos en formato estructurado, en el ámbito del desarrollo de los SI.

En lo sucesivo, el presente trabajo se divide en las siguientes secciones. En la Sección 2 se realiza un estudio de la serie ISO/IEC 25000. En la Sección 3 se desarrolla el caso de estudio. En la Sección 4 se presentan los resultados obtenidos en el caso de estudio. Finalmente, en la Sección 5 se elaboran las conclusiones.

2. Estudio de la Serie ISO/IEC 25000 (SQUARE)

Como se mencionó anteriormente, para la obtención de los requisitos de calidad de datos, se necesitó previamente realizar un estudio en general de la serie ISO/IEC 25000 (SQUARE), y en particular de las Normas ISO/IEC 25030, ISO/IEC 25012 e ISO/IEC 25024.

2.1. Norma ISO/IEC 25030: Requisitos de Calidad del Software/Datos

En esta Norma se ofrece una serie de recomendaciones para obtener requisitos de calidad para el producto de software/datos, donde se destaca un proceso de definición y análisis que se realiza sobre las características y medidas de calidad. En el caso de requisitos de calidad en relación a los datos, se lleva adelante este proceso, utilizando como referencia las Normas ISO/IEC 25012:2008 e ISO/IEC 25024:2015, las cuales se describen a continuación.

2.2. Norma ISO/IEC 25012:2008. Modelo de Calidad de Datos

Esta Norma Internacional se centra en la calidad de los datos como parte de un sistema informático y define un modelo general de la calidad de los datos para los datos conservados en un formato estructurado. Este modelo clasifica los atributos de la calidad en quince características consideradas por dos puntos de vista:

- **Calidad de Datos Inherentes** (ISO/IEC 25012): se refiere al grado en que las características de la calidad de los datos tienen el potencial intrínseco de satisfacer las necesidades explícitas e implícitas cuando los datos se utilizan en condiciones especificadas.
- **Calidad de Datos Dependientes del Sistema** (ISO/IEC 25012): se refiere al grado en que se alcanza y preserva la calidad de los datos dentro de un sistema informático cuando estos se utilizan en condiciones especificadas.

En la Tabla 1 se pueden visualizar las 15 características del modelo de calidad de datos según sus puntos de vista inherente y dependiente del sistema. La existencia del símbolo “X” indica la pertinencia de las características para la calidad de los datos requeridos o evaluados desde puntos de vista inherentes y/o dependientes del sistema.

Características	Calidad de los datos	
	Inherente	Dependiente del Sistema
Exactitud	X	
Compleitud	X	
Coherencia	X	
Credibilidad	X	

Actualidad	X	
Accesibilidad	X	X
Conformidad	X	X
Confidencialidad	X	X
Eficiencia	X	X
Precisión	X	X
Trazabilidad	X	X
Comprensibilidad	X	X
Disponibilidad		X
Portabilidad		X
Recuperabilidad		X

Tabla 1. Características del Modelo de Calidad de Datos

Cabe destacar que por cada característica que contiene el modelo de calidad de datos, existe un conjunto de medidas de calidad de datos, provistas por la Norma ISO/IEC 25024, la cual se describe a continuación.

2.3. Norma ISO/IEC 25024:2015. Medidas de Calidad de Datos

Esta Norma Internacional define medidas de calidad de datos para medir cuantitativamente la calidad de los datos en términos de características definidas en la Norma ISO/IEC 25012:2008. Contiene un conjunto básico de medidas de calidad de los datos para cada característica. En la Tabla 2 se muestra un ejemplo de una medida de calidad que brinda esta Norma.

Característica de Calidad de Datos (CCD)	Compleitud
Punto de Vista CCD	Inherente
Medida de Calidad de Datos (MCD)	Compleitud de Valores de Datos
Punto de Vista MCD	Inherente
Descripción de la MCD	Compleitud de valores de datos para un elemento de datos en un archivo de datos
Función de Medición	$X = A / B$ A = número de valores de datos para un elemento de datos en un archivo de datos conectado a los valores esperados B = número de valores de datos esperado para un elemento de datos en un archivo de datos

Tabla 2. Ejemplo de la medida de calidad de Datos “Compleitud de Valores de Datos”.

3. Caso de Estudio: Sistema Web E-Commerce

A través de este caso de estudio se pretende demostrar la inclusión de RCD en una especificación de requisitos funcionales en formato de historias de usuario. Cabe aclarar, que dichos RCD se obtienen a partir del estudio y análisis de las características y medidas de calidad de datos, proporcionadas por la Normas ISO/IEC 25012 e ISO/IEC 25024.

El presente caso de estudio se llevó a cabo en el marco del Proyecto “Casa Bardo E-Commerce”, el cual fue desarrollado por una empresa de desarrollo de software local, donde se utilizó un ciclo de vida iterativo e incremental, a través del uso de la Metodología Ágil Scrum. El objetivo principal de este proyecto consistió en desarrollar un sistema web de venta online de artículos para el hogar, enfocado para clientes mayoristas. Por cuestiones de espacio en este artículo, sólo aplicaremos el caso de estudio sobre una funcionalidad del sistema, la cual será el “Registro de Mayorista”. En la Tabla 3 se puede observar un extracto de la especificación del requisito para esta funcionalidad, en formato de historia de usuario.

Id HU	01
Nombre	Registro de Mayorista
Descripción	COMO mayorista, QUIERO registrarme como mayorista PARA poder comprar productos
Detalle	- Los datos de registro de usuario son: Razón Social, Nombre de Fantasía, Cuil, calle, numero, localidad, código postal, provincia, teléfono, email, fecha de registro, contraseña (todos requeridos) - El formulario de registro debe ser de tipo responsivo.
Criterios de Aceptación	- Validar el ingreso obligatorio de todos los datos - Solicitar que ingreso de contraseña y confirmar contraseña - Validar que la contraseña esté encriptada - Validar formato correcto para el email

Tabla 3. Historia de Usuario “Registro de Mayorista”

Una vez definida la historia de usuario, el siguiente paso consistió en obtener los requisitos de calidad para cada dato especificado. Para ello se llevó a cabo en primera instancia una revisión de las Normas ISO/IEC 25012 e ISO/IEC 25024, lo que permitió luego realizar el análisis correspondiente, para definir las características y medidas de calidad que más aplicaban para cada dato. Uno de los RCD obtenidos fue el de “Complejidad de Valores de Datos”, debido a que en la historia de usuario se especificó que todos los datos debían ser requeridos u obligatorios. Para obtener como resultado este RCD, se realizó el análisis que se detalla en la Tabla 4.

Característica de Calidad de Datos (ISO/IEC 25012)	Medida de Calidad de Datos (ISO/IEC 25024)	Detalle de Análisis Realizado	¿Aplica como RCD?
Complejidad	Complejidad de Registros	La medida aplica para registros de datos y no para un dato en particular	No
	Complejidad de Archivos de Datos	La medida aplica para archivos de datos y no para un dato en particular	No
	Complejidad de Valores de Datos	La medida aplica para valores que tomen los datos	Sí
	Complejidad de Modelo Conceptual de Datos	La medida aplica a entidades del modelo conceptual y no para un dato en particular	No
	Complejidad para Metadatos	La medida aplica para metadatos y no para un dato en particular	No

Tabla 4. Análisis de Características y Medidas de Calidad de Datos

4. Resultados del Caso de Estudio

Como resultado del caso de estudio desarrollado, se analizaron 15 características y 63 medidas de calidad de datos, para obtener un conjunto de requisitos de calidad, los cuales se aplican a cada dato. Por cuestiones de espacio, en la Tabla 5 se muestran algunos de los RCD definidos para los datos “Razón Social”, “Cuil” y “Fecha de Registro”.

Dato	Requisitos de Calidad de Datos	Característica de Calidad de Datos (ISO/IEC 25012)	Medida de Calidad de Datos (ISO/IEC 25024)
Razón Social	Exactitud Sintáctica de valores de datos	Exactitud	Exactitud Sintáctica de datos
	Exactitud semántica de valores de datos	Exactitud	Exactitud Semántica de datos
	Completitud de valores de datos	Completitud	Completitud de Valores de Datos
Cuil	Credibilidad de valores de datos	Credibilidad	Credibilidad de Valores
	Completitud de valores de datos	Completitud	Completitud de Valores de Datos
	Eficiencia de formato de datos	Eficiencia	Eficiencia de formato de datos
Fecha Registro	Consistencia semántica de valores de datos	Consistencia	Consistencia semántica
	Completitud de valores de datos	Completitud	Completitud de Valores de Datos
	Eficiencia de formato de datos	Eficiencia	Eficiencia de formato de datos

Tabla 5. Resultado de Análisis de Características y Medidas de Calidad de Datos

Por último, se debe vincular a la historia de usuario “Registro de Mayorista” el resultado obtenido en la Tabla 5, para de esta manera poder incluir los RCD, junto con los requisitos funcionales y no funcionales especificados.

5. Conclusiones

La calidad de la información es considerada un aspecto fundamental para que los usuarios de las organizaciones puedan llevar adelante los procesos de negocios y la correcta toma de decisiones. En este trabajo se plantea la necesidad de incorporar aspectos de calidad de datos en fases de requisitos del desarrollo de los sistemas de información. Para lograr esto último, se hizo uso de la serie de estándares de calidad ISO/IEC 25000, en donde tomando como referencia las Normas ISO/IEC 25012 e ISO/IEC 25024, se logró llevar a cabo un proceso de análisis y definición de un conjunto de Requisitos de Calidad de Datos, los cuales pueden ser considerados para ser incluidos en el formato de historias de usuarios, junto con los requisitos funcionales y no funcionales.

Referencias

- A. Rodríguez, A. Caro, C. Cappiello, I. Caballero, “A BPMN Extension for Including Data Quality Requirements in Business Process Modeling”. International Workshop on Business Process Modeling Notation. Lecture Notes in Business Information Processing, vol.125, pp. 116-125. 2012.
- A. Rodríguez y A. Caro, “Especificación de Requisitos de Calidad de Datos en Modelos de Procesos de Negocio: BPiCD una propuesta”, Jornadas Chilenas de Computación, II Workshop on Business Process Management (WBPM). Temuco, Chile. 2013.

- Andreu, R., Ricart J. E. Y Valor, J. (1991): *Estrategia y Sistemas de Información*. Mc Graw-Hill, Madrid.
- C. Guerra-García, I. Caballero, R. Testillano, "Elicitation of Specific Requirements of Data Quality during the Web Portal Development", In *Proceedings of the 10th International Workshop on Modelling, Simulation, Verification and Validation of Enterprise Information Systems and 1st International Workshop on Web Intelligence (WEBI-2012)*, pages 81-93, 2012.
- C. Guerra-García, I. Caballero, M. Cardenas-Juarez, R. Samano-Robles, "Adding quality in the user requirements specification: A first approach", 2016 Eleventh International Conference on Digital Information Management (ICDIM). IEEE.
- ISO/IEC 25000 Systems and software engineering-Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) - System and software quality models.
- ISO/IEC 25030:2007. Software engineering — Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Quality requirements.
- ISO/IEC 25012:2008. Software engineering -- Software product Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). Data quality model.
- ISO/IEC 25012. Normas ISO 25000 Calidad de Software y Datos. <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25012>
- ISO/IEC 25024:2015. Systems and software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE). Measurement of data quality.
- Leo L. Pipino, Y.W.L. and Richard Y. Wang, "Data Quality Assessment, in *COMMUNICATIONS OF THE ACM*", 2002, p. 211 – 218.
- Wang & Strong, D.M. (1996), "Beyond accuracy: What data quality means to data consumers". *Journal of management information systems*, 5-33.
- Zina Houhamdi, Belkacem Athamena. Impacts of information quality on decision-making. *Global Business and Economics Review*, Vol. 21, No. 1, 2019.

Sistema de detección de malware basado en patrones de llamadas al sistema en GNU/Linux.

Malware detection system based on system call patterns in GNU/Linux

Fabian Alejandro Gibellini

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina
fgibellini@gmail.com

Sergio Ramón Quinteros

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina
squinteros@gmail.com

Germán Nicolás Parisi

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina
germannparisi@gmail.com

Milagros Zea Cárdenas

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina
milyzc@gmail.com

Federico Javier Bertola

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina
fgibellini@gmail.com

Ileana Maricel Barrionuevo

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina
fgibellini@gmail.com

Leonardo Ramón Ciceri

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina
fgibellini@gmail.com

Juliana María Notreni

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina
julinotreni@gmail.com

Analía Lorena Ruhl

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Córdoba, Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina
analialorenaruhl@gmail.com

Resumen

Existen diferentes taxonomías para clasificar a los malwares, cada una de ellas sirve para determinados propósitos y normalmente dependerá del contexto y del analista. Se puede clasificar malwares según su comportamiento, en la cual se distingue a gusanos, troyanos, ransomwares, keyloggers, entre otros. Cada uno de estos genera algún daño utilizando el núcleo del sistema operativo para acceder a los recursos que necesitan. Entonces, de acuerdo a la categoría del malware, se puede inferir que existirán patrones en las llamadas al sistema que permitirían descubrir qué tipo de malware se está ejecutando y de esa manera reaccionar ante un ataque de estas características. El objetivo del proyecto es un sistema de monitoreo y detección de malware para sistemas GNU/Linux, teniendo en cuenta el monitoreo sobre las llamadas al sistema que cada proceso ejecuta y la detección de patrones posiblemente maliciosos en los procesos involucrados para informar al usuario.

Palabras clave: Ransomwares, malware, keyloggers, monitoreo de procesos, syscall.

Abstract

There are different taxonomies used for classifying malware. Each of them are used for different purposes and it will normally depend on the context and the person in charge of the analysis. Malwares can be classified based on their behavior. They can be worms, trojans, ransomwares, keyloggers, among others. All of them use the operating system kernel to access the resources they need to cause damage. Therefore, based on their behavior, it will be possible to distinguish behavioral patterns that will be useful to infer which kind of malware is being executed in the system and take actions against it. The goal of this project is to develop a malware monitoring and detection system for GNU/Linux based OS that will monitor system calls from each process in order to find possibly malicious patterns in these processes so that the user can be notified.

Keywords: Ransomwares, malware, keyloggers, process monitoring, syscall.

Introducción

Existen diferentes tipos de malwares, además de los clásicos virus, podemos encontrar ransomwares, spywares, rootkits, troyanos y los más recientes, malwares residentes en memoria.

Según Raymond et al, el mayor desafío de crear un esquema completo de nombrado de malwares, se debe al número de muestras existentes de malware y a la frecuencia con la que nuevas muestras son descubiertas (Canzanese et al.,2015). Si se considera la clasificación basada en comportamiento propuesta por C. Elisan (Elisan, 2015,Cap.2), se puede distinguir a ransomwares, keyloggers, spywares, gusanos, troyanos, etc. A su vez, un mismo malware puede comportarse como un virus cuando se propaga por un dispositivo de cómputo, como un gusano cuando se propaga a través de una red, mostrar comportamiento de botnet cuando se comunica con servidores de comando y control o cuando sincroniza con otras máquinas infectadas, y comportarse como un rootkit al ocultarse de un sistema de detección de intrusiones (IDS) (Rudd et al.,2017:1145-1172).

Cada uno de estos malwares intentan generar algún daño y para lograrlo es normal que utilicen al kernel para acceder a los recursos que necesitan. Un ransomware, por ejemplo, es una forma de software malicioso utilizado en ataques, en los que no se busca destruir irreversiblemente los datos, sino cifrar y cobrar por el servicio de recuperación de los datos cifrados (Savage et al.,2017:47-56) y para esto realiza operaciones de lectura y escritura sobre el disco, utilizando el kernel. Otro ejemplo es un keylogger, que es un software que se ubica entre el hardware y el sistema operativo e intercepta cada pulsación de tecla y la almacena, para lo cual también ejecuta estas operaciones por medio del kernel.

Otro tipo de malware son los spywares, que se cargan de manera clandestina en una PC sin que su propietario se entere, y corre en segundo plano para ejecutar acciones a espaldas del propietario. Una de las formas en la que una máquina se infecta de spyware es por medio de troyanos. Existe una cantidad considerable de software gratuito que contiene spyware y el autor del software puede hacer dinero con este spyware (Tanenbaum,2009:684-688)

Existe un tipo malware, cuya variante se conoció en los últimos años, se trata de los malwares residentes en memoria o sin archivo (fileless). Son infecciones que no implican que los archivos maliciosos se descarguen o se escriban en el disco del sistema (Cruz, 2017). Generalmente están destinados a robar información y el atacante utiliza software existente, aplicaciones permitidas y protocolos autorizados en la víctima como portadores de actividades maliciosas. Este tipo de malware no puede ser identificado por los antivirus (Viscuso, 2017).

Otro ejemplo de malware residente en memoria es Gold Dragon, que entre sus objetivos estaban los Juegos Olímpicos de Invierno en Corea del Sur. Dicho malware consistió de dos funciones primarias (Beek et al., 2018]:

- Sirvió como herramienta de reconocimiento, descarga y ejecución de payloads en una cadena de ataque definida por el atacante.
- Cifró los datos y los envió a un servidor de control.

Una consultora de cibereconomía y ciberseguridad estima que los daños del cibercrimen tendrán un costo anual y global de seis millones de millones de dólares en 2021 (Morgan, 2018). Estos costos incluyen daños y destrucción de datos, dinero robado, pérdida de productividad, robo de propiedad intelectual, robo de datos personales y financieros, malversación, fraude, interrupción posterior al ataque en el curso normal de los negocios, investigación forense, restauración y eliminación de datos perjudicados y sistemas, y daño a la reputación (Morgan, 2018).

Es debido al impacto asociado a estos malwares que conlleva al hecho de una búsqueda permanente para encontrar nuevas técnicas de prevención, o actualizar continuamente las ya existentes, de forma tal que minimice el impacto de estas amenazas. La más conocida, los antivirus o antimalware, un antivirus compara los datos contra una base de datos de software malicioso (firma). Si los datos mapean hacia alguna firma, entonces el antivirus muestra que el archivo está infectado (Choudhary, 2016:5-7).

Para los casos en los que el malware supere las líneas de defensa planteadas y logre ejecutarse, es que se invierten costos y tiempos en investigar métodos reactivos de detección, de forma tal que una vez detectados puedan ser detenidos

La siguiente técnica presentada para la detección de un ransomware en ejecución, ha sido implementada en el proyecto homologado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología “Sistema de Detección de Código malicioso - ransomware”, con código SIUTNCO0004991 (Gastañaga et al., 2019). Este proyecto, homologado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología bajo el número SIUTNCO0007850, se basa en identificar patrones en las llamadas al sistema

(system calls) para así inferir si un proceso, en un sistema operativo GNU/Linux, puede ser considerado como un ransomware.

Teniendo en cuenta la última técnica mencionada, es que se propone ampliar este método, en conjunto con conceptos de agrupamiento de datos para la detección de distintos malwares, como fileless, ransomware, entre otros. Es válido aclarar que la necesidad de acceder a los servicios que brinda el kernel a través de llamadas al sistema no es algo exclusivo de los malwares sino que cualquier proceso lo realiza. La diferencia se encuentra en la manera de acceder, tanto hacia qué llamada, como la frecuencia y los parámetros con las que cada una es solicitada.

Una llamada al sistema o system call es un método o función que puede invocar un proceso para solicitar un cierto servicio al kernel o núcleo del sistema operativo. Como ejemplo de llamadas al sistema tenemos (Tanenbaum, 2009:95-114):

- write: que se emplea para escribir un dato en un cierto dispositivo de salida, tales como una pantalla o un disco magnético.
- read: que es usada para leer de un dispositivo de entrada, tales como un teclado o un disco magnético.

El kernel, entre otras cosas, ejecuta las siguientes tareas (Kerrisk, 2010:Cap.2):

- Planificación de procesos.
- Administración de memoria.
- Administración de sistemas de archivos.
- Creación y terminación de procesos.
- Acceso a dispositivos.
- Acceso a red.
- Provisión de una API para que los procesos puedan solicitarle la ejecución de alguna tarea. Estos puntos de entrada representan las funciones de las llamadas al sistema y, básicamente, están escritas en lenguaje C que reciben determinados parámetros y retornan determinada información.

Reanudando el eje de este proyecto, la detección de malwares en general y herramientas que permitan detectar cualquier tipo de software malicioso. Este un campo que sigue en expansión, dado a que el mapa de malwares tiende a seguir creciendo. Actualmente se aplican diversas técnicas o combinaciones de una o más, como por ejemplo el análisis de comportamiento de procesos, el machine learning, las redes neuronales, el data mining y la clasificación de datos basada en comprensión (Gonzalez, 2012: 69-74).

Desarrollo

La comunidad digital cada día esta mas expuesta a los ataques provenientes de códigos maliciosos, la industria del software y de los sistemas de información trabajan día a día para mitigar o al menos para encontrar paliativos a este problema inmerso en la sociedad. Actualmente los malwares se propagan a través de vulnerabilidades de los sistemas en general y explotan estas debilidades a través de distintas técnicas.

En proyectos como el Sistema de Detección de Código malicioso - ransomware, se detectó que los ransomware analizados cuenta con un patrón de un alto procesamiento como así también de un uso de llamadas al sistema de Entrada-Salida al disco duro en escrituras de archivos. Ese proyecto dio el puntapié a buscar generalizar estos patrones para otros malwares tales como fileless, keyloggers entre algunos de los que se están propagando en estos tiempos.

Es por ello que en el presente proyecto tiene como objetivo: Desarrollar un conjunto de herramientas de software que detecten y minimicen el impacto de malwares que ya han iniciado su ejecución sobre un sistema operativo GNU/Linux, utilizando estrategias de detección basadas en llamadas al sistema y técnicas de agrupamiento de datos.

En el desarrollo se utilizará el método científico, en cuanto a la forma investigativa y el tratamiento de los datos, pero aplicando administración de proyecto, con el método espiralado de seguimiento para la planificación del desarrollo, que estará basado en cuatro etapas, que se repiten en forma cíclica hasta la culminación del proyecto: planeamiento, adquisición del conocimiento, codificación y evaluación. Si bien la investigación se enfoca en el área de la seguridad informática, y tomando en cuenta que hay un importante conocimiento disponible en este campo pero que no parece ser suficiente para encontrar soluciones eficientes y eficaces, no es intención en este proyecto realizar una investigación progresiva en el paso del tiempo, por ello se encuadra en el tipo de investigación transversal. Esta investigación estará enfocada en los conocimientos contemporáneos sobre la temática y teniendo en cuenta los resultados que se vienen obteniendo del proyecto de investigación y desarrollo Sistema de detección de código malicioso - Ransomware, el cual fue focalizado solo en el conocimiento de los malware ransomware.

Este proyecto estará enmarcado en los recientes conceptos y métodos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i), que están fuertemente ligados a la mirada de desarrollo tecnológico y el ingreso del producto al mercado y su uso, basado en la secuencia: síntesis y teoría; explorar, hipotetizar y clarificar; diseño, desarrollo y prueba; implementación, estudio y mejora de la eficacia.

Conclusiones

Este proyecto no solo se enfoca en la detección de ransomware, sino que amplía el espectro de malwares, siguiendo la línea de investigación de Seguridad Informática.

La información generada por el sistema puede contribuir a estudios que tendrían como objetivo identificar patrones en llamadas al sistema que puedan inferir que un proceso es malicioso o en la aplicación de redes neuronales para la detección de dichos procesos.

Los integrantes del equipo de investigación entienden que se estaría aportando así una nueva tecnología, no solo de uso didáctico sino también de uso profesional o en el contexto de las organizaciones una posible herramienta que permitirá detectar y avisar que se está registrando la ejecución de un malware, antes de que el impacto del mismo sea mayor. Siempre teniendo en cuenta la importancia que genera esto en las competencias de los integrantes del equipo.

Los conocimientos adquiridos y las experiencias realizadas y sus resultados quedan a disposición, para su posible inclusión en los contenidos curriculares, de los directores de cátedra de asignaturas de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información tales como: Sistemas Operativos, Redes de Información, Arquitectura de computadores, entre otras.

Referencias

Raymond J. Canzanese, Jr. Moshe Kam, Ph.D. and Spiros Mancoridis, Ph.D., 2015. Detection and Classification of Malicious Processes Using System Call Analysis. Recuperado el 28 de Mayo de 2019 <https://pdfs.semanticscholar.org/8060/eae74c98a66cfcc736f4fca61d46f4dbc1d4.pdf>

- Christopher Elisan, 2015. *Advanced Malware Analysis*. McGraw-Hill. Capítulo 2. ISBN: 9780071819756
- Ethan Rudd, Andras Rozsa, Manuel Gunther, and Terrance Boulton, 2017. A survey of stealth malware: Attacks, mitigation measures, and steps toward autonomous open world solutions. *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 19, 2 (2017), 1145–1172
- Kevin Savage, Peter Coogan, and Hon Lau, 2015. *The Evolution of Ransomware*. *Security Response*, p. 57, 2015.
- Andrews S. Tannenbaum, 2009. *Sistemas operativos modernos*. Tercera edición. Pearson Educación. ISBN: 978-607-442-046-3.
- Marvin Cruz (Junio 2017). *Security 101: The Rise of Fileless Threats that Abuse PowerShell*. Recuperado el 28 de Mayo del 2019 de <https://www.trendmicro.com/vinfo/us/security/news/security-technology/security-101-the-rise-of-fileless-threats-that-abuse-powershell>
- Viscuso M. (Febrero 2017). *What Is a Non-Malware (or Fileless) Attack?*. Recuperado el 28 de Mayo de 2019 de <https://www.carbonblack.com/2017/02/10/non-malware-fileless-attack/>
- Beek C., Dunton T., Grobman S., Karlton M., Minihane N., Palm C., Peterson E., Samani R., Schmugar C., Sims R. A., Sommer D., Sun B. (Junio 2018). *McAfee Labs Threats Report*. McAfee. Recuperado el 28 de Mayo de 2019 <https://www.mcafee.com/enterprise/en-us/assets/reports/rp-quarterly-threats-jun-2018.pdf>
- Morgan S. (Mayo 2017). *2018 Cybersecurity Market Report*. Recuperado el 28 de Mayo de 2019 de <https://cybersecurityventures.com/cybersecurity-market-report/>
- Morgan S. (Diciembre 2018). *Cybercrime Damages \$6 Trillion By 2021*. Recuperado el 28 de Mayo de 2019 de <https://cybersecurityventures.com/cybercrime-damages-6-trillion-by-2021>
- Choudhary, S., Saroha, R., & Beniwal, S., 2016. *How Anti-virus Software Works?*. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, (April 2013), 5–7.
- Iris Gastañaga, Fabian A. Gibellini, Pablo Frias, Analia L. Ruhl, Leonardo R. Ciceri, German N. Parisi, Milagros Zea Cardenas, Federico J. Bertola, Paula Olmedo, 2019. *Sistema de Detección de Código malicioso - ransomware*. *Sec. de promoción de investigadores y desarrollos en ciencia y tec.*, PID:SIUTNCO0004991. http://www.institucional.frc.utn.edu.ar/sistemas/noticias/INV/Proyectos/2019/74A_188_171-proy18-siutnco0004991-gastañaga.pdf
- Michael Kerrisk, 2010. *The Linux Programming Interface*. Capítulo 2. ISBN: 9781593272203.
- Roman Gonzalez A., 2012. *Clasificación de Datos Basado en Compresión*. *Revista ECIPeru*, pp.69-74. fhal-00697873. Recuperado el 28 de Mayo de 2019 de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00697873/document>

Una aproximación a la incorporación de Patrones de Negocio en el modelado de aplicaciones de Contratos Inteligentes

An approach to the Business Patterns incorporation in the Smart Contract applications modelling

Oscar Carlos Medina

Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional – Argentina
omedina@frc.utn.edu.ar

Marcelo Martín Marciszack

Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional – Argentina
marciszack@frc.utn.edu.ar

Mario Alberto Groppo

Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional – Argentina
sistemas@groppo.com.ar

Resumen

El presente trabajo describe las características principales de una investigación cuya finalidad es elaborar una propuesta metodológica de incorporación de Patrones de Negocio en el Modelo Conceptual de aplicaciones de Contratos Inteligentes, para que facilite su construcción con mayor nivel de calidad. La dimensión de calidad de software que se intenta optimizar en este proyecto es la reusabilidad de los sistemas de información que utilicen Contratos Inteligentes basados en tecnología Blockchain. Este es el primer proyecto de investigación homologado del CIDS Blockchain Lab de la Regional Córdoba. El objetivo principal de la investigación es obtener un proceso sistematizado y ágil que permita reutilizar Patrones de Negocio en el modelado de DApps, aplicaciones descentralizadas, basadas en contratos inteligentes e implementadas sobre redes Blockchain.

Palabras clave: Patrones de Negocio, Modelado, Blockchain, Contratos Inteligentes, Casos de uso, DApps.

Abstract

This work describes the main characteristics of a research whose purpose is to develop a methodological proposal for the Business Patterns incorporation in the Conceptual Model of smart contracts applications, to facilitate their construction with a higher level of quality. The dimension of software quality that is being optimized in this project is the reusability of information systems that use smart contracts based on Blockchain technology. This is the first approved research project of the CIDS Blockchain Lab of Regional Córdoba. The main goal of the research is to

obtain a systematized and agile process that allows the reuse of Business Patterns in the modelling of DApps, decentralized applications, based on smart contracts and implemented on Blockchain networks.

Keywords: Business Patterns, Modelling, Blockchain, Smart Contracts, Use cases, Dapps.

Introducción

Existe un modelo de Ingeniería de Software que posibilita la descripción genérica de un proceso de manera simple, precisa y estandarizada que permite aprovechar el conocimiento acumulado previamente y se llama Patrón (Sommerville, 2011).

Los patrones establecen soluciones generalizadas que permiten resolver problemas comunes en diferentes situaciones de negocio, pueden ser reutilizados varias veces, combinarse y adaptarse al contexto donde se apliquen (Eriksson and Penker, 2000).

Eriksson y Penker distinguen tres tipos de patrones en relación a los problemas que abordan: Patrones de Negocio, Patrones de Arquitectura y Patrones de Diseño.

Los Patrones de Negocio poseen el mayor nivel de abstracción permitiendo trabajar con procesos de negocio. abordan problemas del dominio organizacional, cómo definir y relacionar procesos y reglas de negocios, visiones y objetivos corporativos.

El Modelado Conceptual de un sistema tiene como objetivo identificar y explicar los conceptos significativos en un dominio de problema, identificando los atributos y las asociaciones existentes entre ellos. En trabajos antecedentes (Marciszack et al., 2018), se comprobó la factibilidad de incorporar en la actividad de Modelado Conceptual, esquemas predeterminados de análisis y diseño, para optimizar la definición inicial de un nuevo sistema, formalizando dicha definición, facilitando la validación de los requerimientos funcionales y reutilizando el conocimiento, de sistemas ya implementados, “encapsulado” en soluciones de análisis y diseño concretas denominadas Patrones.

En esta investigación se plantea como objeto de estudio el caso particular de las DApps, aplicaciones descentralizadas de Contratos Inteligentes. Contrato Inteligente es un conjunto de algoritmos u operaciones informáticas que tienen como principal atractivo la eliminación de intermediarios para simplificar procesos, pero también para verificar su verdadero cumplimiento (Querro, 2020).

Los Contratos Inteligentes se implementan sobre redes Blockchain. Blockchain es una tecnología de bases de datos descentralizada en la cual los registros allí almacenados no están sujetos a una autoridad central que pueda decidir sobre la eliminación o modificación de ningún registro. Hay numerosas redes Blockchain funcionando con variaciones, la más conocida es la red que sostiene a la criptomoneda Bitcoin. Pero, además de criptomonedas, los principales dominios donde se estudiaron casos de uso para la aplicación de Blockchain son gobierno electrónico, cadena de suministro, energía y bancario (Konstantinidis et al., 2018) (Arun et al., 2019).

Marco Conceptual

Realizando un mapeo de la bibliografía científica publicada a la fecha, se destacan publicaciones que proponen el uso de Patrones de Diseño al modelado de Aplicaciones de Contratos Inteligentes (Bartoletti and Pompianu, 2017) (Wöhler and Zdun, 2018). La razón por la cual se propone usar Patrones de Negocio en vez de Patrones de Diseño,

se debe a que los Patrones de Diseño nacieron en el paradigma de la programación orientada a objetos, y se utilizan en la etapa de construcción del sistema. A diferencia de los Patrones de Negocio, que se formularon a posteriori basándose en los Patrones de Diseño, pero se orientan al modelado de procesos de negocio. Por lo que se estima que será más eficiente la reusabilidad de Patrones de Negocio en Contratos Inteligentes, ya que se pueden incorporar en el Modelo Conceptual, optimizando esta dimensión de calidad de software en una fase más temprana que la de desarrollo. La lógica de todo Contrato Inteligente es un proceso de negocio, para lo cual su representación con Patrones de Negocio se plantea como más asertiva y eficaz.

Asimismo, existen publicaciones anteriores de los investigadores del presente proyecto que desarrollan un modelo de análisis para la definición de patrones en el Modelo Conceptual de sistemas de información y funge como línea base para el método que va a trabajar exclusivamente con Patrones de Negocio y Aplicaciones de Contratos Inteligentes (Medina et al., 2018) (Medina et al., 2020) (Medina et al., 2021).

Objetivos de la investigación

Partiendo del estado del arte sobre el tema, para el proyecto se formulan estos interrogantes:

- ¿Qué son Patrones de Negocio? ¿Cómo se incorporan en el modelado de sistemas de información?
- ¿Qué es Blockchain y qué son Contratos Inteligentes? ¿Cómo se caracterizan sus Aplicaciones?
- ¿Se recomienda reutilizar Patrones de Negocios en el Modelado Conceptual de Aplicaciones que usen Contratos Inteligentes? ¿De qué forma?

En pos de brindar un conjunto de respuestas sistematizadas, se definen los siguientes objetivos de la investigación:

I. Objetivo general

Definir un método que permita incorporar Patrones de Negocio el Modelo Conceptual de sistemas información que utilicen Contratos Inteligentes basados en tecnologías Blockchain.

II. Objetivos específicos

- Caracterizar los Patrones de Negocio.
- Describir las características básicas de los Contratos Inteligentes y Aplicaciones de tecnologías Blockchain.
- Identificar los Patrones de Negocio, y sus catálogos publicados, que se puedan aplicar en el Modelado.
- Proponer la incorporación de Patrones de Negocio en el Modelo Conceptual de sistemas que usan Contratos Inteligentes.
- Evaluar el método propuesto.

Metodología de trabajo

El diseño metodológico de este proyecto tiene un enfoque cualitativo con estudios exploratorios de tecnología Blockchain, Contratos Inteligentes y Patrones de Negocio dentro del marco teórico de la Ingeniería de Software. Se realiza un análisis descriptivo de los Patrones de Negocio que puedan aplicarse en el Modelo Conceptual de Aplicaciones que usen Contratos Inteligentes. Se tiene por meta alcanzar un método de aplicación que será evaluado de forma empírica. El resultado de esta investigación es el mencionado método y su evaluación en casos experimentales para distintos casos de uso de Contratos Inteligentes.

Conclusiones

Se prevé en la transferencia de resultados de esta investigación, el aporte de una nueva herramienta de modelado de Aplicaciones de Contratos Inteligentes basada en casos de uso de la industria. Además, de un método para emplear soluciones exitosas desde etapas tempranas de su diseño y construcción a través de la incorporación de Patrones de Negocio. Lo cual facilita la reutilización de modelos de procesos que ayudan a tener en cuenta los requerimientos necesarios para el ciclo de desarrollo del software.

Las consultoras de software, las Universidades y los integrantes del Hub Blockchain local, tendrán la posibilidad de acceder al fruto de esta investigación, lo que coadyuvará a mejores servicios en las diversas instituciones y organizaciones de la región al contar con patrones y un proceso de modelado, contribuyendo así al desarrollo productivo del software en el país.

Referencias

- Arun, J.S., Cuomo, J. and Gaur, N. (2019). Blockchain for business: Pearson Education, Inc.
- Bartoletti, M. and Pompianu, L. (2017). An Empirical Analysis of Smart Contracts: Platforms, Applications, and Design Patterns: Lecture Notes in Computer Science 2017.
- Eriksson, H.E. and Penker, M. (2000). Business Modeling with UML: Business Patterns at Work. OMG Press.
- Konstantinidis, I., Siaminos, G., Timplalvas, C., Peristeras, V., Deckerexis, S. and Zer, P. (2018). Blockchain for Business Applications: A Systematic Literature Review: International Conference on Business Information Systems (BIS), Berlín.
- Marciszack, M.M., Moreno, J.C., Sánchez, C.E., Medina, O.C., Delgado, A.F., Castro, C.S. (2018). Patrones en la construcción del Modelo Conceptual para sistemas de información. Editorial edUTecNe, U.T.N.
- Medina, O.C., Groppo, M.A., Marciszack, M.M. (2020). Propuesta de Modelado Conceptual para definir, catalogar y seleccionar Patrones de Gobierno Electrónico. Publicado en actas de Jornadas y Eventos Académicos de UTN (AJEA), 5, Sistemas, Art. 743, Universidad Tecnológica Nacional.
- Medina, O.C, Marciszack, M.M., Groppo, M.A. (2018). Proposal for the patterns definition based on good practices for the electronic government systems development. Publicado en actas de CISTI 2018 – 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies.
- Medina, O.C, Pérez Cota, M., Meloni, B.E., Marciszack, M.M. (2021). Business Patterns Catalogue and selection proposal for the Conceptual Modelo of a software product: J.UCS – Journal of Universal Computer Science, 27(2), 135-151, J.UCS Consortium.
- Querro, S.E. (2020). Smart Contracts. Qué son, para qué sirven: IJ Editores.
- Sommerville, I. (2011). Ingeniería de Software. 9a Edición en español, Pearson.
- Wöhler, M. and Zdun, U. (2018). Smart contracts: security patterns in the ethereum ecosystem and solidity: 2018 International Workshop on Blockchain Oriented Software Engineering (IWBOSE), 2-8. Campobasso.

Usabilidad Temprana en el Modelado Conceptual

Early Usability in Conceptual Modeling

Juan Carlos Moreno

Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Sistemas de Información (CIDS). Facultad Regional Córdoba. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina
jmoreno@frc.utn.edu.ar

Marcelo Martín Marciszack

Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Sistemas de Información (CIDS). Facultad Regional Córdoba. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina
marciszack@frc.utn.edu.ar

Mario Alberto Groppo

Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Sistemas de Información (CIDS). Facultad Regional Córdoba. Universidad Tecnológica Nacional. Argentina
sistemas@groppo.com.ar

Resumen

La industria del software actual le exige a la Ingeniería de Sistemas el desarrollo de nuevos métodos, para la construcción veloz y correcta de aplicaciones más usables para los sistemas de información. En el presente trabajo, se desarrolla una propuesta metodológica que permite definir y mantener atributos de Usabilidad, integrándolos al ciclo de vida de desarrollo del software. En etapas tempranas, de la elicitación de requerimientos, los atributos de usabilidad son identificados partiendo desde Modelado de Procesos de Negocios. Luego, se realizan una serie de transformaciones que permiten integrarlos a una estructura denominada “Requirements Baseline”, la cual emplea el léxico extendido del lenguaje (LEL) y escenarios, y permite definir métricas para la evaluación de los atributos y subatributos estableciendo una relación entre los mismos. Los atributos toman como fundamento la norma ISO/IEC 25000 (SQUARE). Esto permite evaluar la presencia de la Usabilidad en el sistema posteriormente.

Palabras clave: Modelado Conceptual, Escenarios, Patrones, Usabilidad, MDA.

Abstract

The current software industry requires Systems Engineering to develop new methods for the fast and correct construction of more usable applications for information systems. In the present work, a methodological proposal is developed that allows defining and maintaining usability attributes, integrating them into the software development life cycle. In the early stages of requirements elicitation, usability attributes are identified starting from Business Process Modeling. Then, a set of different transformations is carried out that allow them to be integrated into a structure called “Requirements Baseline”, which uses the extended language lexicon (LEL) and scenarios, and allows defining metrics for the evaluation of attributes and sub-attributes, establishing a relationship between the same. The attributes are based on the ISO / IEC 25000 (SQUARE) standard. This allows to evaluate the presence of Usability in the system later.

Keywords: Conceptual Modeling, Scenarios, Patterns, Usability, MDA.

Introducción

La norma ISO/IEC 9126-1 (2001), define a la usabilidad como “la capacidad en que un producto de software puede ser entendido, aprendido y usado por determinados usuarios bajo ciertas condiciones en un contexto de uso específico”. Para estudiar la usabilidad, los criterios abstractos que la definen se descomponen en subatributos medibles (Piattini et al., 2007). La Ingeniería de Sistemas debe construir software de calidad cuyos resultados deben ser útiles a los usuarios (Wahyuningrum et al., 2020). El problema se presenta porque la calidad de las aplicaciones se mide generalmente basándose en el sentido común del desarrollador (Abraham et al., 2004), quien hace énfasis en aspectos de arquitectura, funcionalidad y persistencia de cada proceso, y no trata adecuadamente la facilidad de uso.

Partiendo del contexto planteado, sería deseable poder establecer una nueva propuesta basada en: “la construcción de un nuevo marco metodológico conceptual, que incorpore criterios de usabilidad en etapas tempranas del ciclo de vida del software, permitiendo desarrollar software de calidad que optimice los procesos”.

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un marco metodológico para la construcción de modelos conceptuales, que permitan incorporar y evaluar la usabilidad en forma temprana a través de procesos estandarizados, empleando patrones para incorporar la usabilidad y modelos abstractos para verificar la presencia de la misma.

Metodología y Herramientas

Generalmente, la usabilidad es considerada en etapas finales de la construcción del software, donde una modificación afecta la arquitectura y su costo es alto (Folmer et al., 2004). Una solución posible sería incluir el análisis de la usabilidad en etapas tempranas de construcción del modelo conceptual, empleando el paradigma de Desarrollo de Software Dirigido por Modelos (MDA) (Mellor et al., 2002), (Miller et al., 2003), y posteriormente emplear modelos abstractos para su verificación.

Propuesta Metodológica

La estrategia propuesta, que aquí se presenta, se conforma de tres etapas con distintas actividades que se llevan a cabo en cada una de las mismas (ver Tabla 1). Posteriormente se desarrollará un ejemplo práctico:

Proceso	Actividades
a) Etapa 1	<ol style="list-style-type: none"> 1) Diseñar el modelo de negocio con “Business Process Model and Notation” (BPMN) o en español “Modelo y Notación de Procesos de Negocio” (OMG). 2) Indicar qué actividades están vinculadas con la gestión de información. Incorporar estereotipos (Reglas de Negocio) a aquellas actividades automatizadas con Requerimientos No Funcionales (R.N.F.) de Usabilidad.
b) Etapa 2	<ol style="list-style-type: none"> 3) Construir los Escenarios a partir de las actividades y el diccionario de datos, empleando Léxico Extendido del Lenguaje.
c) Etapa 3	<ol style="list-style-type: none"> 4) Trasformar los Procesos de Negocios y Escenarios en máquinas abstractas. 5) Verificar la consistencia de los requerimientos y de las definiciones de atributos de Usabilidad a través de Redes de Petri Coloreadas y Autómatas Finitos resultantes del proceso anterior.

Tabla 1. Especificación de la Propuesta Metodológica

1) *La primera etapa:* comienza con el modelado de negocio en BPMN (OMG), en donde las actividades resultantes serán mapeadas dentro de una estructura denominada Requirements Baseline (Do Prado Leite et al, 1997), propuesta por Leite, que permite representar el lenguaje de la aplicación mediante un conjunto de símbolos y su comportamiento, en un momento específico, a través de escenarios. Para realizar el modelado se deberá cumplir lo siguiente:

- Cada especificación de usabilidad deberá definirse como una actividad con estereotipo "Regla de Negocio", y asociarse a la actividad del modelo de negocio que deba satisfacer la especificación.
- Las especificaciones deberán definirse en términos de palabras reservadas que ya se encuentren contenidas en el vocabulario del LEL, cada palabra reservada corresponderá a un atributo de usabilidad de bajo nivel que contendrá su definición y métrica asociada.
- Dado el caso que la especificación no se encuentre definida como atributo de bajo nivel dentro del LEL, deberá definirla el especialista como se irá describiendo en la segunda y tercera etapa.
- Todas las actividades serán mapeadas a la Requirements Baseline como escenarios salvo las definidas con el estereotipo "Manual".
- Las actividades de "Regla de Negocio" asociadas a una actividad con el estereotipo "Manual" no serán mapeadas.

Para el modelado de negocio se utilizará la herramienta Bizagi. El modelo resultante se exportará en formato XPDL para ser utilizada en la siguiente etapa.

2) *En la segunda etapa:* se utilizará la herramienta Baseline Mentor Workbench (BMW), que contiene todas las funcionalidades necesarias para introducir en la Requirements Baseline las definiciones contenidas en un archivo XPDL obtenido en la etapa anterior. Posteriormente, las especificaciones de usabilidad serán agregadas como restricciones en los escenarios y deberán definirse reglas en la herramienta BMW que permitan asociarlas a un atributo, en función de si se encuentra definido o no dentro del vocabulario del LEL.

3) *Finalmente, en la tercera etapa del proceso:* es donde se deben definir dentro del LEL los atributos de usabilidad y las métricas con la que se evaluarán, para luego ser utilizados como palabra reservada en el proceso de modelado de la primera etapa. Cada atributo, que se defina, deberá asociarse a una sub-característica y ésta, a su vez, con una característica de alto nivel estableciendo relaciones jerárquicas entre sí, formando un árbol de requerimientos de calidad. La descomposición de características en sub-características estará precargada en el LEL y se basará en la estructura conceptual propuesta en ISO/IEC 25000 (SQUARE) (2005). También se ofrecerá un conjunto de atributos precargados con métricas definidas, ofreciendo la posibilidad al especialista de modificarlos, o bien, de generar nuevos atributos con sus métricas y asociaciones. Las etapas del proceso pueden observarse en la Figura 1.



Figura 1. Etapas del proceso de la metodología.

Descripción del Proceso Metodológico

A continuación, en las siguientes secciones, se realizará la descripción del proceso metodológico a través de un ejemplo:

A. Diseñar el Modelado de Negocios con BPMN: En BPMN, los Procesos de Negocio se construyen como una secuencia ordenada de actividades y de información que emplea el proceso, para representar cómo una organización realiza sus objetivos centrales del negocio. BPMN es gráficamente más rico, con menos símbolos fundamentales, lo que facilita su comprensión por parte de personas no expertas. A continuación, se plantea un ejemplo de un proceso de producción (ver Figura 2). Teniendo en cuenta las reglas de modelado descritas para la primera etapa se mapearán todas las actividades exceptuando aquellas que tengan el estereotipo "Manual".

B. Indicar qué actividades tienen manejo de información: En la Figura 2, se muestra cómo se procede para seleccionar las actividades de negocio que son automatizadas y formarán parte del Sistema de Información. Las especificaciones de usabilidad deberán agregarse como actividades utilizando el estereotipo “Regla de Negocio” y la descripción a utilizar deberá corresponder a un atributo cargados previamente en el LEL. Para el caso donde la especificación no se encuentre cargada como atributo en el LEL, la descripción de la actividad será utilizada para generar una nueva entrada que posteriormente deberá definirse. Una vez definida estará disponible para ser usada como palabra reservada. Aquí, el analista deberá identificar en los diagramas de procesos aquellas actividades que utilicen / generen información, diferenciándolas de aquellas que son puramente manuales. Las especificaciones de usabilidad deberán agregarse como actividades utilizando el estereotipo “Regla de Negocio”. También se puede observar un ejemplo de la actividad “Registrar ingreso de materia prima”, a la que se le asociaron los atributos “Completado de las tareas” y “Exactitud de las tareas” correspondientes a la sub-característica “Rendimiento de las tareas del usuario”.

C. Construir los escenarios a partir de las actividades de negocio: En este paso, utilizando como guía las actividades marcadas como automatizadas (no manuales) en el punto anterior, es preciso identificar los Casos de Uso del sistema que darían soporte "informático" a las actividades.

Habiendo finalizado el modelado del sistema de negocio y cumplimentado con todos los aspectos a considerar especificados en las dos etapas anteriores, se procede a aplicar transformaciones mediante un proceso automatizado, donde las actividades identificadas como de soporte del sistema de información se convierten en escenarios. Una vez finalizado el modelado del sistema de negocios se debe exportar el modelo en formato XPDL desde Bizagi para luego ser importado dentro de la herramienta BMW. La herramienta verificara todas las actividades generando un escenario para cada una de ellas exceptuando las del tipo “Manual”. Para las del tipo “Regla de negocio” buscará una asociación dentro del vocabulario de LEL que corresponda a un atributo de usabilidad ya definido, una vez encontrada la asociación se agregará como restricción al escenario. En caso de no encontrar ninguna asociación con atributos contenidos en del LEL se creará automáticamente una entrada que deberá definir el diseñador del sistema. Las entradas de LEL son denominadas símbolos y se definen por medio de nociones e impactos que indican la repercusión que tendrá el símbolo en el sistema. En la Figura 3 puede observarse el escenario creado para la actividad “Registrar ingreso de materia prima”, y las asociaciones de los atributos de usabilidad “Completado de las tareas” y “Exactitud de las tareas” agregadas como restricciones. Las descripciones restantes de los escenarios deberán ser completadas en forma manual por el analista.

D. Definición de requerimientos de Usabilidad empleando Patrones: El desarrollo de aplicaciones en entornos web ha suscitado la necesidad de incorporar aspectos de calidad relacionados con la usabilidad desde el inicio de la construcción de los sistemas de información (Marciszack et al., 2018). Este objetivo se puede lograr incorporando patrones (de usabilidad) en etapas tempranas del desarrollo de software, mediante la especificación de características inherentes a la Usabilidad en el modelado conceptual de los sistemas. La norma que se adopta para analizar la Usabilidad como un aspecto de calidad es la ISO/IEC 25010. El objetivo era vincular los atributos y los subatributos en los que se descompone la Usabilidad con su aplicación en el modelado conceptual mediante el empleo de patrones. Para ello, entonces, se buscó la relación que existe entre los patrones y los subcriterios de Usabilidad que pueden ser empleados en el modelado conceptual de aplicaciones web (Moreno et al., 2020). Los patrones de Usabilidad propuestos representan a conceptos abstractos pero que son aplicables en el diseño. Para poder comprender dicha relación se estructura una tabla, donde se establece el vínculo entre los patrones, las propiedades o atributos que consideran a la usabilidad en forma temprana. Esto da origen a que los mismos se puedan asociar posteriormente con patrones de interfaz o patrones de diseño de interacción.

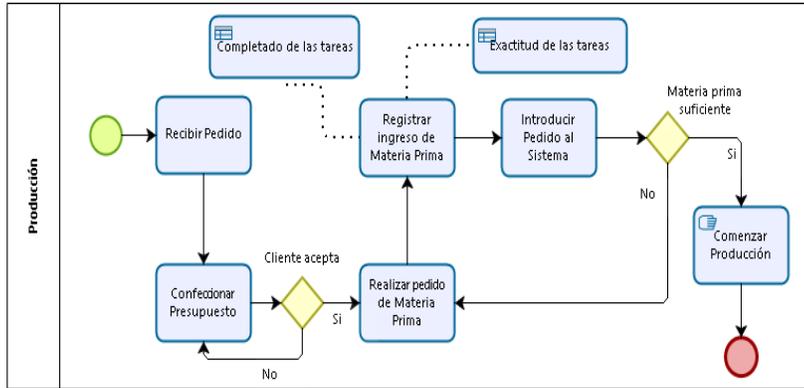


Figura 2 Modelado de atributos de usabilidad en BPMN para actividades de un proceso de producción.

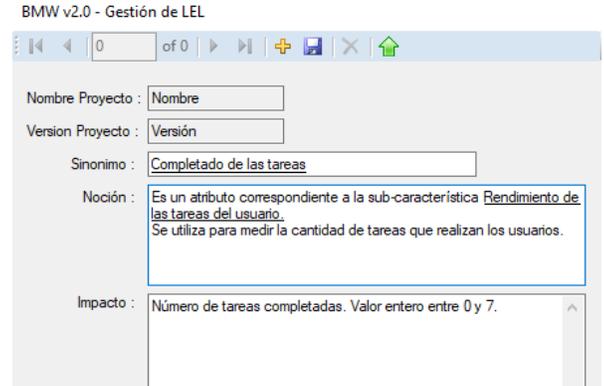


Figura 3 Plantilla de LEL para la definición de escenarios.

A continuación, se describe como se especifica cada patrón de la Tabla 2, desde el punto de vista de los escenarios, especificando cada una de las partes que contendrá el mismo como se observa en la Tabla 3.

Nombre	Propiedad de Usabilidad que resuelve
Cancel	Error management
Context sensitive help	Guidance
Different Languages	Accessibility
History	Error management
System feed back	Explicit user control
	Provide feedback
	Long action feedback
Undo	Explicit user control
	Error management
User profile	Adaptability
User Input Error Prevention	Structured text entry
Wizard	Step by step solution
Working data visualization	Visual consistency
Reduce risk of errors	Visual consistency
	Operability
Dynamic presentation in user interface	Understandability
	Operability
Progress indicator	User satisfaction
Keep the user focused	Visual consistency
	Understandability
	Operability

Tabla 2. Patrones vinculados con propiedades de Usabilidad

Definición del Patrón de Usabilidad	
1.	Nombre del Patrón de Usabilidad: El patrón de ser identificable por su nombre y el mismo debe ser lo suficientemente indicativo tanto del problema que abordan como la solución del mismo.
2.	Problema: Debe describir cuando aplicar el patrón y en que contexto determinado se debe aplicar. Por ser un patrón de usabilidad, debe referenciar que propiedad de la Usabilidad solucionaría o satisficaría con su aplicación.
3.	Solución: La solución describe los elementos que formarán de la solución, las relaciones y vínculos que posean con otros elementos del modelo, las responsabilidades del elemento dentro del modelo. La solución en el modelo conceptual será explicitada de dos maneras distintas: <ul style="list-style-type: none"> a. Representación gráfica: Una figura representará a un componente o a los compoene y las interacciones del mismo, como representación del patrón en la arquitectura. b. Actores: Describiría cuales son los componentes que participan en la solución propuesta y cuál es su responsabilidad dentro del escenario del modelo propuesto.
4.	Ventajas: En esta sección se describirá que aspectos de la usabilidad se se verán beneficiados por la inclusión del patrón en el modelo.
5.	Beneficios: En esta sección se incluirán las fortalezas y debilidades que puede proporcionar el patrón por su inclusión en el modelo. Los datos consignados surgirán de la experiencia de su inclusión.
6.	Consecuencias: Se describirá el posible impacto que puede tener el patrón en otros atributos de calidad.
7.	Patrón/es relacionado/s: Cuales son los patrones que se encuentran relacionados con este patrón y cuáles serán las diferencias de este patrón con los relacionados.
8.	Implementación del patrón: Se describirá la implementación del patrón y las clases u objetos que serán derivados y necesarios por la implementación del patrón.
9.	Ejemplo: se daría un ejemplo de la aplicación del patrón.

Tabla 3. Especificación del Patrón

Esto contribuirá a describir cada patrón de usabilidad y posibilitará la construcción de un catálogo de patrones que resultan útil al diseñador (Moreno et al., 2020). A su vez, su descripción posibilita la selección en forma inequívoca del patrón, para el problema que se intenta solucionar (Marciszack et al., 2018). Cada propiedad tiene vinculadas métricas, que permitirán posteriormente medir la presencia de Usabilidad en el sistema.

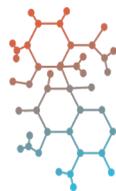
Conclusiones

La metodología planteada en este trabajo permite al diseñador definir especificaciones de usabilidad en etapas tempranas del desarrollo de software en forma organizada, flexible, escalable y acorde a estándares de calidad vigentes. Esto queda demostrado a través del desarrollo metodológico propuesto como proceso donde se emplean metodologías de Modelado de Negocios y de Escenarios, vinculadas a través del uso de conceptos y prácticas del paradigma del Desarrollo de Software Dirigido por Modelos. A través de esta propuesta metodológica y sus herramientas de soporte, que se sintetizan como un conjunto de transformaciones aplicadas sobre el modelo conceptual primario, es posible generar nuevos modelos que sirvan para representar las máquinas abstractas necesarias para la verificación y validación de los requerimientos funcionales iniciales como así también de sus interfaces, garantizando de esta forma que los modelos reflejen fielmente la realidad, sin ambigüedades, manteniendo la coherencia y asegurando la trazabilidad a lo largo de todo el proceso de gestión de requerimientos. Estas validaciones y simulaciones a las Máquinas Abstractas generadas a través de un proceso automatizado de transformaciones ya sean sobre Procesos de Negocios, o Escenarios, nos permiten confirmar las características deseables sobre las especificaciones de los requisitos funcionales del sistema a construir. De este modo, el proceso de verificación y validación propuestos resultan útiles durante la etapa de diseño el modelo conceptual y de sus interfaces, para posteriormente poder construir el sistema de software que será soporte del sistema de información.

Referencias

- Abrahão, S., Condori-Fernández, N., Olsina, L., & Pastor, O. (2004, September). Defining and validating metrics for navigational models. In Proceedings. 5th International Workshop on Enterprise Networking and Computing in Healthcare Industry (IEEE Cat. No. 03EX717) (pp. 200-210). IEEE.
- Do Prado Leite, J. C. S., Rossi, G., Balaguer, F., Maiorana, V., Kaplan, G., Hadad, G., & Oliveros, A. (1997). Enhancing a requirements baseline with scenarios. *Requirements Engineering*, 2(4), 184-198.
- Folmer, E., & Bosch, J. (2004). Architecting for usability: a survey. *Journal of systems and software*, 70(1-2), 61-78.
- Marciszack, M. M., Moreno, J. C., Sánchez, C. E., Medina, O. C., Delgado A. F., & Castro, C. S. (2018). Patrones en la construcción del modelo conceptual para sistemas de información. *edUTecNe*.
- Mellor, S. J., Scott, K., Uhl, A., & Weise, D. (2002, September). Model-driven architecture. In *International Conference on Object-Oriented Information Systems* (pp. 290-297). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Miller, J., Mukerji, J. "MDA Guide Version 1.0" (2003), http://www.omg.org/mda/mda_files/MDA_Guide_Version1-0.pdf, Consultado en junio de 2019.
- Moreno, J. C., Marczack, M. M., & Groppo, M. A. (2020). Patrones de Usabilidad Temprana en el Modelo Conceptual. *AJEA*, (5). <https://doi.org/10.33414/ajea.5.750.2020>
- Norma ISO/IEC ISO9126-1, "Software Engineering -Product Quality - Part 1," 2001.
- Piattini Velthuis, M. G., Garcia Rubio, F., & Caballero Muñoz-Reja, I. (2007). Calidad de sistemas informáticos (No. 004.05). Alfaomega Ra-Ma.
- Wahyuningrum, T., Kartiko, C., & Wardhana, A. C. (2020, October). Exploring e-Commerce Usability by Heuristic Evaluation as a Complement of System Usability Scale. In *2020 International Conference on Advancement in Data Science, E-learning and Information Systems (ICADEIS)* (pp. 1-5). IEEE.

Ingeniería Industrial



Análisis de requerimientos de informática para el perfil Ingeniero Industrial

Analysis of computer requirements for the Industrial Engineer profile

Blanca Carrizo

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba - Argentina
bcarrizo@frc.utn.edu.ar

Jorge Abet

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba - Argentina
jorgeabet@gmail.com

Constanza Caminos.

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Córdoba - Argentina
constanzaccaminos@gmail.com

Resumen

En el marco del rediseño curricular de las carreras de grado en general y en especial de “Ingeniería Industrial”, es necesario consolidar el rol de la “Informática” como herramienta estratégica orientada a la gestión de empresas productivas y de servicios. Basado en las competencias en libro rojo del CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería- integra más de 100 decanos de unidades académicas que dictan carreras de ingeniería en el país), se analizan contenidos significativos y destrezas a desarrollar en una etapa inicial de la carrera (1er. Nivel), que sentará las bases sobre las cuales se construirán conocimientos orientados a la resolución de problemas basados en lógica algorítmica; que tendrá continuidad en niveles superiores (4to. Nivel) en la reutilización de herramientas basada en el análisis de datos almacenados en repositorios (Bases de Datos) que responden a modelos de negocios que enriquecerán el perfil a formar en el contexto pandemia en globalización.

Se pretende plantear una asignatura electiva en un nivel avanzado (4to. / 5to, Nivel) donde se desarrollen competencias enfocadas a nuevas tecnologías que hoy requiere un estudiante avanzado de Ing. Industrial para desempeñarse en el ámbito laboral.-

Palabras clave

Informática – Competencias – Pandemia - TIC - Perfil - Algoritmos - Bases de Datos

Abstract

In the framework of the curriculum redesign of undergraduate courses in general and especially of "Industrial Engineering", it is necessary to consolidate the role of "Informatics" as a strategic tool oriented to the management of productive enterprises and services. Based on the CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería- integra más de 100 decanos de unidades académicas que dictan carreras de ingeniería en el país) red book competitions, significant contents and skills to develop in an initial stage of the career are analyzed (1st. Level), which will lay the foundations on which problem-solving-oriented knowledge based on algorithmic logic will be built; which will have continuity at higher levels (4th. Level) in the reuse of tools based on the analysis of data stored in repositories (Databases) that respond to business models that will enrich the profile to form in the context of the pandemic in globalization.

It is intended to propose an initial diagnosis at the computer level, which will be enhanced throughout the career development, and which will be reinforced at an advanced level to enhance the added value of the Industrial Technological Engineer.

Keywords

Informatics - Competences - Pandemic - ICT - Profile - Algorithms - Databases

Introducción

La "información" se ha convertido en una materia prima de primer orden que se elabora, se transforma y se comercializa como cualquier otro producto manufacturado.

El fenómeno de la globalización, potenciado por un escenario inesperado como lo es una pandemia del COVID 19, cruzó transversalmente todos los estratos (social, económica, laboral, jurídica y política) y en ese contexto produjeron cambios en la organización de las economías mundiales, reestructurando el mercado laboral e incorporando un cambio de paradigma como lo es el teletrabajo, hoy incorporado al hogar de muchos de nosotros.

La Sociedad de la información y las "nuevas tecnologías" de la comunicación e información lideraban cambios en todos los órdenes, que aceleraron la democratización del acceso al equipamiento y a la conectividad; especialmente a nivel educativo; dado que se debió repensar la pedagogía universitaria para propiciar los aprendizajes de los futuros profesionales, basados en la sinergia del video, audio, gráficos, textos, fotografía y animaciones, interactuando desde una plataforma de Educación Virtual.

En este contexto, los negocios vinculados a las nuevas tecnologías han hecho que surjan nuevas profesiones como el experto en ciberseguridad y el community manager y que se reconviertan otras, dado que hoy se exige el desarrollo de capacidades digitales básicas para todos los perfiles profesionales en general y para las Ingenierías en especial. Es decir que, la revolución digital o cuarta revolución industrial ya está aquí y se caracteriza por la convergencia simultánea de un abanico de tecnologías como: el big data, la inteligencia artificial, el blockchain, la computación cuántica, la nube, el internet de las cosas (IoT), la robótica, la realidad virtual, la ciberseguridad y biometría, la nanotecnología, la biotecnología, las impresoras 3D, el building information modeling (BIM), los vehículos autónomos y los drones, entre otras.

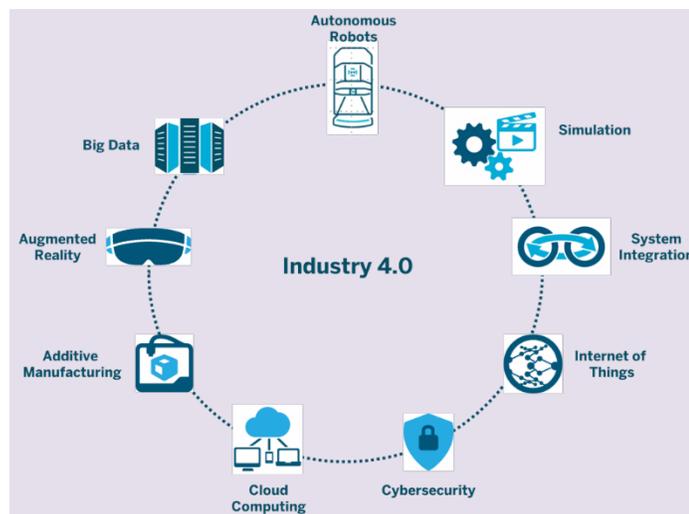


Figura 1. Tecnologías exponenciales centradas en los datos con los que generar inteligencia.

Esta revolución digital ha mutado el ADN de las Organizaciones en general que cambiando el metabolismo de los productos, las compañías y las industrias, y en este cambiante escenario, el Ingeniero Industrial Tecnológico consolida su perfil como un gestor creativo, dinámico y seguro; con capacidad para afrontar y liderar el cambio, dispuesto y motivado a enfrentarse a un medio globalizado y competitivo en la búsqueda del mejoramiento

continuo y la optimización de los recursos alcanzando la máxima competitividad, valiéndose de las herramientas informáticas como recurso reutilizable y escalable para la toma de decisiones en estrategias en el seno de Empresas que tienden a la mejora continua de sus procesos de negocios.

Desarrollo

Nuevos paradigmas, como la sociedad del conocimiento, la globalización, las redes, y la actual economía conforman un escenario particular que requiere de nuevas formas de intercambio y de comunicación. El mundo cambió y sigue cambiando, y la sociedad actual exige más a la Universidad; no sólo exige la formación profesional (el “saber”), sino también, la dotación de competencias profesionales a sus egresados (el “saber hacer”).

CONFEDI propone diez (10) competencias genéricas, complejas e integradas, relacionadas con: saberes (teórico, contextual y procedimental), que se vinculan con el saber hacer (formalizado, empírico, relacional), que están referidas al contexto profesional (la situación en que el profesional debe desempeñarse o ejercer), que apuntan al desempeño profesional (la manera en que actúa un profesional técnicamente competente y socialmente comprometido) y que incorporan la ética y los valores en el perfil del profesional que se busca formar. (CONFEDI).

En lo referido al perfil Ingeniero Industrial, las competencias específicas y descriptores de conocimiento, que fundamentan la “Informática” como asignatura estratégica en el diseño curricular de la carrera, se basa en los siguientes descriptores:

- Ciencias Básicas de la Ingeniería: Informática: fundamentos de programación
- Ciencias y Tecnologías Complementarias: sistemas informáticos para la gestión
- Tecnologías Aplicadas: Sistemas de Gestión y Mejora continua

ACTIVIDAD RESERVADA	COMPETENCIA ESPECÍFICA	DESCRIPTORES DE CONOCIMIENTO (Contenidos mínimos)
1 Diseñar, proyectar y planificar operaciones, procesos e instalaciones para la obtención de bienes industrializados	1.1 Diseñar, proyectar, calcular, modelar y planificar las operaciones y procesos de producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios)	Tecnologías Aplicadas ☒ Administración y gestión técnica económica de las organizaciones y las operaciones ☒ Gestión comercial de las organizaciones ☒ Diseño de instalaciones, productos y procesos ☒ Formulación y evaluación de proyectos ☒ Sistemas de Gestión y Mejora continua ☒ Sustentabilidad, Higiene y Seguridad
	1.2 Diseñar, proyectar, especificar, modelar y planificar las instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios)	
	1.3 Formular y evaluar proyectos públicos y privados de desarrollo	
2 Dirigir y/o controlar las operaciones y el mantenimiento de lo anteriormente mencionado	2.1 Dirigir, gestionar, optimizar, controlar y mantener las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios)	Tecnologías Básicas ☒ Mecánica del sólido y los fluidos ☒ Tecnología de materiales y procesos ☒ Tecnologías de control ☒ Máquinas y equipos ☒ Estadística para el análisis y la toma de decisiones
	2.2 Evaluar la sustentabilidad técnica económica y ambiental de las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios)	
3 Certificar el funcionamiento y/o condición de uso o estado de lo mencionado anteriormente	3.1 Gestionar y certificar el funcionamiento, condiciones de uso, calidad y mejora continua de las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios)	Ciencias y Tecnologías Complementarias ☒ Ética y legislación ☒ Economía ☒ Comportamiento organizacional y relaciones del trabajo ☒ Sistemas informáticos para la gestión ☒ Desarrollo Socioeconómico
4 Proyectar y dirigir lo referido a la higiene y seguridad y control del impacto ambiental en lo concerniente a su actividad profes.	4.1 Proyectar, dirigir y gestionar las condiciones de higiene y seguridad en las operaciones, proceso e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios)	Ciencias Básicas de la Ingeniería ☒ Física: calor, electricidad, magnetismo y mecánica ☒ Informática: fundamentos de programación ☒ Matemáticas: Álgebra lineal, cálculo diferencial e integral, geometría analítica, ecuaciones diferenciales y probab. y estadística ☒ Química: fundamentos de química ☒ Sistemas de Representación
	4.2 Gestionar y controlar el impacto ambiental de las operaciones, procesos e instalaciones requeridas para la producción, distribución y comercialización de productos (bienes y servicios)	

Tabla 1. Competencias específicas y descriptores de conocimiento para título Ingeniero Industrial

En este contexto, la asignatura “Informática I”, que se dicta en 1er. Nivel de la carrera, responde puntualmente al descriptor de conocimiento “fundamentos de programación” del bloque curricular “Ciencias Básicas de la Ingeniería: Informática”.

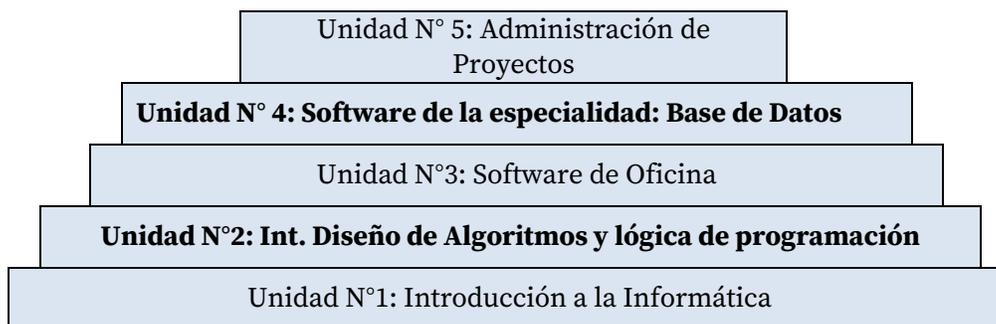


Figura 2. Representación gráfica de los contenidos de “Informática I”.

El objetivo de la asignatura es: “Brindar conocimientos y el lenguaje informático adecuado que el permitan al estudiante comprender la importancia de la Informática como herramienta estratégica en la administración diaria de las Empresas productivas y de servicios”, en función de ello y al tratarse de una temática que corta transversalmente a todas las asignaturas de la carrera se realiza un prediagnóstico del nivel de los ingresantes en lo referido a conocimiento de software de oficina, dado que se explica que uno de los objetivos específicos es “Adquirir y desarrollar habilidades para la operación del computador utilizando software de aplicación para la resolución de los problemas y diseñar Informes correspondientes a la especialidad a través del uso sinérgico de distintas herramientas Informáticas”.

Y a nivel competencias se busca “Desarrollar habilidades de lógica de programación para la resolución de problemas específicos de la carrera mediante la construcción y prueba de algoritmos”, a través de la Unidad 2 donde se desarrollan los “**fundamentos de programación**” como bases comunes a todos los programas, es decir a cualquier lenguaje de alto nivel. Una vez aprendidos estos fundamentos se puede elegir el lenguaje que se quiera usar, dado que con los conocimientos y destrezas desarrolladas se pueden aprender unas cuantas instrucciones en inglés.

En esta instancia utilizamos la herramienta educativa Pseint en la construcción de programas y algoritmos computacionales, con la finalidad de que apliquen la lógica aprendida y la reutilicen en la resolución de problemas con otros software que exigen la reutilización de la misma (ej. Estructuras SI en Planilla de cálculo).-

En lo referido a las Unidades 3 y 4 se brindan lineamientos y pautas para el uso de softwares especialmente generados para representar y modelizar realidades, a través del procesamiento de datos, representación de la información y simulacros de situaciones del mundo laboral real, por ejemplo en el cálculo numérico, automatización y robótica aplicados a la industria; donde la automatización es una tecnología relacionada al empleo de sistemas mecánicos – eléctricos basados en computadoras para la operación y control de la producción. En este contexto, la robótica es una forma de automatización industrial donde los robots son utilizados por una diversidad de procesos industriales como transportación y molienda de materiales, moldeado en la industria plástica, soldadura y pintura de spray, entre las múltiples tareas operativas que están programados para hacer.

Base de Datos (BD) como software de la especialidad está orientado a fundamentar la importancia de este activo intangible de la Empresa, en la cual reside el corazón de su negocio: los clientes y sus tendencias; por ello contribuye a consolidar a priori a los descriptores de conocimiento “**Sistemas informáticos para la gestión**” y “**Sistemas de Gestión y Mejora continua**”.

Por ello, se ha propuesto la implementación de una asignatura electiva, de carácter cuatrimestral y virtual 100% destinada a la gestión de Bases de Datos a nivel reglas de negocio y acceso a los mismos con un lenguaje consulta estructurado. A través de esta asignatura se pretende desarrollar habilidades y destrezas para poder brindar una solución a una necesidad concreta de almacenamiento de datos de un determinado Sistema de información, participando en el diseñando de la estructura para mantener la integridad y disposición de los mismos. Este almacenamiento debe estar cuidadosamente diseñado para que pueda cumplir eficaz y eficientemente su función.

Actualmente existen diferentes tipos de estructuras utilizadas en dichos almacenamientos: Bases de Datos Relacionales y No relacionales. Dado que la mayoría de las empresas se basan en modelos relacionales, se desarrollarán temáticas referidas al mismo, con el valor agregado de brindar un lenguaje de programación 4GL, que permita reutilizar el descriptor “fundamentos de programación” y potencie los descriptores “Sistemas informáticos para la gestión” y “Sistemas de Gestión y Mejora continua”.

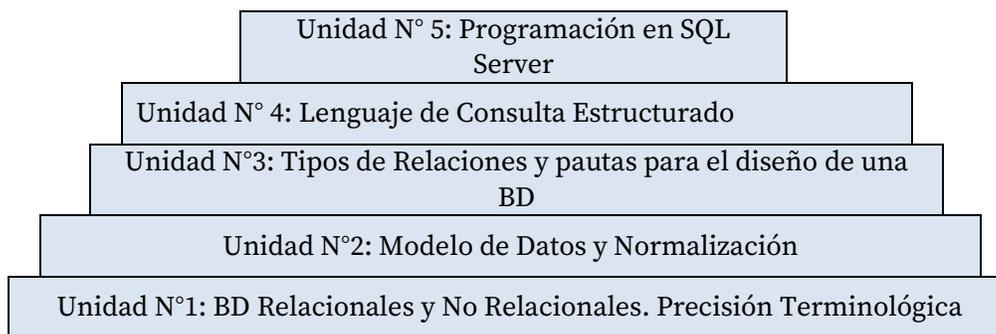


Figura 3. Representación gráfica (a priori) de Electiva orientada a BD (4to. Nivel).

A través de esta asignatura, se pretende que el perfil Ing. Industrial sea capaz de comprender cómo se consultan los datos utilizando sentencias de un Sistema de Gestión de Base de Datos (SGBD) de modo de generar salidas que cumplan con los requerimientos de un usuario final.

Es necesario destacar que *“es necesario replantear la enseñanza de la informática en las carreras de ingeniería, no como complemento práctico de materias de especialización técnica, sino desde la formación de aptitudes que permitan la evolución del conocimiento mediante la aplicación del mismo en las materias de especialización y la actualización del mismo la ritmo que impone el desarrollo de la tecnología de la información”*.

Conclusiones

La Ingeniería Industrial es por definición la rama de las ingenierías encargada del análisis, interpretación, comprensión, diseño, programación y control de sistemas productivos y logísticos. La ingeniería industrial es una carrera con un campo de trabajo muy amplio. La podemos encontrar en industrias, centros comerciales, empresas privadas, etc.

Los Ingenieros Industriales pueden desempeñarse en una amplia variedad de cargos. Sin embargo, sea cual sea su área de trabajo, las empresas siempre buscan una serie de habilidades que garanticen el desempeño integral de los profesionales. Expertos en selección de personal resaltan la importancia de contratar ingenieros que cuenten con una mirada humanista y disposición para aprender.

Su formación lo capacita para dirigir e integrar equipos multidisciplinarios de sectores productivos, administrativos, financieros y comerciales. Es un profesional capaz de satisfacer y gestionar las necesidades presentes y futuras de la sociedad y aquellas partes interesadas, en un marco de competitividad y mejora continua a través de nuevas tecnologías, reingenierías, liderazgo y gestión del cambio.

La consideración de estas características debe promover acuerdos sobre cambios en el diseño y desarrollo de los planes de estudio, en las estrategias pedagógicas y, en general, en la cultura académica necesaria para afianzar esas cualidades en las próximas generaciones de Ingenieros Industriales.

La capacidad de utilizar eficientemente el creciente desarrollo de las nuevas tecnologías y las herramientas informáticas son necesarias para alcanzar el deseable perfil de este profesional.

En las universidades, los estudiantes adquieren los conocimientos, habilidades y actitudes que pondrán en práctica en los lugares de trabajo. Estos elementos de formación son los que la industria, el comercio o el sector servicios necesitan de los titulados al momento de integrarse al campo laboral.

La característica que mejor define al Ingeniero Industrial es que posee una capacitación tecnológica multidisciplinaria que le confiere una gran flexibilidad y le permite adaptarse con facilidad a un entorno cambiante. Junto con este carácter "general", su educación debe completarse con una base científica sólida y una razonable especialización o conocimiento de las nuevas tecnologías tecnológicas.

Debe ser versátil en el sentido de poder entender el lenguaje de todas las demás especialidades, por lo que su formación es pluridisciplinaria. Esto no representa una ventaja ni una desventaja, sino simplemente una característica de esta rama de la ingeniería y de sus tareas dentro de la industria.

Referencias

Aula Virtual Dpto. Ing. Industrial. "Informática I" UTN-FRC (2007). Disponible en:

<https://uv.frc.utn.edu.ar/course/view.php?id=4562>

El conocimiento informático en Ingeniería Industrial. Una visión desde las evaluaciones de la CONEAU. (2013).

Alejandro Héctor Molina, Ricardo Gutiérrez, Fernando Buffone, Victoriano Molinari y Facundo Molina.

Ciencia y Tecnología, 13, 2013, pp. 175-188 ISSN 1850-0870

Ingenieros globales con pertinencia territorial. Hacia un nuevo paradigma en la educación en ingeniería.

(2018). Córdoba (Argentina), 4 de Octubre de 2018. Presentación: Ing. Daniel Morano.

Libro Rojo del Confedi (2018). Disponible en: <https://confedi.org.ar/categoria/publicaciones/libro-rojo/>

Ordenanza 1114 (2006). Aprueba el diseño curricular de la carrera Ingeniería Industrial. Disponible en:

<http://csu.rec.utn.edu.ar/docs/php/salida.php3?tipo=ORD&numero=1114&anio=0&facultad=CSU&pagina=1>

SIED-UTN. Documentos de Trabajo en: <https://sied.utn.edu.ar/course/view.php?id=307#section-5>

Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y su Relación con la Eficiencia Operacional en la Agroindustria

Good Manufacturing Practices (GMPs) and its relationship with operational efficiency in agribusiness

Oscar Pinto

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional San Francisco (FRSFCO) - Argentina
goperaciones@facultad.sanfrancisco.utn.edu.ar

Oscar Rete

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional San Francisco (FRSFCO) - Argentina

Resumen

Este trabajo de investigación fue realizado en una planta Agroindustrial, con el objetivo de observar el efecto de la implementación de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) sobre la mejora de los procesos y su relación con la eficiencia operacional en la fabricación de alimentos balanceados para nutrición animal. El diagnóstico inicial de las condiciones sanitarias se basó en los requisitos de BPM, Código Alimentario (CODEX), Resolución SENASA 594/2015, Norma IRAM 14108, y se midió la eficiencia de los equipos críticos en planta a partir del OEE (Overall Equipment Effectiveness). El diagnóstico inicial mostró un 69% de cumplimiento de BPM y un 56% en el OEE. Posteriormente a un plan de trabajo aplicado, se observó un 93% de cumplimiento de BPM y un 75% en el OEE. La implementación de BPM en una planta agroindustrial trae aparejado una serie de mejoras en procesos, higiene y eficiencia operacional.

Palabras clave: Administración de Operaciones, Mejora de procesos, Productividad, Buenas Prácticas de Manufactura, Mejora continua.

Abstract

This research work was carried out in an Agroindustrial plant, with the aim of observing the effect of the implementation of Good Manufacturing Practices (GMP) on the improvement of processes and its relationship with operational efficiency in the manufacture of balanced feeds for animal nutrition. The initial diagnosis of sanitary conditions was based on the requirements of GMP, Food Code (CODEX), Resolution SENASA 594/2015, IRAM 14108 Standard, and the efficiency of critical equipment in the plant was measured from the OEE (Overall Equipment Effectiveness). The initial diagnosis showed 69% compliance with GMP and 56% with OEE. After an applied work plan, 93% of compliance with BPM and 75% in the OEE was observed. The implementation of BPM in an agro-industrial plant brings with it a series of improvements in processes, hygiene, and operational efficiency.

Keywords: Operations Management, Process improvement, Productivity, Good practices, Continuous improvement.

Introducción

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), son una serie de prácticas y procedimientos que se encuentran incluidos en el Codex Alimentarios (CODEX) internacional y el Código Alimentario Argentino desde el año 1997, su aplicación es obligatoria para todos los establecimientos para la elaboración de alimentos seguros. Las BPM forman parte de los programas de calidad e inocuidad (Yllanes Puican, J. 2010).

En las agroindustrias, su implementación es vista como una actividad adicional que genera costos y pocas veces como una actividad que genera oportunidades de mejoras y ordenamiento de los procesos productivos.

Las BPM se basan en los siguientes principios; diseño físico de instalaciones, diseño sanitario de instalaciones, capacitación del personal, buenas prácticas de higiene personal, condiciones de limpieza y desinfección, condiciones de procesamiento y fabricación, aseguramiento y control de la calidad. Las BPM muestran los principios y prácticas generales de manipulación y distribución de alimentos, representando una guía sobre lo correctos procesos de fabricación.

El termino OEE (Overall Equipment Effectiveness), es una medida que se utiliza para evaluar la eficiencia de los equipos a partir de parámetros relacionados con; disponibilidad, eficiencia y calidad (Ramírez Flores, J. G., 2021).

Cada planta es un universo diferente y presenta condiciones muy particulares en sus procesos y equipos, es fundamental conocer su eficiencia productiva para establecer acciones de mejora.

En la agroindustria en estudio, se promueven políticas y procesos basados en la calidad e inocuidad durante los procesos de fabricación de productos, generando alimentos seguros y libres de contaminación de acuerdo con el uso destinado. Sin embargo, la planta presenta como debilidad la falta de verificación de sus sistemas de inocuidad, contra un estándar exigente de referencia, si bien existe la Resolución SENASA 594/2015, es un estándar básico en la implementación de BPM. La aplicación de normativas exigentes que permitan validar los principios de BPM en sistemas productivos ayudan a mejorar la eficiencia en el uso de sus equipos y procesos. El objetivo del presente trabajo es implementar las Buenas Prácticas de Manufactura en una planta de nutrición animal, utilizando como estándares de referencia; la Resolución SENASA 594/2015, CODEX Alimentario y la Norma IRAM 14108, midiendo la relación que tiene su implementación contra la eficiencia operacional a partir del indicador de Eficiencia Total de los Equipos (OEE).

Metodología

El presente trabajo se enmarca en el proceso productivo de la fabricación de alimentos destinados a la nutrición animal después de 12 meses de implementación de BPM. Se desarrolla bajo las siguientes etapas.

Etapas 1. Se realizará un diagnóstico sanitario, aplicando un listado de chequeo basado en la Resolución SENASA 545/2015, CODEX Alimentario y la Norma IRAM 14108. Así mismo se analizan los valores de OEE como criterios de medición de productividad en los procesos críticos de planta, dosificación y pesado, molienda, mezclado, peletizado y enfriamiento.

Etapas 2. Se revisará el cumplimiento de los estándares de acuerdo con las normas técnicas y se procederá a realizar un cronograma de plan de acción, basado en la metodología de mejora del Ciclo de Deming (Gálvez, R. 2017)

Etapa 3. Después de la aplicación del plan de acción, se realizará una segunda evaluación sanitaria para verificar el estado de implementación y se analizarán los valores de OEE como criterios de medición de productividad de los procesos de dosificación, pesado, molienda, mezclado, peletizado y enfriamiento.

Resultados

Etapa 1.

La figura 1, muestra el estado inicial de implementación de las BPM, en la planta de nutrición animal.

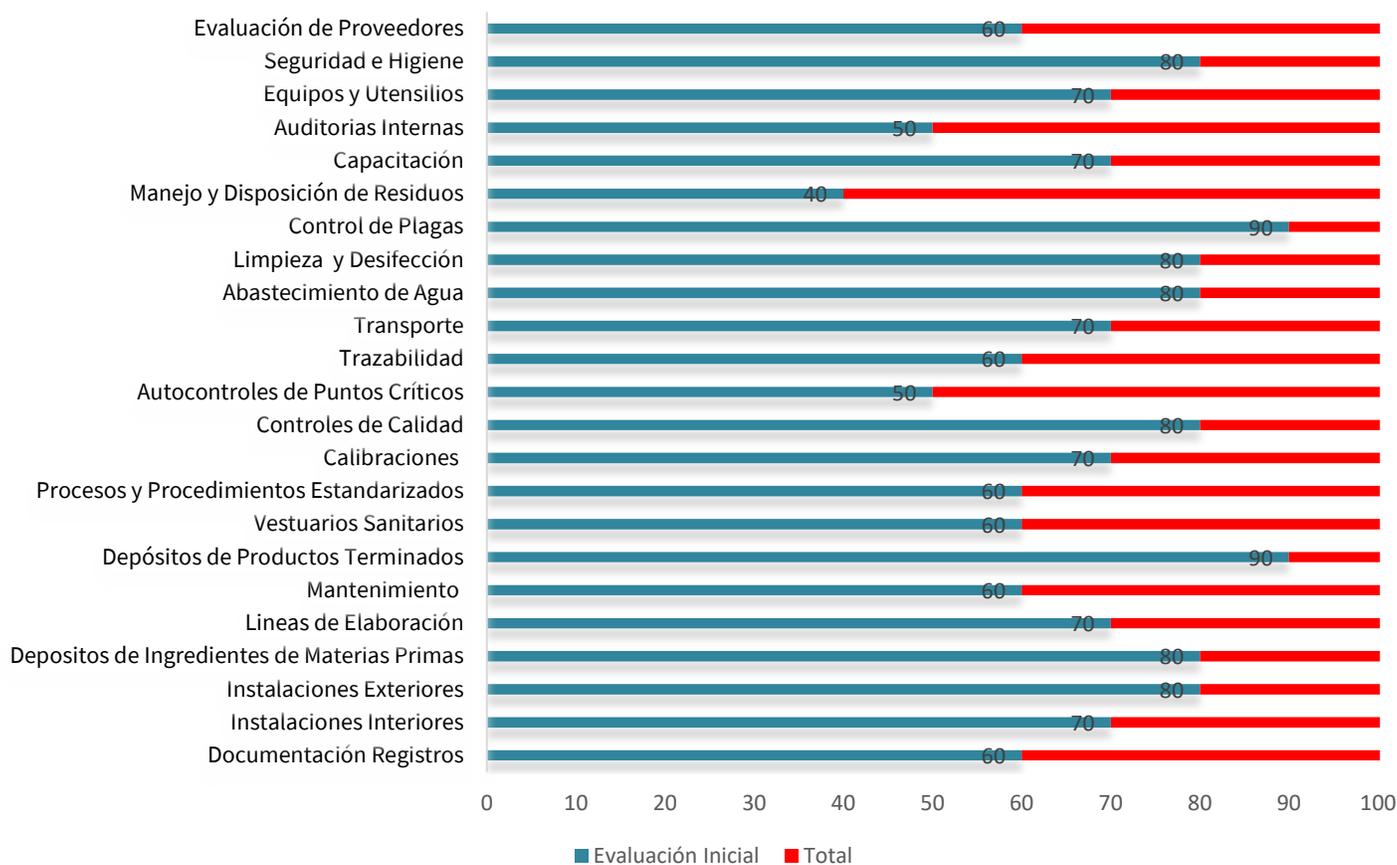


Figura 1. Porcentaje inicial de implementación de Buenas Prácticas de Manufactura en una Planta de Nutrición Animal.

De acuerdo con los datos obtenidos se encontró que la planta de nutrición animal presentaba un 69% de implementación de BPM. Los resultados se distribuyen de la siguiente manera; los requisitos de seguridad higiene, control de plagas, limpieza, desinfección, agua, almacenamiento de materias primas y productos terminados, mostraron implementaciones mayores al 80%.

Las instalaciones, transportes, calibración de equipos y programas de capacitación mostraron una implementación del 70%, mientras que la evaluación de proveedores, trazabilidad, procedimientos estandarizados, vestuarios y sanitarios y mantenimiento con 60%. La implementación de auditorías internas, los autocontroles de puntos críticos y el manejo y disposición de residuos mostraron los niveles más bajos de implementación con 50% y 40% respectivamente.

Medición de la Efectividad Total de los Equipos (OEE)

La medición del OEE es utilizado como un parámetro de monitoreo de la eficiencia y calidad del proceso productivo, los resultados de la medición de cada proceso son mostrados en la Tabla 1.

Proceso	Batch(Kg)	TC(Min)	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	Valor OEE
Dosificación y Pesado	1000	15,0	75%	60%	95%	43%
Molienda	1000	3,0	80%	95%	95%	72%
Mezclado	1000	3,0	80%	95%	95%	72%
Peletizado	1000	10,0	75%	70%	90%	47%
Enfriamiento	1000	3,0	75%	70%	90%	47%

Tabla 1. Valores de Efectividad Total de los Equipos, procesos de fabricación de alimentos balanceados

Los procesos de dosificación y pesado, peletizado y enfriamiento, muestran los valores de OEE más bajos de con 43% y 47% respectivamente, seguidos de un 72% en la molienda y mezclado. Valores de OEE menores a 65%, son considerados ineficientes en productividad.

Etapa 2.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el diagnóstico sanitario inicial, se elaboró un cronograma y plan de acción para el cumplimiento de las BPM, priorizando en los tres primeros meses los puntos relacionados con la Seguridad y Salud Ocupacional (SySO), Capacitación y Sensibilización del Personal, Saneamiento y Condiciones de Proceso y Fabricación. El cronograma con los tiempos establecidos de cumplimiento es observado en la tabla 2.

Cronograma de Mejora	Mes					
	I	II	III	IV	V	VI
Salud Ocupacional	■					
Capacitación Personal Manipulador		■				
Condiciones de Saneamiento			■			
Condiciones de Proceso y Fabricación				■		
Instalaciones Sanitarias					■	
Instalaciones Fisicas						■
Aseguramiento y Control de Calidad						■
Auditorias Internas		■		■		

Tabla 2. Cronograma de cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura

Etapa 3.

La figura 2, muestra el estado actual de las BPM después de la aplicación del plan de acción, comparando los datos con el diagnóstico inicial. Los resultados muestran un porcentaje de implementación mayor al 93%

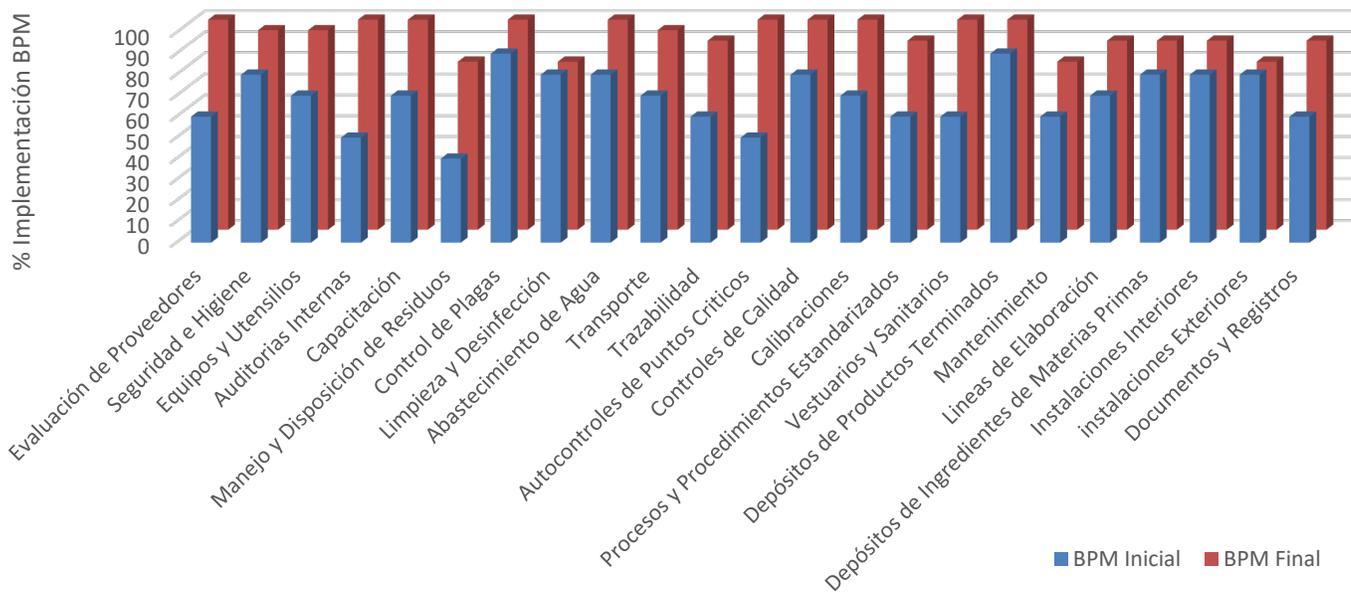


Figura 2. Comparación de implementación de BPM después de seis meses de aplicación de plan de acción.

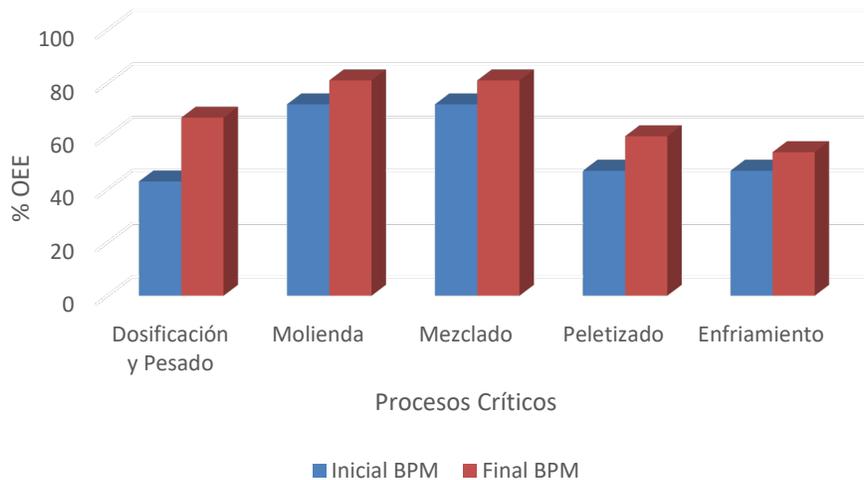


Figura 3. Comparación de indicador OEE antes y después de implementación de BPM

Los valores de OEE después de implementación del 93% de las BPM, se incrementaron un 24% en dosificación y pesaje, 9% en molienda y mezclado, 13% en peletizado y 7% en el proceso de enfriamiento.

Discusiones

El proceso de implementación de las BPM es un proceso dinámico donde los tiempos de implementación son diferentes de acuerdo con la cultura y recursos de cada empresa. En la planta de nutrición animal el cumplimiento del 93% de los estándares basados en los requisitos normativos se realizó en un periodo total de 18 meses. Los valores de OEE promedio de planta mostraron 56% antes de la BPM y 69% después de haber implementado un 93% de BPM. Reflejando una mejora en productividad del 16%. Los mayores porcentajes de mejora se observaron en los procesos de dosificación y pesado, y peletizado, respondiendo al cumplimiento a una mejor planificación de la demanda productiva, una mejor gestión de inventario, análisis de proveedores y una mejora en el mantenimiento preventivo equipos, reflejado en un aumento de la disponibilidad y rendimiento.

La mejora en el peletizado está definida por un mejor rendimiento del proceso al seleccionar materias primas bajo estrictas especificaciones de compra y trabajando procesos estandarizados, se redujo la variabilidad. Con la incorporación del mantenimiento preventivo se obtuvo una mejora en el rendimiento y disponibilidad del equipo. La mejora en el proceso de enfriamiento está relacionada al alineamiento y balanceo de líneas de producción detectado en el control de calidad. La molienda y mezclado al ser procesos automáticos mostraron pocas variaciones en los valores de productividad.

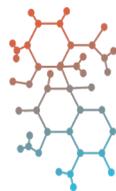
Conclusiones

La implementación de BPM en agroindustrias es un proceso gradual donde se trabajan aspectos técnicos relacionados con los requisitos normativos y aspectos culturales sobre nuevas formas de trabajo basadas en estándares que cumplen funciones preventivas. Las tendencias actuales de mercado exigen la elaboración de alimentos seguros, inocuos y genuinos, y las empresas agroindustriales necesitan evolucionar hacia la mejora continua. La implementación de BPM en la planta de nutrición animal bajo estándares normativos fue realizada en un periodo de 18 meses, generando un ordenamiento y una mejora en las condiciones de saneamiento e higiene personal, garantizando la elaboración de alimentos seguros y mejorando la eficiencia operacional de sus procesos.

Referencias

- Gálvez Rodríguez, K. C. (2017). *Aplicación del Ciclo de Deming para mejorar el nivel de servicio en la empresa J&J Transportes y Soluciones Integrales SAC, Comas, 2017.*
- Canahua Apaza, N. M. (2021). *Implementación de la metodología TPM-LEAN Manufacturing para mejorar la eficiencia OEE de la producción de repuestos en una empresa metalmecánica.*
- Ramírez Flores, J. G., & Torres Jacome, R. A. (2021). *Modelo de aplicación de herramientas 5s, mantenimiento autónomo, distribución de planta y automatización para aumentar la capacidad productiva en una PYME del sector bebidas*
- Rivera Condori, A. M. (1994). *Estudio técnico-económico de una planta premix para alimento balanceado*
- Señas Sandoval, E. B., & Malca Silva, J. L. (2019). *Evaluación de las principales pérdidas que afectan al OEE de una máquina papelera modelo Recard, Lima 2018.*
- Yllanes Puican, J. (2010). *Implementación del sistema HACCP y el manual BPM en la calidad microbiológica del espárrago verde fresco en la empresa Agro Inversiones Chavín.*

Ingeniería Química



Calidad microbiológica de budines no tradicionales envasados en atmósfera modificada

Microbiological quality of non-traditional puddings packaged by modified atmosphere

Silvia A.Moyano

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María – Córdoba, Argentina
silmoiano@hotmail.com

Jose M. Reynoso

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María – Córdoba, Argentina
jreynoso@frvm.utn.edu.ar

Camila Bellotti

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María – Córdoba, Argentina

Melisa Baumam

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María – Córdoba, Argentina

Resumen

Se determinó, la inocuidad de budines no tradicionales envasados en atmósfera modificada conservados durante 20 días. Las determinaciones microbiológicas realizadas fueron: recuento de aerobios mesófilos, recuento de enterobacterias, determinación de hongos y levaduras e investigación de *Escherichia coli*. Las técnicas utilizadas son las de la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas en Alimentos (ICMSF). Los resultados más relevantes fueron: el recuento de aerobios estuvo comprendido entre 10^7 a 10^8 ufc/g, después del almacenamiento. El recuento de enterobacterias fue menor a 10 ufc/g, además de ausencia de *E. coli* en las muestras analizadas. La cantidad de hongos fue de 6×10^2 ufc y su desarrollo fue elevado después del almacenamiento. Se concluye que los budines analizados no presentan un riesgo para la salud por no transmitir patógenos de origen fecal, y se debe controlar el desarrollo de hongos con aditivos autorizados (sorbato o propionato de potasio) para garantizar la inocuidad.

Palabras claves: Budines no tradicionales, calidad microbiológica, inocuidad.

Abstract

Safety of non-traditional puddings packed in modified atmosphere preserved for 20 days was determined. Microbiological determinations were: count of mesophilic aerobes, count of enterobacteria, determination of fungi and yeasts and investigation of *Escherichia coli*. The techniques used belong to International Commission on Microbiological Specifications in Food (ICMSF). The most relevant results were: aerobic count was between 10^7 and 10^8 cfu/g. Enterobacterial count was less than 10 cfu/g, in

addition to the absence of *E. coli* in the analyzed samples. Quantity of fungi was 6×10^2 cfu and their development was elevated after storage. It is concluded that the analyzed puddings do not present a health risk because they don't transmitting pathogens of fecal origin, and development of fungi should be controlled with authorized additives (sorbate or potassium propionate) to ensure safety.

Keywords: Non-traditional puddings; microbiological quality ;safety.

Introducción

El desarrollo del envasado o almacenamiento en atmósferas modificadas o controladas para la preservación de alimentos se inició en las primeras décadas del siglo XX. Las experiencias iniciales pretendían alargar la vida útil de algunas frutas y carnes frescas. Se aplicó en los años 50 para el control directo de la atmósfera de conservación de carnes y productos hortofrutícolas. En todos estos años de desarrollo, las técnicas de envasado en atmósfera modificada y controlada se han perfeccionado, llegando a ser actualmente una tecnología que puede aplicarse en los más diversos sectores alimentarios, no sólo en carnes y vegetales frescos como en su inicio. El objetivo de esta tecnología es lograr en el interior del envase un ambiente que evite o retrase el deterioro del producto manteniendo la calidad original y minimizando el uso de conservantes. Cambiando la composición de la atmósfera a la que se expone al alimento, la cual será diferente según el tipo de alimento que se quiera preservar, se logra disminuir el efecto nocivo que tiene la exposición de la mayor parte de los alimentos al aire. La exposición de los alimentos al aire atmosférico normal provoca un rápido deterioro, ya que la alta concentración de oxígeno de la atmósfera acelera muchas de las reacciones enzimáticas, químicas y microbiológicas responsables del deterioro de los alimentos. modificadas (Pagani *et col.* 2006; Ribotta y Tadini, 2009; Parzanese, 2020). Entre las ventajas del uso de la atmósfera modificada podemos mencionar al aumento de la vida útil del producto, una mejor presentación del producto y una menor necesidad de utilizar conservantes químicos en su formulación. El objetivo del presente trabajo fue determinar, a través de análisis microbiológicos la inocuidad de budines no tradicionales conservados durante 20 días por medio de la tecnología de atmósfera modificada y caracterizar de manera preliminar la flora micótica. La inocuidad de las muestras analizadas se evaluará mediante normativa nacional (CAA, 2021) e internacional como el Reglamento Sanitario Chileno (Reglamento Sanitario de los Alimentos Dto. N° 977/96 (1996) y las normas europeas (Moragas Valcárcel, 2021).

Materiales y Métodos

Los budines fueron elaborados en una panificadora artesanal “BRETONA Panadería sostenible” y se analizaron en el laboratorio a los 20 días de conservadas en temperatura ambiente para determinar la inocuidad y el tipo de flora micótica presente después de ser conservadas en atmósfera modificada.

La envasadora con que se aplicó la metodología de envasado en atmósfera modificada se muestra en la Figura 1 y en la Figura 2 el medidor de presión con el cual se determinó en nivel de vacío. Fueron envasados utilizando bolsas de 90 micrones de espesor. La mezcla de gases utilizadas para envasar en atmósfera modificada fue de 70 CO₂ -30 N₂.



Figura 1.
Envasadora marca NEOVAC Modelo VAC390-
GDO de 39 cm de sellado, inyección de gas, 4
picos.



Figura 2.
Medidor de presión (Vacuómetro digital con
memoria) Modelo PCE-932; Alemán.

La calidad microbiológica de los budines no tradicionales se evaluó a través de los siguientes análisis microbiológicos: Recuento de aerobios mesófilos totales: usando agar nutritivo por el Método de vertido en placa o profundidad (ICMSF, 2000; RENALOA, 2014), determinación de enterobacterias: usando el agar violeta-rojo-bilis-glucosa (VRBG) (ICMSF, 2000; RENALOA, 2014) y

presencia de *Escherichia coli*: usando 10 ml caldo BRILA caldo Bilis verde brillante) con 10 ml de la primera dilución. Se incubó a $44,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, durante 24 horas. De esta manera, se determinó la ausencia - presencia/g. Además, se realizó el recuento de Hongos y Levaduras (ICMSF, 2000; ISO 21527-2. (2008) RENALOA, 2014).

Desarrollo

Los budines elaborados en la Panificadora BRETONA fueron no tradicionales que contaban en su masa ingredientes (Tabla 1) no usados en forma habitual en panificación (ejemplo: zanahoria, calabaza, manzana, etc.). En la Tabla 1 se detalla los ingredientes no tradicionales que se utilizaron en la masa de los budines de este ensayo. En las Figuras 3,4,5,y 6 se observan los budines analizados después de 20 días de almacenamiento.

Tabla 1. Ingredientes en la masa de budines no tradicionales

Muestras	Ingredientes
1	Budín de zucchini y arándanos
2	Budín de ananá, zanahoria y nueces
3	Budín de manzana y limón
4	Budín de calabaza y chocolate



Figura 3. Muestra de Budín de zucchini y arándanos. Después de 20 días de almacenamiento.



Figura 4. Muestra de Budín de ananá, zanahoria y nueces. Después de 20 días de almacenamiento.



Figura 5. Muestra de Budín de manzana y limón. Después de 20 días de almacenamiento.

Figura 6. Muestra de Budín de calabaza y chocolate. Después de 20 días de almacenamiento.

Los resultados obtenidos en el recuento de aerobios mesófilos fueron variables y dependió de los ingredientes utilizados, siendo la muestra 5 y 6 la que obtuvieron valores menores a los 2 días de elaboración (Tabla 2). El promedio después de 20 días de almacenamiento fue de 7,32 log ufc/g. La observación microscópica fue que las bacterias desarrolladas fueron bacilos Gram positivos esporulados, no observándose diferencias en las características de textura y de color.

Tabla 2. Resultados de aerobios mesófilos en budines no tradicionales

Muestras	2 días de elaboración log ufc/g	8 días de elaboración log ufc/g	20 días de elaboración log ufc/g
1	5,50	7,17	7,54
2	5,11	6,80	8,81
3	2,47	7,50	7,43
4	2,82	4,80	5,50

Con respecto al recuento de enterobacterias y a la determinación de *E. coli*, fueron menor a 10 ufc/g y ausencia en 0,1 g, respectivamente. Estos resultados determinan que las muestras analizadas no presentan microorganismos de origen fecal y por lo tanto no pueden causar ETAS (enfermedades transmitidas por alimentos) que poseen esta vía de transmisión.

En la Tabla 3 se muestran los valores obtenidos en el recuento de hongos y levaduras donde se observa que luego de los 20 días de almacenamiento a temperatura ambiente sólo la muestra 3, a base de manzana, presentó un recuento superior a 10^3 ufc/g. Este valor es superior a lo establecido por el Reglamento Sanitario Chileno (Reglamento Sanitario de los Alimentos Dto. N° 977/96 (1996) donde el límite máximo es de 10^3 ufc/g. para este tipo de panificados. El Código Alimentario Argentino esta legislado la cantidad máxima de hongos y levaduras en este tipo de elaboraciones. Para evitar el desarrollo de hongos podría agregarse a la masa conservantes permitidos como sorbato no esta es de potasio o propionato de potasio., en la dosis recomendada (0,1% g/100 g) para panificados por el Código Alimentario Argentino.

Tabla 3. Ensayo de hongos y levaduras en muestras de budines

Muestras	2 días de elaboración log ufc/g		8 días de elaboración log ufc/g		20 días de elaboración log ufc/g	
	ufc/g	log ufc/g	ufc/g	log ufc/g	ufc/g	log ufc/g
1	5	1,69	20	1,30	470	2,67
2	30	1,48	10	1,00	350	2,54
3	20	1,30	10	1,00	15000	4,17
4	50	1,69	40	1,60	920	2,96

En la Figura 7 se grafica el porcentaje de los principales géneros de hongos desarrollados en el ensayo después de 20 días de almacenamiento. Como se observa el género *Penicilium* fue el predominante en las muestras a base de manzana (muestra 3) y calabaza (muestra 4).

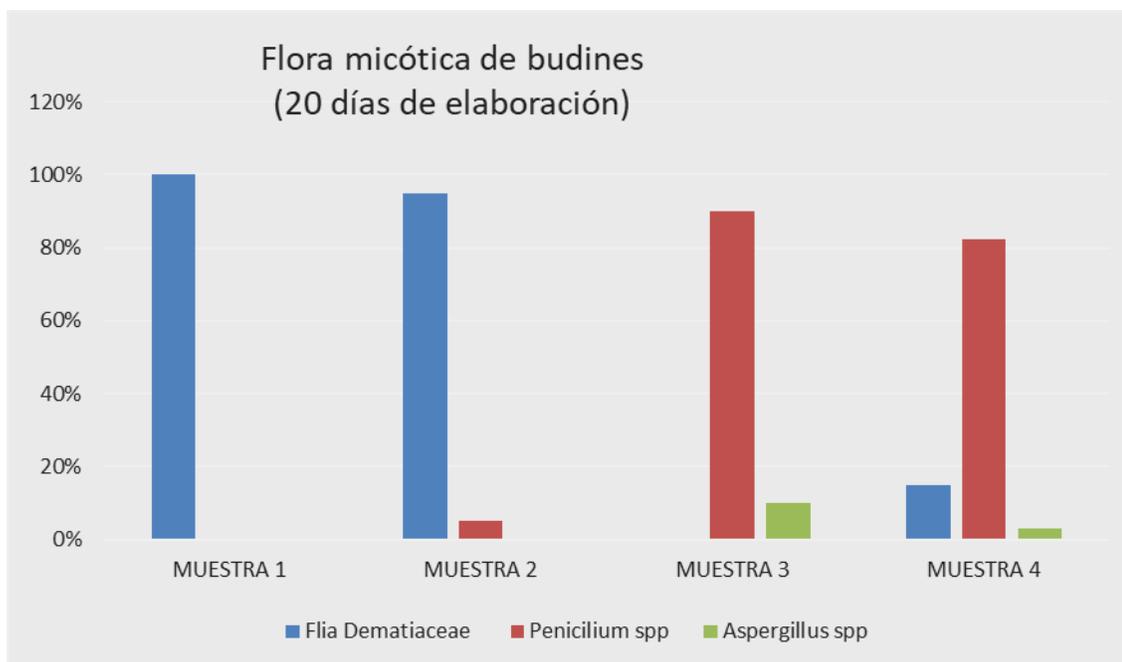


Figura 7. Flora micótica en budines luego de 20 días de elaboración

Conclusiones

Las conclusiones más importantes de este ensayo preliminar en budines envasados en atmósfera modificada fueron:

El recuento de bacterias aerobias mesófilas fue variable, lo cual poder deberse por la diferente composición de los budines analizado. Durante los 20 días de almacenamiento se observó un aumento significativo en el número de bacterias aerobias, no observándose alteraciones en la textura y en color.

No presentaron Enterobacterias, ni *E. coli*, lo que indica que no pueden transmitir una ETA (Enfermedad transmitida por alimento) por microorganismos que se transmiten por vía fecal-oral.

La determinación de hongos y levaduras demuestra que hasta los diez días de elaboración en ninguna de las muestras de budines analizadas superó las 500 ufc/g, (Tabla 1) que es el límite establecido por la COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA. Además de acuerdo a los observado las muestras 3 y 4 fueron las que tuvieron mayor desarrollo de hongos (Tabla 1). Los hongos desarrollados en los dos primeros ensayos fueron predominantemente de la Familia *Dematiaceae*, mientras los que desarrollaron en el último ensayo fueron mayoritariamente del género *Penicilium*.

Para evitar el desarrollo de hongos se deberá agregar a la masa sorbato de potasio. E202.o INS 202 Propionato de potasio que son los aconsejados como conservadores para productos panificados g/en una concentración de 0,1 g/100 g (Capítulo IX, CAA, 2021).

Referencias

Ahvenainen R. (2003). Novel food packaging techniques. Boca Raton: CRC Press. 590 pp.

Código Alimentario Argentino (CAA, en línea, consultado abril 2021).

www.anmat.gov.ar/webanmat/normativas_alimentos.asp

- ICMSF (International commission on microbiological specifications for foods). (2000). Microorganismos de los Alimentos, Volumen 1. Su significado y métodos de enumeración. Ed. Acribia, S.A. Zaragoza España. Segunda Edición.
- ISO 21527-2. (2008). Microbiology of animal feeding stuffs- Horizontal method for enumeration of yeast and moulds. Part 2. Colony count technique in products with water activity less than or equal to 0.95.
- Moragas M., Valcárcel S. (2021). Normas microbiológicas de los alimentos y asimilados (superficies, aguas diferentes de consumo, subproductos) y otros parámetros físico-químicos de interés sanitario
- Ospina Meneses Silvia M., Cartagena Valenzuela José. (2008). La atmósfera modificada: una alternativa para la conservación de los alimentos. Revista Lasallista de Investigación - Vol. 5 No. 2. Colombia.
- Pagani MA, Lucisano M, Mariotti M, Limbo S. (2006). Influence of packaging material on bread characteristics during ageing. *Packaging Technology and Science*, 19: 295–302.
- Parzanese, M. (2020). Tecnologías para la Industria Alimentaria Envasado en atmósfera modificada y controlada. Ficha 23. Alimentos Argentinos – MinAgr. Pág. 1 de 11 consultada en febrero 2020 www.alimentosargentinos.gob.ar
- Reglamento Sanitario de los Alimentos Dto. N° 977/96. (1996). República de Chile Ministerio de Salud.
- RM N° 1020-2010/MINSA. (2011). Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de productos de Panificación, Galletería y Pastelería. Lima.
- RENALOA (2014). Red Nacional de Laboratorios Oficiales de Análisis de Alimentos (ReNaLOA). Análisis Microbiológico de los Alimentos Metodología Analítica oficial Microorganismos Indicadores. Volumen 3. Ministerio de Salud. Argentina
- Ribotta, P.D. y Tadini, C.C. (Eds). (2009). Alternativas tecnológicas para la elaboración y la conservación de productos panificados .ISBN:978-950-33-0739-7. Córdoba. Argentina.
- Vermeiren L, Devlieghere F, van Beest M, de Kruijf N, Debevere J. (1999). Developments in the active packaging of foods. *Trends in Food Science & Technology*, 10: 77–86.

Diseño y formulación de un limpiador de vidrios

Design and formulation of a glass cleaner

Federico Ezequiel Valle

Grupo Productos Naturales (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco). Argentina.
federicovalle1@gmail.com

Romina Bresso

Grupo Productos Naturales (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco). Argentina.
romina22bresso@gmail.com

Micaela Macagno

Grupo Productos Naturales (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco). Argentina.
michelamacagno03@gmail.com

Paula Colombero

Grupo Productos Naturales (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco). Argentina.
colomberopaula06@gmail.com

Vanina Alejandra Guntero

Grupo Productos Naturales (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco). Argentina.
Grupo de Síntesis Orgánica y Materiales (Instituto de Química Aplicada del Litoral). Argentina.
vguntero@sanfrancisco.utn.edu.ar

Resumen

El objeto del presente trabajo es el desarrollo de un agente de limpieza doméstico apto para la limpieza de vidrios. Para el diseño del mismo, se seleccionaron reactivos que no presentan riesgos tóxicos para la salud y el medio ambiente. Los reactivos pertinentes se adicionaron a un vaso de precipitados favoreciendo su mezcla mediante agitación continua y se varió las concentraciones de los mismos con el propósito de obtener la formulación más efectiva. Se evaluó la capacidad de limpieza mediante su aplicación directa a través de paños húmedos, así como también sus características organolépticas. De las distintas formulaciones evaluadas, la denominada D es la que garantiza una limpieza perfecta, con una sola aplicación, sin dejar residuos, marcas o suciedad. De esta manera se desarrolló un agente de limpieza doméstico que exhibe buenas propiedades de limpieza en vidrios y que cumple con la Normativa vigente en Argentina en cuanto a cantidades permitidas de cada reactivo.

Palabras clave: limpieza, vidrio, agente de limpieza doméstico, diseño, formulación.

Abstract

The aim of this work was the development of a domestic cleaning agent suitable for cleaning glass. For its design, reagents that do not present toxic risks to health and the environment were selected. The pertinent reagents were added to a beaker favoring mixing through continuous stirring and their concentrations were varied in order to obtain the most effective formulation. The cleaning capacity was evaluated by direct application through damp cloths, as well as the organoleptic characteristics of each one. Of the different formulations evaluated, the one called D is the one that guarantees perfect cleaning, with a single application,

without leaving residues, marks or dirt. In this way, a domestic cleaning agent was developed that exhibits good cleaning properties in glass and that complies with the Regulations in force in Argentina in terms of allowed amounts of each reagent.

Keywords: cleaning, glass, household cleaning agent, design, formulation.

Introducción

Los productos químicos para el hogar se utilizan ampliamente en muchas de las actividades asociadas con la vida diaria. Si bien tales productos permiten vivir en un ambiente higiénico y saludable, también están vinculados con ciertos riesgos para nuestra salud y el medio ambiente si se emplean de manera insegura. Una de las consideraciones para disminuir el riesgo corresponde a la elección por parte del consumidor al momento de comprar el producto (Buchmüller et al., 2020: 5). Otro de los factores está relacionado con el diseño y la formulación de los mismos, debiendo entrar en las especificaciones correspondientes a las Normas vigentes de cada país.

De forma general, el método químico de limpieza de estos productos consiste en que, durante su aplicación, los componentes químicos que integran su formulación reaccionan con los componentes de la suciedad, con el objetivo de facilitar su dilución o dispersión (Bellon-Fontaine, 2002: 322). Los limpiadores de vidrio convencionales poseen surfactantes y disolventes que se requieren para emulsionar aceites y grasas de una superficie de vidrio sucia, y la suciedad solubilizada se elimina de la superficie con un paño húmedo. Si la tierra no se emulsiona completamente, se producirán rayas y/o manchas en la superficie del vidrio. Es por ello que para una buena limpieza es necesario recurrir a disolventes que exhiban una correcta acción limpiadora. Además, este debe volatilizarse sin dejar ningún residuo en la superficie del vidrio siendo adecuados para ello los alcoholes. Otro compuesto químico que exhibe una buena acción limpiadora es el lauril sulfato de sodio, este es un surfactante que se lo utiliza en una gran cantidad de productos de limpieza para el hogar por su efectividad en cuanto a emulsionar aceites y grasas.

El objetivo del presente trabajo consistió en desarrollar formulaciones de limpiadores domisanitarios para aplicación con paños húmedos. Esta fórmula de limpiacristales se desarrolló para vidrios de aberturas de hogares y construcciones de fácil acceso. La formulación comprende: un tensioactivo, un sistema disolvente acuoso, un solvente orgánico soluble en agua y un colorante. Todos los componentes se seleccionaron de acuerdo a las características de la aplicación y a la reglamentación vigente en Argentina.

Desarrollo

Metodología:

Para el desarrollo de las formulaciones se realizó una búsqueda bibliográfica la cual incluyó los reactivos aprobados por ANMAT (Beale, 2017). De esta manera a continuación se enuncian los reactivos seleccionados y su función:

- Alcohol isopropílico: Tiene la propiedad de disolver todo tipo de contaminantes orgánicos y minerales en vidrios. Su tasa de evaporación es elevada. Presenta la particularidad de no dejar rayas en superficies de vidrio. Además, tiene función de desinfectante. Según la bibliografía consultada, el límite recomendado para el lugar de trabajo donde se manipule dicho reactivo es de 400 ppm como promedio durante un tiempo de uso de 8 h (Olson et al., 2012).
- Agua: Proporciona la base líquida para agregar los productos químicos restantes que componen el limpiador.
- Lauril sulfato de sodio (SLS): Su función es reducir la tensión interfacial entre la superficie del vidrio y el líquido, permitiendo así humedecer la superficie del vidrio (Robinson et al., 2010). La concentración de SLS que se encuentra en los productos de consumo varía según el producto y el fabricante, pero normalmente oscila entre el 0,01% y el 50% en los productos cosméticos y entre el 1% y el 30% en los productos de limpieza (Bondi et al., 2015).
- Colorantes: El colorante se agrega con el propósito de poder diferenciar el limpiador de otras soluciones y que no se preste a la confusión. Los colorantes utilizados fueron el azul de metileno (c.i. 52030) y el índigo (c.i. 73000).

A partir de los reactivos seleccionados se prepararon 4 formulaciones diferentes hasta lograr el producto con las características deseadas. La metodología de preparación consistió en colocar el SLS en un vaso de precipitados, al mismo se le añadió la cantidad necesaria de alcohol isopropílico junto con el agua destilada mediante agitación constante durante 15 minutos a 750 rpm hasta que se observó la dilución total del sólido. A continuación, se añadió poco a poco el colorante hasta lograr su incorporación total. Posteriormente, se guardó la solución en un recipiente cerrado a temperatura ambiente, con su respectiva etiqueta, colocando en ella el nombre y la fecha de elaboración. Las cantidades (% m/m) que fueron utilizadas de los reactivos en cada una de las formulaciones realizadas se detallan en la **Tabla 1**.

Formulación	SLS (% m/m)	Alcohol isopropílico (% m/m)	Agua (% m/m)	Colorante	
				Azul de metileno	Índigo
A	4,00	16,00	80,00	c.s.	-
B	5,00	20,00	75,00	c.s.	-
C	1,35	5,40	93,25	c.s.	-
D	0,10	9,90	90,00	-	c.s.

Tabla 1. Porcentajes en masa utilizados en las formulaciones.

Resultados

Para cada formulación se analizaron sus características organolépticas, su efectividad y se registró el pH.

Se observó que la formulación A, portadora de un gran exceso de colorante azul de metileno, presentó un color azul oscuro intenso; esto ocasionó que en la aplicación quedaran trazas del mismo sobre la superficie del vidrio y los paños húmedos utilizados resultarían también muy manchados. Ante lo anterior, se redujo la cantidad de colorante en las siguientes formulaciones B y C progresivamente, esto resultó que los colores fueran menos intensos respectivamente. Sin embargo, las trazas de azul de metileno persistieron y, además, para lograr una limpieza aceptable demandaba mucho esfuerzo manual. Sumado a esto, en la formulación C precipitó gran parte del SLS a la semana de su preparación. Por ello, se decidió disminuir considerablemente la cantidad de SLS y sustituir el colorante por uno menos invasivo, siendo este Índigo, y a su vez se preparó una solución 0,004 % m/V del mismo con el fin de poder controlar la coloración de una manera más precisa. La formulación D exhibió entonces un color azul índigo claro. Se observó una excelente mejora en cuanto a los restos de colorante sobre su aplicación en el vidrio y a la facilidad de limpieza.

Por otra parte, con respecto al contenido de isopropanol, este se disminuyó de la primera a la última formulación debido a que el intenso aroma alcohólico generaba que la experiencia de su aplicación resultara incómoda.

En cuanto a la efectividad de las formulaciones, al aplicar cada una de ellas se observó que el poder de limpieza progresa desde la formulación A hasta la D, siendo esta última la más efectiva.

Por último, se procedió a medir el pH de cada una de las formulaciones. Las distintas mediciones se encontraron dentro de un rango aceptable para lo que respecta a un limpiador de vidrios doméstico; rondando en promedio a un valor de pH de 7.

A continuación, se ilustran en la **Figura 1** las apariencias de las formulaciones en cuestión. La formulación A es la que presentó mayor cantidad de azul de metileno en su formulación y, por lo tanto, su apariencia es la más oscura (**A**); además de eso, el propio colorante tiñó gran parte del envase. La formulación B exhibe un color más claro debido a la decisión de comenzar a disminuir la cantidad del colorante ante las trazas sobre el vidrio a limpiar (**B**). Con respecto a la formulación C, presentó un color azul muy claro y vivo (**C**). La formulación D, debido a que en su formulación contó con el colorante Índigo, su apariencia es más transparente y su color es de un azul índigo claro (**D**).

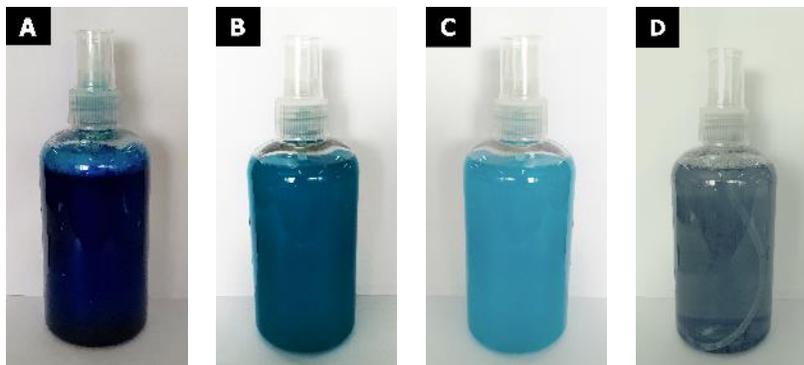


Figura 1. Aspecto de las formulaciones
(A) Formulación A, (B) formulación B, (C) formulación C, (D) formulación D

Con respecto a la aplicación de los mismos, a continuación, se registra la efectividad de la formulación D. Tal y como ilustra la **Figura 2**, el vidrio se encontró en un principio invadido por tierra, agua sucia y marcas (1). Al aplicar la formulación, el mismo se limpió por completo (2); no quedando trazas de colorantes, ni suciedad o marca alguna.



Figura 2. Aplicación de la formulación D
(1) Antes de aplicar, (2) después de aplicar

Conclusiones

En este trabajo, se desarrollaron cuatro formulaciones para la limpieza de vidrios. Tales productos presentan la característica de que, en general, son productos diseñados para un uso breve y discontinuo. Así, de todas las formulaciones evaluadas, la D fue la que exhibió mejores resultados; garantizando una limpieza efectiva, con una sola aplicación, sin dejar residuos, marcas o suciedad. Es importante aclarar que, si bien las cantidades de los reactivos utilizados en dicha formulación se encuentran dentro de lo especificado por reglamentación, la toxicidad de un producto, en este caso el limpiador, está dada por la formulación en su conjunto, no por la toxicidad de un reactivo particular (Bondi et al., 2015) y que en el presente escrito no se han evaluado los perfiles de toxicidad humana y ambiental.

Referencias

Beale, D. J. (2017). Mislabeling of Study Design and Overstatement of Findings in "rechallenging Statin Therapy in Veterans with Statin-Induced Myopathy Post Vitamin D Replenishment." *Journal of Pharmacy Practice*, 30(3), 385. <https://doi.org/10.1177/0897190017699760>

Bellon-Fontaine, Marie-Noelle. (2002). Manual técnico de higiene, limpieza y desinfección Edición: 1ª ed. Madrid, España; Mundi-Prensa, 2002. 623 p.

Buchmüller, K., Bearth, A., & Siegrist, M. (2020). Consumers' perceptions of chemical household products and the associated risks. *Food and Chemical Toxicology*, 143, 111511. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111511>

Bondi, C. A. M., Marks, J. L., Wroblewski, L. B., Raatikainen, H. S., Lenox, S. R., & Gebhardt, K. E. (2015). Human and Environmental Toxicity of Sodium Lauryl Sulfate (SLS): Evidence for Safe Use in Household Cleaning Products. *Environmental Health Insights*, 9, 27-32. <https://doi.org/10.4137/EHI.S31765>

Robinson, V. C., Bergfeld, W. F., Belsito, D. V., Hill, R. A., Klaassen, C. D., Marks, J. G., Shank, R. C., Slaga, T. J., Snyder, P. W., & Andersen, F. A. (2010). Final report of the amended safety assessment of sodium laureth sulfate and related salts of sulfated ethoxylated alcohols. *International Journal of Toxicology*, 29(4). <https://doi.org/10.1177/1091581810373151>

Efectos antimicrobianos de aceites esenciales de *Laurus nobilis* y *Eucalyptus cinerea* aplicados en salchichas tipo Viena, inoculadas con *Leuconostoc mesenteroides* MS1

Antimicrobial effects of essential oils of *Laurus nobilis* y *Eucalyptus cinerea* applied in Vienna sausages inoculated with *Leuconostoc mesenteroides* MS1

Mónica A. Serra

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina
monicaserra@hotmail.com

Andrea del L. Quiberoni

Instituto de Lactología Industrial (UNL – CONICET).1 de mayo 3250. Santa Fe, Argentina
aquibe@fiq.unl.edu.ar

Alfonsina E. Andreatta

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Córdoba - Argentina
alfonsinaandreatta@hotmail.com

Resumen

En este trabajo, se procedió a realizar pruebas de sensibilidad de los aceites esenciales de *Laurus nobilis* (laurel) y *Eucalyptus cinerea* (eucalipto medicinal) en la matriz alimentaria. En este sentido, se procedió a utilizar como matriz la salchicha tipo Viena esterilizada a 121°C por 15 minutos; se inoculó la muestra con una concentración inicial de 10³ UFC/g de *Leuconostoc mesenteroides* MS1 y se adicionaron 0.5 mL de aceite de laurel o eucalipto. Se realizó el recuento en placa de la cantidad de células viables a tiempos 0, 2, 7, 14, 21, 28, 35 y 42 días. Se ha encontrado que 0,5 ml tanto de uno como de otro aceite en una muestra de 2,5 g de salchicha estéril, es capaz de inhibir a *Leuconostoc mesenteroides* MS1, manteniendo el recuento inicial de células viables en el nivel de 10³ UFC/g. Comparando con estudios previos realizados, ambos aceites podrían ser utilizados como antimicrobianos en salchichas tipo Viena.

Palabras clave: *Laurus nobilis*, *Eucalyptus cinerea*, *Leuconostoc mesenteroides*, salchichas tipo Viena

Abstract

In this work, sensitivity tests of the essential oils of *Laurus nobilis* (laurel) and *Eucalyptus cinerea* (medicinal eucalyptus) were carried out in the food matrix. In this sense, the Vienna sausage sterilized at 121 ° C for 15 minutes was used as a matrix; the sample was inoculated with an initial concentration of 10³ CFU/g of *Leuconostoc mesenteroides* MS1 and 0,5 mL of laurel or eucalyptus oil were added. The number of viable cells was plaque counted at times 0, 2, 7, 14, 21, 28, 35 and 42 days. It has been found that 0.5 ml of both oil in a sample of 2,5 g of sterile sausage is capable of inhibiting *Leuconostoc mesenteroides* MS1, maintaining the initial viable cell count at the level of 10³ CFU/g. Comparing with previous studies carried out, both oils could be used as antimicrobials in Vienna sausages.

Keywords: *Laurus nobilis*, *Eucalyptus cinerea*, *Leuconostoc mesenteroides*, salchichas tipo Viena

Introducción

La vida útil de un producto es el período de tiempo durante el cual el alimento conserva sus características cualitativas. Las bacterias asociadas con el deterioro de la carne producen olores y sabores poco atractivos, decoloración, gases y limo. El limo viscoso es una alteración típica de la superficie de los productos cárnicos cocidos envasados al vacío y en atmósfera modificada, que provoca importantes pérdidas económicas debido a los cada vez más sofisticados requisitos del consumidor (Lulietto et al., 2015).

Tradicionalmente, el control de microorganismos en los alimentos se ha demostrado mediante pruebas microbiológicas de muestras en varias etapas de producción, incluido el producto final. El potencial de crecimiento y / o producción de toxinas de la población microbiana residual en productos terminados depende del tipo de organismos presentes y su capacidad de crecer hasta un nivel de preocupación, bajo las condiciones de almacenamiento aplicadas durante la vida útil del producto (Aiyegoro, 2014).

En la bibliografía se ha documentado la presencia de bacterias del género *Leuconostoc* en salchichas cocidas envasadas al vacío. En la materia prima (carne cruda) y en las superficies de la planta procesadora se encontró una baja concentración de dicho género, pero en las salchichas cocidas la concentración aumentó en casi un 98% (Hultman y coll., 2015).

Para ayudar a garantizar la seguridad microbiológica de los alimentos, el uso de antimicrobianos es útil para reducir las pérdidas de alimentos causadas por el deterioro microbiano. Cabe mencionar, que los antimicrobianos son compuestos químicos que están presentes de forma natural o se agregan a los alimentos, envases, superficies de contacto con alimentos o entornos de procesamiento para inhibir o inactivar los microorganismos patógenos y de descomposición (Davidson et al., 2014).

La aplicación de extractos de productos naturales como antimicrobianos, recibe un particular interés por los “green consumers” principalmente porque representan una alternativa a los conservantes alimentarios comunes de síntesis química y porque son productos con menor impacto ambiental (Burt, 2004; Settanni et al., 2012). Además, la resistencia de las bacterias patógenas a los clásicos conservantes y la reducción del contenido de sal en la elaboración de alimentos, determinan un alto interés en contar con agentes microbianos alternativos (Burt, 2004).

El aumento relativamente reciente del interés por el consumismo verde ha propiciado un renovado interés científico en enfoques naturales, como la adición de cultivos bioprotectores y compuestos antimicrobianos naturales (aceites esenciales, enzimas, bacteriocinas) a los productos cárnicos, con el fin de retrasar el crecimiento de microorganismos de deterioro sin interferir con las características típicas del producto. Los aceites esenciales de origen vegetal han mostrado una notable actividad antimicrobiana contra la descomposición y los microorganismos patógenos, en carne y productos cárnicos. (Hammer et al., 1999; Lulietto, 2015).

Para aplicaciones alimentarias, es conveniente estudiar la efectividad de un aceite esencial como aditivo antimicrobiano natural considerándolo como un ingrediente entero, en lugar de una mezcla de componentes (Militello et al., 2011). Cabe mencionar que muchos factores afectan la composición química de los aceites esenciales y sus propiedades antimicrobianas (Burt, 2004; Settanni et al., 2014). Sin embargo, la actividad biológica de los aceites esenciales debe ser considerada como el resultado de la ocurrencia de efectos de sinergismo o antagonismo entre sus diversos componentes. Los extractos de plantas, tienen un espectro de actividad antimicrobiana contra muchos géneros de bacterias y hongos (Aiyegoro, 2014).

Estudios previos, se basaron en examinar la capacidad inhibitoria de los aceites esenciales de laurel (*Laurus nobilis*), eucalipto (*Eucalyptus cinerea*), burro (*Aloysia polystachya*), limón (*Citrus lemon*) y el compuesto puro L-carvona, frente a la cepa *Leuconostoc mesenteroides* MS1, alterante en salchichas tipo Viena, dado el potencial bactericida encontrado en los mismos. Se utilizó la técnica de macrodilución en caldo para determinar la concentración mínima inhibitoria (CIM) y concentración mínima bactericida (CMB) de los aceites esenciales mencionados y de la L-carvona. Las CIM y CBM de los diferentes aceites esenciales y de la carvona variaron entre 0,64 y 1,87 mg/ml y entre 0,76 y 2,41 mg/ml, respectivamente. En este trabajo se propone determinar la efectividad, en la matriz alimentaria, del aceite esencial de *Laurus nobilis* (laurel) y de *Eucalyptus cinerea* (eucalipto medicinal), frente a la cepa *Leuconostoc mesenteroides* MS1.

Desarrollo

Aceites esenciales

Los aceites esenciales de *Laurus nobilis* y *Eucalyptus cinerea* han sido obtenidos por la técnica de arrastre con vapor de agua a partir de hojas secadas a temperatura ambiente, utilizando un extractor de aceites esenciales, a escala laboratorio, marca Figmay, a 100°C y presión atmosférica por un lapso de tiempo de 120 minutos. El material vegetal, utilizado como materia prima, se recolectó de plantas de la ciudad de San Francisco, departamento San Justo, provincia de Córdoba. Los aceites esenciales se conservaron en viales de color ámbar, con tapa a rosca en heladera a 6°C hasta su posterior utilización.

Actividad antibacteriana de los extractos

Preparación de inóculo. La cepa fue aislada de salchichas tipo Viena que presentaron hinchazón del envase, conservadas a temperatura de refrigeración. Se procedió a su tipificación bioquímica y molecular, esta última mediante la identificación de microorganismos por secuenciación de un fragmento del gen que codifica el 16S rRNA. Se utilizó como medio de cultivo para su desarrollo y conservación MRS (de Man, Rogosa and Sharpe). La cepa en estudio se conservó en MRS con glicerol al 10% y lactosa al 1%, a una temperatura de - 18 °C.

Para obtener el inóculo, la cepa se incubó 18 h a 30 °C en caldo MRS. Transcurrido ese tiempo se llevan los tubos, con el cultivo *overnight*, a heladera por 15 min. Se centrifugan los mismos 5 min a 3500 rpm, se extrae el sobrenadante y se desecha. Se adicionan 5 mL de agua peptonada a 8 °C y se vuelve a centrifugar 5 min a 3500 rpm. Luego, se extrae el sobrenadante y se desecha. Al residuo que queda en el tubo se le denomina pellet.

A este último se lo suspende en 5 mL de agua peptonada y se procede a realizar diluciones decimales, también en agua peptonada, y sembrar en placa de Petri con MRS agar para realizar el recuento en placa del pellet, después de incubar a 30°C por 48 horas.

Trascurrido el tiempo de incubación, se toma la dilución cuyo recuento sea de aproximadamente de 10² UFC/mL. Se toman 0,2 mL de ésta y se procede a la inoculación de las muestras de salchichas esterilizadas previamente. Se obtiene una concentración final de 10³ UFC/g, como se puede apreciar en el cálculo siguiente. Esta parte del trabajo se basó en (Dussault et al., 2014) pero con adaptaciones al producto en estudio.

Preparación de la muestra. A continuación, se procedió a realizar las pruebas de sensibilidad del aceite esencial de laurel y de eucalipto medicinal en la matriz alimentaria. En ese sentido, se procedió a cortar las salchichas, de un paquete de salchicha comercial, en rodajas de aproximadamente 2,5 g cada una. Se colocaron en un Erlenmeyer, se

tapó con algodón y papel aluminio y se esterilizó por 15 minutos a 121°C. Transcurrido ese tiempo se colocaron cada una de las muestras, en condiciones asépticas y bajo campana de flujo laminar, en bolsas estériles. Luego, se inocularon cada una con 0,2 ml de una dilución del cultivo *overnight* de *Leuconostoc mesenteroides* MS1 y se adicionó 0,5 mL de aceite esencial de laurel o de eucalipto medicinal según corresponda. Se conservaron en heladera, hasta los 42 días que dura el experimento. Cabe mencionar que la cantidad adicionada de aceites esenciales, surge como resultado de ensayos previos. En estos últimos, hemos adicionado 0,1 mL y 0,5 mL de aceite esencial de *Aloysia polystachya* y el compuesto puro L-carvona, y en el primero de los casos el desarrollo del microorganismo en estudio fue del mismo orden que la muestra control. En cambio, al adicionar 0,5 mL los recuentos se mantuvieron en el mismo orden que la inoculación inicial.

Análisis microbiológico. Se realizó el recuento en placa a los 0, 2, 7, 14, 21, 28, 35 y 42 días, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 1. Como controles de estos ensayos, se establecen los siguientes: i) la muestra de salchicha estéril, ii) la muestra de salchicha estéril con aceite esencial sin inóculo, iii) la muestra de salchicha estéril sin aceite esencial con inóculo. Cabe aclarar que el primer control es para verificar el proceso de esterilización, el segundo control es para verificar la carga bacteriana inicial del aceite esencial y el tercer control es para verificar el crecimiento del inóculo.

días	Salchicha inoculada, sin AM	0,5 mL de laurel	0,5 mL de eucalipto medicinal
0	$3,63 \times 10^3$	$1,10 \times 10^3$	$2,20 \times 10^3$
2	$3,85 \times 10^5$	$3,96 \times 10^3$	$3,52 \times 10^3$
7	$8,14 \times 10^6$	$1,79 \times 10^3$	$3,85 \times 10^3$
14	$1,00 \times 10^8$	$1,23 \times 10^3$	$2,75 \times 10^3$
21	$1,00 \times 10^8$	$9,90 \times 10^2$	$2,08 \times 10^3$
28	$6,49 \times 10^7$	$1,01 \times 10^3$	$1,34 \times 10^3$
35	$1,03 \times 10^8$	$1,05 \times 10^3$	$1,29 \times 10^3$
42	$5,50 \times 10^7$	$9,68 \times 10^2$	$1,14 \times 10^3$

Tabla 1. Recuentos de UFC/g de *Leuconostoc mesenteroides* MS1 en salchicha inoculada sin adición de antimicrobiano y en muestras de salchicha inoculada y con adición de 0,5 mL de aceite esencial de *L. nobilis* o de 0,5 mL de aceite esencial de *E. cinerea*

Como se puede apreciar en la Fig. 1, la adición de 0,5 ml de aceite esencial de *L. nobilis* o la adición de *E. cinerea*, lograron que la concentración de UFC/g de *Leuconostoc mesenteroides* MS1 se mantenga en el orden de 10^3 .

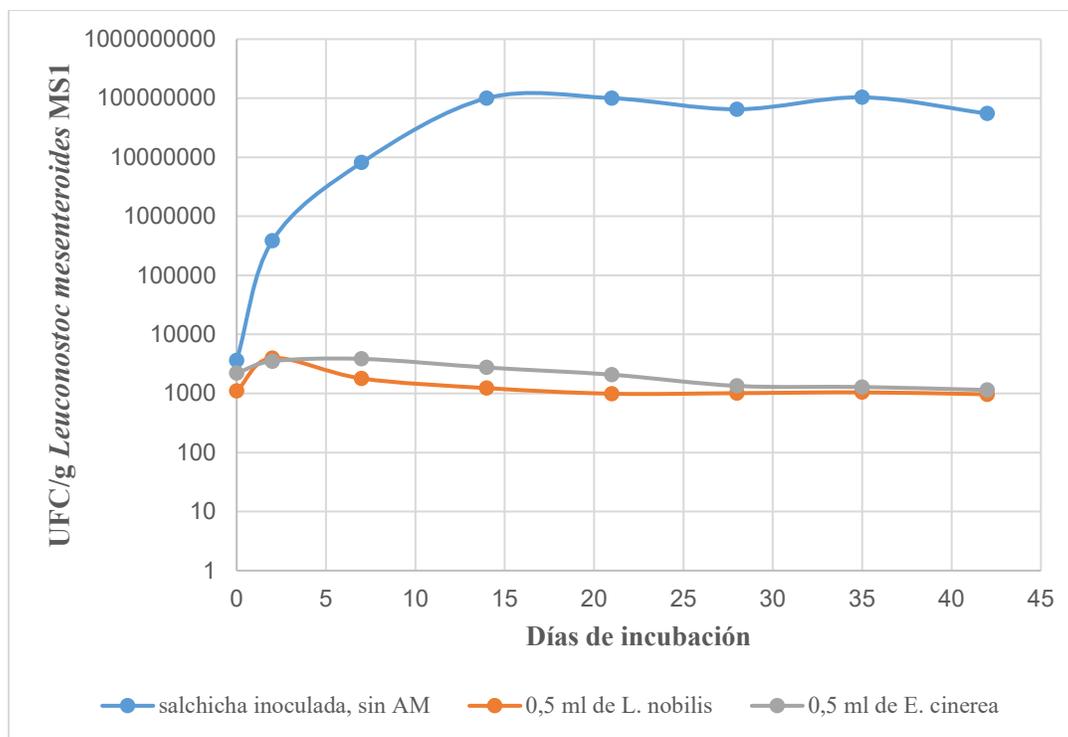


Figura 1. Comparación entre el recuento en placa de *Leuconostoc mesenteroides* MS1 en salchichas inoculadas y sin agregado de aceite esencial, respecto de las salchichas inoculadas y con agregado de 0,5 mL de aceite esencial de *L. nobilis* o *E. cinerea*

Conclusiones

De acuerdo a los resultados de los recuentos de células viables, podemos ver que tanto con el agregado de 0,5 mL de aceite esencial de *L. nobilis*, como con el agregado de 0,5 mL de aceite esencial de *E. cinerea*, los recuentos se mantienen en el orden de 10^3 UFC/g de *Leuconostoc mesenteroides* MS1. Respecto a los controles, cabe mencionar que la muestra de salchicha estéril y la muestra de salchicha estéril con aceite esencial, no presentaron desarrollo durante todo el experimento. Por su parte la muestra de salchicha estéril sin aceite esencial inoculada con *Leuconostoc mesenteroides* MS1 tuvo su desarrollo hasta un valor máximo de 10^8 UFC/g desde el día 14 hasta el día 42.

Se puede concluir con este trabajo, que los aceites esenciales de *L. nobilis* y *E. cinerea* podrían ser utilizados como potenciales antimicrobianos de la cepa en estudio. Se continúa trabajando para poder incorporar los aceites esenciales estudiados, por aspersión, previo al envasado en salchichas tipo Viena, para evitar su deterioro previo a la fecha de caducidad. Como complemento a esta etapa, se debe realizar el análisis sensorial, con un panel entrenado, del producto en estudio con el agregado de diferentes cantidades de los aceites esenciales de *Laurus nobilis* y *Eucalyptus cinerea*.

Posteriormente, se deben realizar ensayos de toxicidad, para comprobar si los aditivos estudiados en las concentraciones usadas, son aptos para consumo humano. En el Código Alimentario Argentino están aprobados, para utilizar como aditivos en alimentos, los aceites de laurel y de eucalipto.

Referencias

- Aiyegoro, O. A. (2014). Microbial Contamination of Processed Meat. In *Encyclopedia of Meat Sciences* (Vol. 2). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00249-X>
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review.

International Journal of Food Microbiology, 94(3), 223–253.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>

Davidson, P. M., Cekmer, H. B., Monu, E. A., and Techathuvanan, C. (2014). The use of natural antimicrobials in food: An overview. In *Handbook of Natural Antimicrobials for Food Safety and Quality* (Issue 3). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-034-7.00001-3>

Dussault, D., Vu, K. D., and Lacroix, M. (2014). In vitro evaluation of antimicrobial activities of various commercial essential oils, oleoresin and pure compounds against food pathogens and application in ham. *Meat Science*, 96(1), 514–520. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.08.015>

Hammer, K. A., Carson, C. F., and Riley, T. V. (1999). Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *Journal of Applied Microbiology*, 86(6), 985–990. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.1999.00780.x>

Hultman, J., Rahkila, R., Ali, J., Rousu, J., and Björkroth, K. J. (2015). Meat processing plant microbiome and contamination patterns of cold-tolerant bacteria causing food safety and spoilage risks in the manufacture of vacuum-packaged cooked sausages. *Applied and Environmental Microbiology*, 81(20), 7088–7097. <https://doi.org/10.1128/AEM.02228-15>

Lulietto, M. F., Sechi, P., Borgogni, E., and Cenci-goga, B. T. (2015). Meat Spoilage : A Critical Review of a Neglected Alteration Due to Ropy Slime Producing Bacteria. *Italian Journal of Animal Science*, 14.
<https://doi.org/10.4081/ijas.2015.4011>

Militello, M., Settanni, L., Aleo, A., Mammìna, C., Moschetti, G., Giammanco, G. M., Blàzquez, M. A., Carrubba, A., Bla, M. A., Blàzquez, M. A., and Carrubba, A. (2011). *Chemical Composition and Antibacterial Potential of Artemisia arborescens L . Essential Oil*. 62(4), 1274–1281. <https://doi.org/10.1007/s00284-010-9855-3>

Settanni, L., Palazzolo, E., Guarrasi, V., Aleo, A., Mammìna, C., Moschetti, G., and Germanà, M. A. (2012). *Inhibition of foodborne pathogen bacteria by essential oils extracted from citrus fruits cultivated in Sicily*. Food Control. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.01.050>

Settanni, L., Randazzo, W., Palazzolo, E., Moschetti, M., Aleo, A., Guarrasi, V., Mammìna, C., San Biagio, P. L., Marra, F. P., Moschetti, G., and Germanà, M. A. (2014). *Seasonal variations of antimicrobial activity and chemical composition of essential oils extracted from three Citrus limon L. Burm. cultivars*. 28(6), 383–391. <https://doi.org/10.1080/14786419.2013.871544>

Encapsulación del acetato de vitamina E

Encapsulation of vitamin E acetate

Vanina Alejandra Guntero

Grupo Productos Naturales (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco). Argentina.
Grupo de Síntesis Orgánica y Materiales (Instituto de Química Aplicada del Litoral). Argentina.
vguntero@sanfrancisco.utn.edu.ar

Federico Ezequiel Valle

Grupo Productos Naturales (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco). Argentina.
federicovalle.1@gmail.com

Romina Bresso

Grupo Productos Naturales (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco). Argentina.
romina22bresso@gmail.com

Micaela Macagno

Grupo Productos Naturales (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco). Argentina.
michelamacagno03@gmail.com

Cristián Alejandro Ferretti

Grupo de Síntesis Orgánica y Materiales (Instituto de Química Aplicada del Litoral). Argentina.
cferretti2371@gmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo consistió en diseñar y caracterizar emulsiones O/W que contengan como principio activo el acetato de vitamina E. El desarrollo de las mismas se realizó a través de un método de baja energía utilizando como surfactante el Tween 80 y como fase oleosa el aceite de citronela. La estabilidad se evaluó mediante análisis macro y microscópico en condiciones normales y bajo estrés inducido obteniendo resultados muy promisorios. Las conclusiones alcanzadas sugieren que los sistemas planteados podrían ser incorporados en productos de base acuosa.

Palabras clave: encapsulación, acetato de vitamina E, emulsiones O/W

Abstract

The aim of this work was to design and characterize vitamin E acetate O/W emulsions. The emulsions were carried out through a low energy method using Tween 80 as a surfactant and citronella oil as an oily phase. The stability was evaluated macro and microscopic analysis under normal conditions and under induced stress, obtaining very promising results. The conclusions suggest that the proposed systems could be incorporated into water-based products.

Keywords: encapsulation, vitamin E acetate, O/W emulsions

Introducción

La vitamina E es un nutriente liposoluble presente naturalmente en muchos alimentos (Luo et al., 2019: 123837). Existe en ocho formas diferentes (Abu-Fayyad and Nazzal, 2017: 145-156) siendo el α -tocoferol la forma más activa para los humanos. Su función es proteger las células contra los efectos de los radicales libres, que son potencialmente dañinos subproductos del metabolismo energético. Sin embargo, presenta algunas deficiencias, tales como, escasa solubilidad en agua y escasa estabilidad al oxígeno, la luz y la temperatura (Feng et al., 2009: 1-6). Por lo tanto, se suele utilizar en su forma esterificada, el acetato de vitamina E. Si bien el proceso de esterificación mejora la estabilidad del α -tocoferol, la molécula todavía es susceptible de degradación a largo plazo (Pereira Garrastazu et al., 2015: 220-224). Otro inconveniente es que el acetato de vitamina E tiene baja solubilidad en agua (Mayer et al., 2013: 122-130).

En consecuencia, es de interés el estudio de diversas alternativas que faciliten su incorporación durante el procesado y que permitan mantener sus propiedades mediante vehículos. En este sentido, métodos de baja energía, tal como la emulsificación, resulta promisorio para tal objetivo ya que no requiere un equipo especializado.

En el presente trabajo se tiene como objetivo desarrollar emulsiones O/W estables de acetato de vitamina E para que puedan ser añadidas de forma conveniente durante los procesos productivos. Dichas emulsiones se obtuvieron por el método de emulsificación variando las formulaciones.

Desarrollo

Preparación de las emulsiones

Las emulsiones se prepararon por el método de wash-up modificado (Morais and Burgess, 2014: 455-463) en donde la fase acuosa se agregó de forma continua a la fase oleosa (aceite de citronela) que contenía el surfactante (Tween 80) y el modelo activo (acetato de vitamina E). Se plantearon dos formulaciones siendo en la primera de ellas (E1), el Tween 80 (5% m/m) y el acetato de vitamina E (2% m/m) disueltos en la fase oleosa (3% m/m); mientras que la segunda (E2) se obtuvo disolviendo Tween 80 (7% m/m) y acetato de vitamina E (2% m/m) en la fase oleosa (1% m/m). En ambas formulaciones, se precalentaron por separado las fases a 76°C. Luego, la fase acuosa (90% m/m) se añadió lentamente a la fase oleosa que contenía el surfactante y el modelo activo. Los componentes fueron mezclados por agitación mecánica a 400 rpm, durante 15 min a 25°C.

Caracterización de las emulsiones

La caracterización de las emulsiones se realizó mediante un análisis macro y microscópico. La estabilidad macroscópica se llevó a cabo a distintos tiempos mediante observación visual. Dicho análisis se realizó con objeto de percibir inestabilidad macroscópica, tales como, floculación, separación de fases o cambio de color. Mientras que el análisis microscópico se realizó a través de un microscopio óptico (Arcano, Xsz 100 Bn) colocando una gota de la muestra en el portamuestra y posterior recubrimiento.

Evaluación de la estabilidad

Una emulsión se considera estable, cuando no cambia su aspecto físico-químico en 2 o más años, y es inestable, si se separa completamente después de pocos minutos (Sjiiblom et al., 1996: 125-287). Esta propiedad se procedió a evaluarla mediante centrifugación, de manera de acelerar el tiempo del proceso natural. Inmediatamente después de preparadas las emulsiones, se tomaron 12 mL de cada muestra y se sometieron a una velocidad de centrifugación de 3000 g durante un tiempo de 30 min.

Resultados

Las emulsiones O/W de acetato de vitamina E presentaron un aspecto lechoso con baja viscosidad. En la Tabla 1 se expresan los resultados obtenidos de la observación macroscópica. Ninguna de las emulsiones presentó separación de fases, floculación o cambio de color en el tiempo en un período final de 20 días a 25°C.

	Día 1	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	
Separación de fases	No	No	No	No	No	
Floculación	No	No	No	No	No	E1
Cambio de color	No	No	No	No	No	
Separación de fases	No	No	No	No	No	
Floculación	No	No	No	No	No	E2
Cambio de color	No	No	No	No	No	

Tabla 1. Estabilidad macroscópica de las emulsiones

Posteriormente, las muestras se observaron al microscopio óptico. Las imágenes obtenidas no fueron nítidas lo cual se puede deber al tamaño de las partículas de las emulsiones formuladas, requiriendo así, un análisis por microscopía electrónica de barrido a realizarse en una próxima etapa de estudio.

Por otra parte, al someter los sistemas a estrés mediante la fuerza de centrifugación se demostró que esta no tiene influencia significativa en la estabilidad. Dicho test se utilizó no solo para obtener información de la estabilidad a corto plazo sino también para predecir la estabilidad a largo plazo.

Conclusiones

En este estudio, dos sistemas de emulsiones O/W fueron desarrollados y utilizados para la encapsulación del acetato de vitamina E aplicando el método de emulsificación. Las emulsiones obtenidas demostraron estabilidad macroscópica en condiciones ambientales normales e incluso bajo el ensayo de estrés centrífugo.

La información parcial generada en este estudio demostró que las formulaciones planteadas tienen potencial como sistemas de administración estables que contengan componentes lipofílicos activos con posible uso en el sector de cosmética.

Referencias

- Abu-Fayyad, A. and Nazzal, S. (2017). Synthesis, characterization, and in-vitro antitumor activity of the polyethylene glycol (350 and 1000) succinate derivatives of the tocopherol and tocotrienol isomers of Vitamin E. *International Journal of Pharmaceutics*, 519, 145–156. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2017.01.020>
- Feng, J. L., Wang, Z. W., Zhang, J., Wang, Z. N., and Liu, F. (2009). Study on food-grade vitamin E microemulsions based on nonionic emulsifiers. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 339, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2009.01.002>
- Luo, X. A., Zhao, P., Zhang, H., Feng, S. Y., Chen, K. X., and Chen, Z. X. (2019). Improved hydrolysis of α -tocopherol acetate emulsion and its bioaccessibility in the presence of polysaccharides and PEG2000. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 581, 123837. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2019.123837>
- Mayer, S., Weiss, J., and McClements, D. J. (2013). Vitamin E-enriched nanoemulsions formed by emulsion phase inversion: Factors influencing droplet size and stability. *Journal of Colloid and Interface Science*, 402, 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2013.04.016>
- Morais Diane, J. M., and Burgess, J. (2014). Vitamin E nanoemulsions characterization and analysis. *International Journal of Pharmaceutics*, 465, 455–463. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2014.02.034>
- Pereira Garrastazu, G., Detoni Britto, C., Lima da Silva, T., Colomé Marques, L., Pohlmann Raffin, A., and Guterres Stanisçuaski, S. (2015). α -Tocopherol acetate-loaded chitosan microparticles: Stability during spray drying process, photostability and swelling evaluation. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 30, 220–224. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2015.10.018>
- Sjöblom, J., Lindbergh, R., and Friberg, S. E. (1996). Microemulsions - phase equilibria characterization, structures, applications and chemical reactions. *Advances in Colloid and Interface Science*, 95, 125–287. [https://doi.org/10.1016/0001-8686\(96\)00293-X](https://doi.org/10.1016/0001-8686(96)00293-X)

Estado del arte del uso del quitosano pulverizado en la conservación de frutas frescas

State of the art of the use of pulverized chitosan in the preservation of fresh fruit

M. A. Caula

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional San Francisco. Avenida de la Universidad 501, San Francisco, Córdoba, Argentina

M. Raspo

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional San Francisco. Avenida de la Universidad 501, San Francisco, Córdoba / Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Avenida de la Universidad 501. San Francisco, Córdoba, Argentina

A. Andreatta

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional San Francisco. Avenida de la Universidad 501, San Francisco, Córdoba / Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Avenida de la Universidad 501. San Francisco, Córdoba, Argentina
andrea_caula@hotmail.com

Resumen

El quitosano tiene una amplia gama de aplicaciones en las ciencias químicas, en los sistemas biológicos, en la ciencia de los alimentos, en la industria farmacéutica y médica. Ha sido probado como uno de los mejores recubrimientos conservantes comestibles y biológicamente seguro para distintos alimentos. Es un buen antimicrobiano, no tiene toxicidad y es biodegradable. Prolonga la vida útil de las frutas minimizando la frecuencia respiratoria y reduciendo la pérdida de agua. Ofrece una barrera defensiva contra la contaminación bacteriana y la pérdida de humedad de la superficie de los productos alimenticios. En este trabajo, se encontrará una revisión bibliográfica acerca del uso del quitosano pulverizado con o sin el agregado de principios activos en la conservación de frutas frescas.

Palabras clave: Quitosano, recubrimiento comestible, vida útil

Abstract

Chitosan has a wide range of application in chemical, sciences, biological systems, food science, pharmaceutical and medical industries. It has been proven as one of the best edible and biologically safe preservative coatings for various foods. It is a good antimicrobial, it has no toxicity and it is biodegradable. Extends the shelf life of fruits by minimizing respiratory rate and reducing water loss. It offers a defensive barrier against bacterial contamination, and loss of moisture from the surface of food products. In this work, you will find a bibliographic review about of pulverized chitosan with or without the addition of active principles in the preservation of fresh fruit.

Keywords: Chitosan, edible coating, shelf live

Introducción

Los consumidores generalmente juzgan la calidad de las frutas frescas en base a la apariencia y frescura al momento de la primera compra. Sin embargo, las adquisiciones posteriores dependen de la satisfacción alcanzada en términos de textura y sabor, sin dejar de interesarse por su calidad nutricional y seguridad (Rico, Martín-Diana, Barat, & Barry-Ryan, 2007). Las operaciones de procesamiento por mínimas que sean alteran la integridad de las frutas provocando efectos negativos en la calidad del producto como pardeamiento, desarrollo de sabores extraños y desglose de la textura, sumado a que la presencia de microorganismos en la superficie de la fruta pueden comprometer la seguridad de la fruta recién cortada. En este sentido, la búsqueda de métodos que apunten a retardar estos efectos negativos es de gran interés para los grupos que se dedican a la producción y distribución de las frutas frescas.

En los últimos tiempos, ha tenido un gran auge la utilización de los biopolímeros (entre ellos, el quitosano) como un sustrato clave para la industria del envasado de alimentos (Han, 2014). El quitosano es producido a partir de los exoesqueletos de camarones y cangrejos, posee excelentes propiedades de emulsificación y formación de película, no es tóxico para la salud humana y muestra propiedades antimicrobianas (Ali, Muhammad, Sijam, & Siddiqui, 2011) y propiedades antifúngicas (El Ghaouth, Arul, Asselin, & Benhamou, 1992). Además, el quitosano tiene ciertos beneficios cuando se usa como recubrimiento de frutas como mejorar el mantenimiento de la textura y apariencia, reducir la tasa de respiración y una mayor actividad antioxidante (Shah & Hashmi, 2020).

El agregado de compuestos activos a la solución de quitosano, mejora el proceso de preparación de la película de quitosano desarrollando el efecto de conservación de la frescura y prolongando el tiempo de conservación de la fruta. Además, colabora en las propiedades antioxidantes, físicas y mecánicas.

Este trabajo tiene como objetivo, recuperar de la bibliografía, los aportes del quitosano junto con el agregado de compuestos activos como conservantes de frutas bajo su aplicación como spray.

Desarrollo

La siguiente Tabla 1 busca recopilar material bibliográfico en la aplicación del quitosano mediante pulverizaciones en frutas frescas.

Tabla 1. Reseña bibliográfica de aplicación de quitosano en sprays en frutas frescas

Referencia	Aspersión de soluciones de:	Aplicado en:	Análisis realizados
Sakif et al., (2016)	Quitosano (500 y 1000 ppm a temperatura ambiente	Naranja, frutilla, banana y tomate	Vida útil de las frutas. Observación de características morfológicas de las frutas todos los días, que se registraban en un cuaderno y se fotografiaban con cámara digital.
Khalifa, Barakat, El-Mansy, & Soliman, (2017)	Quitosano y extracto bioactivo de hojas de olivo y orujo de aceitunas. (Se almacenaron a 4 °C durante 35 días)	Manzanas	Contenido fenólico total, flavonoides, antioxidantes, pigmentos, pérdida de peso, área de descomposición y la microestructura
Hernandez Fortiz, Mercado, & Rodriguez,	Quitosano (2,5 %). Se almacenaron a 4 °C durante 8 semanas, luego	Naranjas	Índice de madurez (sólidos solubles totales y acidez titulable), color (ángulo de tono y crema), pérdida de peso, firmeza, pudrición, daño por frío y por manchado

(2011)	se los coloca 6 días a 2 °C)		
Bhaskara Reddy, Belkacemi, Corcuff, Castaigne, & Arul, (2000)	Quitosano (2, 4, 6 g/L. Se almacenaron de 3 a 13 °C)	Plantas de frutillas antes de la cosecha	Evaluación de la descomposición poscosecha. Firmeza de la pulpa, contenido de antocianinas y la acidez titulable. Estudios cinéticos sobre las características de descomposición y maduración
Meng, Li, Liu, & Tian, (2008)	Quitosano (1 g/L. Almacenadas a 20 y 0°C)	Aspersión en uva antes de la cosecha y posterior recubrimiento de quitosano poscosecha	Pérdida de peso. Contenido de sólidos solubles y ácido titulable. Compuestos fenólicos totales. Actividades de la superóxido dismutasa. Actividades de polifenol oxidasa, peroxidasa (POD) y fenilalanina amoniaco liasa.
Li et al., (2021)	Quitosano (0,1 % a temperatura ambiente)	Plantas y frutos de los melones.	Evaluación de la cicatrización de las heridas de los melones recolectados. Entre ellos: pérdida de peso y el índice de enfermedad de los melones recolectados durante la curación (actividades de la fenilalanina amoniaco liasa (PAL) y la cinamato 4 hidroxilasa, cantidad de ácido cinámico, ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido p-cumárico, fenoles totales y flavonoides en los sitios de las heridas).
Griñán et al., (2019)	Quitosano (Almacenado a 5 °C)	Árboles de granada	Clima, estado hídrico de la planta, rendimiento, agrietamiento o división de la fruta y bronceado. Características morfológicas del fruto, arilos y color de la piel. Características químicas de la fruta
Jiang et al., (2019)	Pulverización electrostática de quitosano (Almacenado a 4 °C durante 15 días)	Frutillas	Efecto recubrimiento y pérdida de peso. Análisis de moho, pH y sólidos solubles totales. Análisis de firmeza. Contenido de flavonoides. Actividad de superóxido dismutasa. Contenido de malondialdehído.
Peian et al., (2021)	Quitosano (1 %. Almacenado a 23 °C)	Frutillas y uvas	Determinación de la firmeza de la fruta, fenoles, flavonoides. Determinación de la firmeza de la fruta, fenol, flavonoide, POD, quitinasa, β- 1,3-glucanasa, PAL, pectina, contenido de celulosa Determinación de pérdidas de agua, azúcares solubles, ácidos titulables, volátiles compuesto y contenido de ácido jasmónico. Determinación de la actividad de polisacáridos y enzimas en la pared celular.
Ehtesham Nia, Taghipour, & Siahmansour, (2021)	Quitosano (2% y 3%) bajo aspersión foliar antes de la cosecha con quitosano y recubrimiento poscosecha de gel de aloe vera	Uva	Incidencia de decaimiento: contenido de medición de sólidos solubles, pH y acidez titulable. Determinación de vitamina C. Mediciones del contenido total de antocianinas y el contenido total de fenol. Ensayo 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). Firmeza. Porcentaje de pérdida de peso. Actividad de POD y polifenol oxidasa. Contenido de malondialdehído. Análisis sensorial. Periodo de validez de las frutas
Kumari, Singh, Kumar, Singh, & Bains, (2021)	Quitosano (0,5%) y ácido salicílico	Plantas de mango	Malformación del mango Área de la hoja Fluorescencia de clorofila. Estimación del contenido de clorofila y carotenoides Determinación de prolina, contenido fenólico total y malondialdehído. Actividades de las enzimas antioxidantes

El quitosano prolongó la vida útil de naranja, frutilla, banana y tomate al retrasar la descomposición; sin embargo, su nivel de protección varió entre los diferentes tipos de frutas, así como en las dosis de quitosano utilizadas (Bhaskara Reddy et al., 2000; Sakif et al., 2016)

Efectos similares a la cera comercial en las variables índice de madurez, ángulo de tono, croma y firmeza de los frutos, se han encontrado en el uso de quitosano pulverizado en naranjas (Hernandez Fortiz, Mercado, & Rodriguez, 2011). Esta técnica ha demostrado que aumenta los compuestos fenólicos y la composición de la pared celular, modula el estrés oxidativo e induce la producción de ácido jasmónico en frutos maduros de fresas y uvas, retrasa la tasa de pérdida de agua de la fruta, azúcares solubles reducidos y pérdida de ácido titulable. (Peian et al., 2021). También se ha observado actividad fungicida como por ejemplo contra *Botrytis cinerea* entre otros hongos (Bhaskara Reddy et al., 2000; Meng et al., 2008; Peian et al., 2021) Por su parte, (Griñán et al., 2019) encontraron algunos efectos negativos en el árbol de la granada, como la reducción del peso del fruto y el aspecto menos rojizo y opaco de los arilos. Sin embargo, los mismos fueron contrarrestados por un aumento de la actividad antioxidante y la reducción significativa del agrietamiento o hendidura de la piel y la aparición de fisiopatías de quemaduras solares de la fruta, con aumentos de los rendimientos de la granada. También, la combinación de tratamientos de quitosano bajo aspersión foliar antes de la cosecha y recubrimiento con gel de aloe vera poscosecha influyeron significativamente en la vida útil de almacenamiento de la uva (Ehtesham Nia et al., 2021). Pulverizaciones de quitosano adicionados con ácido salicílico en cultivares de mango, condujeron a una reducción del porcentaje de malformaciones y aumento de las actividades antioxidantes inducidas por las defensas (Kumari et al., 2021). Por su parte Jiang et al., (2019) proponen la pulverización electrostática de quitosano como una técnica segura, barata y eficiente, y con gran potencial para la aplicación industrial de la conservación de frutas dado que forma una capa protectora más continua y uniforme en comparación con la pulverización convencional.

De acuerdo a la información encontrada, todo hace presuponer que el quitosano es un nuevo enfoque para el manejo de la conservación de las frutas frescas. Es importante establecer las condiciones óptimas de la concentración del quitosano y ó del principio activo y brinda la posibilidad de analizarla a diferentes temperaturas de almacenamiento.

Conclusiones

Se ha realizado una recopilación bibliográfica respecto al uso del quitosano pulverizado en frutas frescas. Se puede observar efectos positivos por el uso del quitosano pulverizado frente a no usarlo. Cada una de estas referencias posee sus condiciones óptimas en la concentración de quitosano y brinda la posibilidad de analizarla a diferentes temperaturas de almacenamiento. De las informaciones encontradas, se puede notar que las aspersiones de quitosano se realizan antes de la cosecha y también sobre el fruto cosechado. Este tratamiento demuestra que la utilización de quitosano bajo aspersión puede considerarse como una alternativa adecuada para extender el tiempo de anaquel de las frutas frescas y minimiza las pérdidas poscosecha. Algunos autores, han utiliza las soluciones de quitosano mientras que otras la utilizan adicionadas de principios activos.

En base a los trabajos aquí analizados, se comenzará con la tarea experimental de utilizar pulverizaciones de quitosano sobre la superficie de naranja, dado que es una fruta que está presente a lo largo de todo el año. Se le analizarán diferentes determinaciones de acuerdo a la accesibilidad de equipamiento con la que se cuenta. Entre ellas, pérdida de peso, ensayo de de DPPH, polifenoles totales, pH, entre otras.

Referencias

Ali, A., Muhammad, M. T. M., Sijam, K., & Siddiqui, Y. (2011). Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (*Carica papaya* L.) fruit during cold storage. *Food Chemistry*, 124(2), 620–626.

- Bhaskara Reddy, M. V, Belkacemi, K., Corcuff, R., Castaigne, F., & Arul, J. (2000). Effect of pre-harvest chitosan sprays on post-harvest infection by *Botrytis cinerea* and quality of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 20(1), 39–51.
- Ehtesham Nia, A., Taghipour, S., & Siahmansour, S. (2021). Pre-harvest application of chitosan and postharvest Aloe vera gel coating enhances quality of table grape (*Vitis vinifera* L. cv. 'Yaghouti') during postharvest period. *Food Chemistry*, 347, 129012.
- El Ghaouth, A., Arul, J., Asselin, A., & Benhamou, N. (1992). Antifungal activity of chitosan on post-harvest pathogens: induction of morphological and cytological alterations in *Rhizopus stolonifer*. *Mycological Research*, 96(9), 769–779.
- Griñán, I., Morales, D., Collado-González, J., Falcón-Rodríguez, A. B., Torrecillas, A., Martín-Palomo, M. J., ... Galindo, A. (2019). Reducing incidence of peel physiopathies and increasing antioxidant activity in pomegranate fruit under different irrigation conditions by preharvest application of chitosan. *Scientia Horticulturae*, 247, 247–253.
- Han, J. H. (2014). *Edible Films and Coatings. Innovations in Food Packaging*. Elsevier Ltd.
- Hernandez Fortiz, J., Mercado, J., & Rodriguez, A. (2011). Efecto de recubrimiento con quitosano y cera comercial en la calidad de naranja 'Valencia' durante el almacenamiento. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha (Mexico)*, 12, 164–174.
- Jiang, Y., Yu, L., Hu, Y., Zhu, Z., Zhuang, C., Zhao, Y., & Zhong, Y. (2019). Electrostatic spraying of chitosan coating with different deacetylation degree for strawberry preservation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 139, 1232–1238.
- Khalifa, I., Barakat, H., El-Mansy, H. A., & Soliman, S. A. (2017). Preserving apple (*Malus domestica* var. Anna) fruit bioactive substances using olive wastes extract-chitosan film coating. *Information Processing in Agriculture*, 4(1), 90–99.
- Kumari, S., Singh, A. K., Kumar, A., Singh, K. P., & Bains, G. (2021). Evaluating the efficacy of chitosan and salicylic acid on photosynthetic pigments and antioxidant enzymes towards resistance of mango malformation. *Scientia Horticulturae*, 285, 110160.
- Li, Z., Xue, S., Xu, X., Wang, B., Zheng, X., Li, B., ... Prusky, D. (2021). Preharvest multiple sprays with chitosan accelerate the deposition of suberin poly phenolic at wound sites of harvested muskmelons. *Postharvest Biology and Technology*, 179, 111565.
- Meng, X., Li, B., Liu, J., & Tian, S. (2008). Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry*, 106(2), 501–508.
- Peian, Z., Haifeng, J., Peijie, G., Sadeghnezhad, E., Qianqian, P., Tianyu, D., ... Jinggui, F. (2021). Chitosan induces jasmonic acid production leading to resistance of ripened fruit against *Botrytis cinerea* infection. *Food Chemistry*, 337, 127772.
- Rico, D., Martín-Diana, A. B., Barat, J. M., & Barry-Ryan, C. (2007). Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 18(7), 373–386.

Sakif, T. I., Dobriansky, A., Russell, K., & Islam, T. (2016). Does Chitosan Extend the Shelf Life of Fruits. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 07, 337–342.

Shah, S., & Hashmi, M. S. (2020). Chitosan–aloe vera gel coating delays postharvest decay of mango fruit. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 61(2), 279–289.

Esterificación catalítica del ácido levulínico con UiO-66, sistema batch y a presión.

Catalytic esterification of levulinic acid with UiO-66, batch and pressure system.

Daiana A. Bravo Fuchineco

Centro de Investigación y Tecnología Química (CITeQ) / Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) / Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Córdoba (UTN-FRC), Argentina.
dbravo@frc.utn.edu.ar

Angélica C. Heredia

Centro de Investigación y Tecnología Química (CITeQ) / Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) / Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Córdoba (UTN-FRC), Argentina.
aheredia@frc.utn.edu.ar

Mónica E. Crivello

Centro de Investigación y Tecnología Química (CITeQ) / Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) / Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Córdoba (UTN-FRC), Argentina.
mcrivello@frc.utn.edu.ar

Enrique Rodríguez Castellón

Departamento de Química Inorgánica, Cristalografía y Mineralogía / Universidad de Málaga (UMA), Málaga, España.
castellon@uma.es

Resumen

La esterificación del ácido levulínico para producir ésteres es de gran interés en la actualidad debido al potencial de estos compuestos como aditivos de combustible. El objetivo de la investigación es la obtención de ésteres levulínicos mediante una reacción catalítica de esterificación del ácido levulínico. Para ello se han sintetizado catalizadores UiO-66 mediante el método solvotermal a 120 °C, variando el tiempo de síntesis de 24, 18, 12 y 6 h. Se analizaron dos sistemas de reacción: batch y a presión. Los materiales fueron caracterizados por difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido, espectroscopía infrarroja, espectroscopía fotoelectrónica de rayos X e isotermas de adsorción de N₂. El progreso de la reacción fue seguido por cromatografía gaseosa y espectroscopía de masa. En el sistema batch, el MOF con síntesis de 6 hs mostró la mayor actividad y selectividad al producto deseado, mientras que para el sistema a presión los MOFs con 24 y 18 h de síntesis presentaron los mayores rendimientos.

Palabras clave: MOFs, síntesis solvotérmica, ácido levulínico, esterificación, reacciones a presión.

Abstract

The esterification of levulinic acid to produce esters is of great interest today due to the potential of these compounds as fuel additives. The objective of the research is to obtain levulinic esters by means of a catalytic reaction of esterification of levulinic acid. For this, UiO-66 catalysts have been synthesized using the solvothermal method at 120 °C, varying the synthesis time of 24, 18, 12 and 6 hours. Two reaction systems were analyzed: batch and pressure. The materials were characterized by X-ray diffraction, scanning electron microscopy, infrared spectroscopy, X-ray photoelectron spectroscopy, and N₂ adsorption isotherms. The progress of the reaction was followed by gas chromatography and mass spectroscopy. In the batch system, the MOF with synthesis of 6 hours showed the highest activity and selectivity to the desired product, while for the pressure system the MOFs with 24 and 18 hours of synthesis presented the highest yields.

Keywords: MOFs, solvothermal synthesis, levulinic acid, esterification, pressure reactions.

Introducción

La valorización de la biomasa residual atrajo un enorme interés durante los últimos años, ya que es una materia prima sostenible para una serie de productos químicos y materiales valiosos. Presenta una prometedora fuente de energía sostenible, ya que puede utilizarse para producir combustibles líquidos o aditivos para combustibles. La conversión de biomasa en combustible y productos químicos finos puede reducir la dependencia de los combustibles fósiles (Herbst & Janiak, 2017). Es importante destacar que el objetivo debe ser utilizar biomasa no alimentaria o residuos de la biomasa, para asegurar que no haya competencia con la producción de alimentos. Entre los mismos se pueden mencionar por ejemplo, en la producción agrícola, bagazo de caña de azúcar, rastrojo de maíz, paja de trigo, cáscara de arroz y cáscara de naranja, La mayor parte de la biomasa se compone principalmente de: celulosa (45%), hemicelulosas (29%) y lignina (25%) (Sheldon, 2016). El ácido levulínico (LA), derivado de la catálisis ácida de la biomasa lignocelulósica, uno de los pilares de los doce bloques de construcción (definido en el 2004 por el National Renewable Energy Laboratory (NREL) y el Pacific Northwest National Laboratory), es potencialmente una molécula versátil para la síntesis de sustancias químicas. Dentro de ellas, los ésteres levulínicos son un grupo de compuestos con alto potencial de uso, no solo en el sector de los combustibles, sino también para polímeros, disolventes verdes, y fragancias. (Al-Shaal *et al.*, 2015). Por ejemplo, el levulinato de etilo (EL), obtenido por esterificación del LA con etanol, puede utilizarse como un aditivo en combustibles. La esterificación de Fischer de LA se logra típicamente en condiciones ácidas utilizando catalizadores ácidos homogéneos como el H₂SO₄, el HCl y el H₃PO₄, produciendo altos rendimientos de producto en cortos tiempos de reacción. Sin embargo, estos catalizadores no son fácilmente reciclables y presentan desafíos adicionales tanto en el aislamiento del producto como en la formación de subproductos, la gestión de residuos y el mantenimiento del equipo. Así, la implementación de alternativas heterogéneas que eviten estas limitaciones, es un objetivo altamente deseable (Chaffey *et al.*, 2021). Los catalizadores ácidos sólidos se consideran uno de los catalizadores heterogéneos más populares y se aplican ampliamente en la conversión de biomasa. Los materiales metal orgánico estructurados (MOFs) pertenecen a la familia de los híbridos cristalinos formados por una red de iones metálicos enlazados a moléculas orgánicas multidentadas mediante enlaces de coordinación. La combinación de unidades de construcción orgánicas e inorgánicas da lugar a estructuras cristalinas, en muchos casos porosas, y con una elevada variabilidad en cuanto a composición química, tamaño de poro y grupos funcionales presentes en el ligando orgánico (James, 2003). Los MOF a base de circonio son considerados compuestos de referencia por su alta estabilidad en diferentes medios, bajo costo y alta versatilidad estructural, lo que les permite ser empleados en una gran cantidad de aplicaciones estratégicas en los campos de la catálisis. (Jiao *et al.*, 2018; Rimoldi *et al.*, 2017; Wu, Yildirim, *et al.*, 2013) gas (Xiaodong Zhang *et al.*, 2019) y absorción de solventes, (Yu *et al.*, 2019) separación, (Wu, Chua, *et al.*, 2013) y con fines biomédicos (Abánades & Forgan, 2019). El UiO-66, de fórmula general Zr₆O₄(OH)₄(BDC)₆·n DMF (H₂-BDC = ácido benceno dicarboxílico), fue sintetizado por primera vez en 2008 por científicos de la Universitetet i Oslo (UiO) utilizando un tratamiento solvotérmico a 120 °C en dimetilformamida como solvente (Lillerud *et al.* 2008). UiO-66 tiene una simetría cúbica centrada en las caras y está constituido por 12 unidades de construcción inorgánicas (Zr₆O₄(OH)₄¹²⁺) unidas por los ligandos BDC. Las caras triangulares del octaedro Zr₆ en esta estructura están alternativamente cubiertas con oxígenos e hidroxilos que les confieren características de acidez de Lewis y Brønsted, requeridas

para las reacciones de esterificación. El objetivo de este trabajo es sintetizar materiales MOFs UiO-66 mediante el método solvotermal, variando el tiempo de síntesis y probarlos catalíticamente en reacciones de esterificación de ácido levulínico con etanol y butanol.

Desarrollo

Materiales y Métodos

Reactivos

Se utilizaron reactivos de grado analítico para la síntesis de los materiales y las reacciones catalíticas. $ZrCl_4$ (Merck, $\geq 98\%$), ácido tereftálico (BDC, Aldrich, 98%), N,N-dimetilformamida (DMF, Biopack, $\geq 99,8\%$), acetona (Sintorgan, 99,5%), etanol (Biopack, $\geq 99,8\%$), butanol (Biopack, $\geq 99,8\%$), ácido levulínico (Aldrich, 98%).

Síntesis del material

Los materiales se sintetizaron por el método solvotermal (Cirujano *et al.*, 2015; Lillerud *et al.*, 2008; Lozano *et al.*, 2018). La agitación se realizó mediante ultrasonido a 60 °C. Las muestras se identificaron como M_{100} -UT/X, donde UT indica ultrasonido a temperatura de 60 °C y “X” el tiempo de síntesis en mufla. Se utilizó dimetilformamida (DMF) como solvente. El procedimiento de síntesis consistió en disolver $ZrCl_4$ en DMF agitando ultrasónicamente la solución por 5 minutos. Luego se incorporó ácido tereftálico (BDC), se agitó durante 30 minutos y se llevó a un reactor de teflón recubierto en acero inoxidable a 120 °C durante 24, 18, 12 y 6 h. El material obtenido fue, en primera instancia, sumergido en DMF y luego lavado con acetona. Se separó el sólido por centrifugación y se secó a 90 °C por 24 h obteniéndose polvos de color blanco.

Caracterización de las muestras

Difracción de rayos X (DRX): difractómetro Xpert' PANalytical de radiación Cu-K α , a una velocidad de 1/4 min en 2 θ . Espectroscopia infrarroja (FTIR): con KBr, en el rango de 4000-400 cm^{-1} usando un espectrofotómetro Smartomi-Transmission Nicolet IS10 Thermo Scientific. Microscopía electrónica de barrido (SEM): con un instrumento Carl Zeiss Sigma operado a 2 Kv, las muestras fueron metalizadas con cromo. Medición del área superficial: instrumento ASAP 2000 (Micromeritics, EE. UU.), las muestras fueron tratadas a 200 °C bajo vacío de $1,0 \times 10^{-3}$ mbar. Espectroscopia fotoelectrónica de rayos X (XPS): XPS Thermo Scientific K-alpha.

Reacción Catalítica

Los materiales MOFs fueron evaluados catalíticamente en la reacción de esterificación del ácido levulínico (AL) con etanol y butanol (Fig. 1). Se utilizaron 2 sistemas de reacción: sistema batch y sistema a presión. El primero consiste en un reactor batch de vidrio con agitación magnética, acoplado a un condensador de reflujo. El segundo es un reactor autoclave de acero inoxidable revestido con teflón que trabaja a presión generada por N_2 , dispuesto sobre una plancha calefaccionante con agitación magnética. Las condiciones de reacción fueron 0,05 g de catalizador con una relación molar de reactivos de 1:15. Para el sistema batch se trabajó a una temperatura de 85 °C con etanol y 100 °C con butanol. La reacción se llevó a cabo durante 5 h y se tomaron muestras de 0,15 mL cada hora. Las muestras se recogieron utilizando una microjeringa equipada con un filtro (de politetrafluoroetileno de 0,45 μm) para eliminar las partículas de catalizador. Para el caso de la reacción en el sistema bajo presión, la temperatura fue de 180 °C para ambos alcoholes, con una presión de 30 bares. El aire del interior se eliminó purgando tres veces con nitrógeno de alta pureza. En este caso el tiempo total de reacción fue de 3 h. El análisis del medio de reacción se realizó por cromatografía gaseosa (Agilent 7820A) y por espectroscopia de masas (Perkin Elmer Clarus 560), para confirmar la identidad de los compuestos.

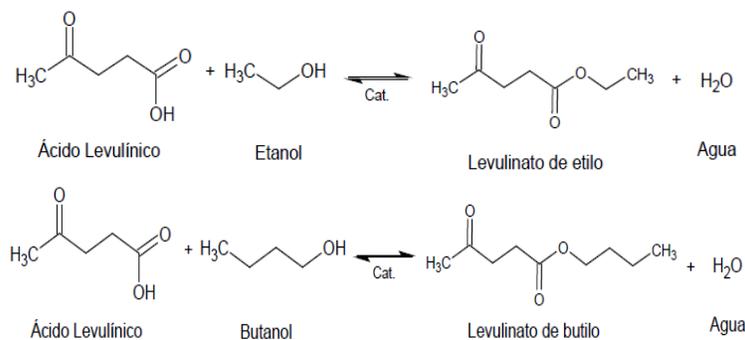


Fig. 1: Reacción de esterificación.

Caracterización de materiales MOFs

La Fig. 2 muestra el patrón de difracción de rayos X de los materiales sintetizados, los cuales coinciden con los patrones estándar informados (Cavka *et al.*, 2008), lo que revela que la estructura cristalina de los MOF se sintetizó con éxito. Se presentan las 4 muestras, con la variación del tiempo de síntesis en la mufla. En todas se destacan dos picos de difracción de Bragg típicos a $7,4^\circ$ y $8,5^\circ$, que se atribuyen a los planos cristalinos (1 1 1) y (2 0 0) de UiO-66 (Li *et al.*, 2021; Wei *et al.*, 2020). No se evidencian variaciones en los difractogramas de cada catalizador, por lo que se puede decir que la disminución del tiempo de síntesis no afecta a la estructura cristalina.

La estructura de UiO-66 también se analizó mediante espectroscopia infrarroja. Los espectros de las muestras se presentan en la Fig. 3. En ellos, la banda aguda en 1662 cm^{-1} corresponde a DMF y se observan los dos picos intensos en 1563 y 1396 cm^{-1} asignados a los modos de estiramiento de entrada/salida del grupo carboxilato, y una banda más pequeña (1506 cm^{-1}) que representa la vibración del C=C del anillo benzénico del BDC. Los picos observados a los 561 y 488 cm^{-1} son asignados a la flexión y los estiramientos Zr-O en el clúster del MOF (Arrozi *et al.*, 2015; Kandiah *et al.*, 2010; Phatake *et al.*, 2020).

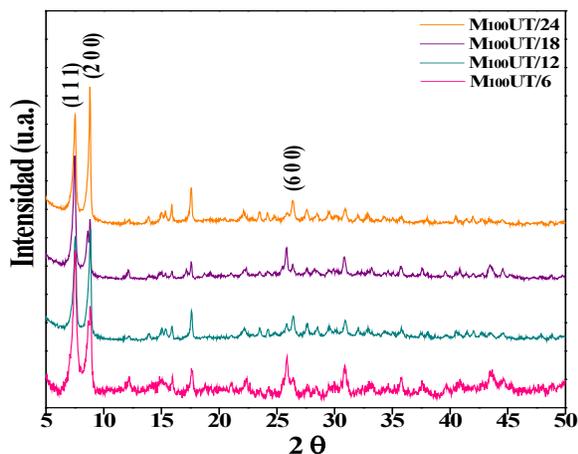


Fig. 2: DRX de catalizadores sintetizados.

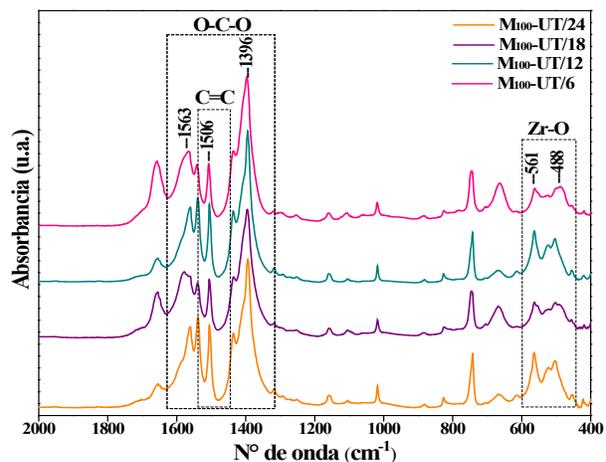


Fig. 3: Espectros FTIR de catalizadores sintetizados.

La morfología y el tamaño de las partículas de UiO-66 se investigaron por microscopía electrónica de barrido. Las imágenes SEM del UiO-66 se muestran en la Fig. 4 los materiales sintetizados poseen estructura octaédrica regular y buena dispersión con un tamaño de partícula promedio de $\sim 160\text{ nm}$ los que se asemejan al tamaño característico de los MOF (Lin *et al.*, 2016; Wei *et al.*, 2020). Por EDS se analizó la composición elemental en la superficie de las muestras sintetizadas (Tabla 1). Se puede ver que UiO-66 está compuesto por Zr, C y O que está de acuerdo con su estructura cristalina, el grupo Zr_6 coordinado con ligandos de tereftálico. También se observa la presencia de Cl de la sal de síntesis (Ding *et al.*, 2021).

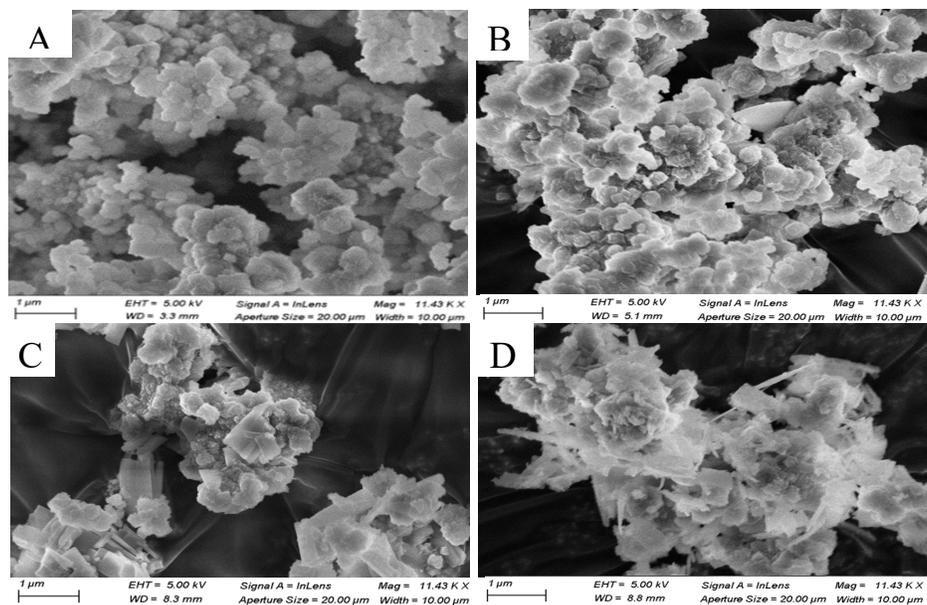


Fig. 4: Imágenes SEM de catalizadores sintetizados (A) M₁₀₀-UT/24, (B) M₁₀₀-UT/18, (C) M₁₀₀-UT/12 y (D) M₁₀₀-UT/6.

Catalizador	% EDS				Área BET (m ² /g)	Volumen de poro (cm ³ /g)	Tamaño de poro (nm)
	%Zr	%C	%O	%Cl			
M ₁₀₀ -UT/24	16,27	68,33	15,20	0,40	658,35	0,1341	2,37
M ₁₀₀ -UT/18	7,52	68,20	23,96	0,31	774,37	0,0651	2,17
M ₁₀₀ -UT/12	14,66	60,58	24,23	0,53	706,50	0,0855	2,52
M ₁₀₀ -UT/6	9,43	68,59	21,10	0,87	660,99	0,1072	2,39

Tabla 1: Composición elemental y área superficial de cada catalizador.

Las áreas superficiales y tamaño de poro de los catalizadores se determinaron mediante absorción-desorción de N₂ (Tabla 1). La Fig. 5 muestra los patrones de isoterma BET. Se determinó que todos los catalizadores muestran una isoterma similar típica de los materiales microporosos (tipo Ib) según la clasificación de IUPAC y que por su tamaño de poro aprox. de 2 nm se ubican dentro de los sólidos microporosos (Ploskonka *et al.*, 2017; Thommes *et al.*, 2015). En cuanto a los valores de áreas, todos se encuentran rondando los 700-600 m²/g, sin una distinción marcada en cuanto al tiempo de síntesis.

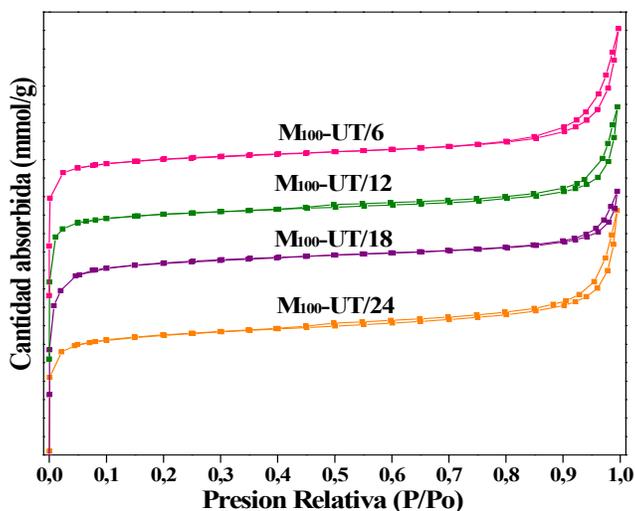


Fig. 5: Isotermas BET de catalizadores sintetizados.

Para evaluar el entorno químico de los átomos, el material UiO-66 se caracterizó por espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS). Como se observa en la Fig. 6, los espectros mostraron C, O y Zr, que fueron consistentes con el análisis EDS. El espectro XPS de alta resolución de C 1s se pueden descomponer en tres contribuciones a 284,4; 285,4 y 287,8 eV. La contribución a 284,4 eV se asigna al carbono adventicio y los enlaces -C-C- y -C=C-. La segunda contribución se deriva de enlaces C-OH, y finalmente la contribución a alta energía de unión a la presencia de carboxilato y grupos carboxílicos. Los espectros de nivel de núcleo de Zr 3d de las muestras presentan el doblete típico de Zr 3d_{5/2} y Zr 3d_{3/2} con valores de energía de enlace a 182,8 eV asignados a Zr⁴⁺. Por último, en los espectros para O1s se pueden observar tres picos centrados en las energías de enlace 534,1, 531,9 y 530,0 eV. Estos picos pueden asignarse a los átomos de oxígeno en los grupos carboxilato (O-C=O), restos Zr-OC y grupos unidos por puentes (η^3 -O-Zr₃), respectivamente (de la Flor *et al.*, 2021; Ding *et al.*, 2021; Xue Zhang *et al.*, 2020). En la Tabla 2 se presentan las contribuciones de cada elemento para cada catalizador, con los respectivos valores de área para cada pico deconvolucionado.

Catalizador	C 1s	Zr 3d	O 1s
M ₁₀₀ -UT/24	284,4 (23)	182,6 (24)	531,9 (83)
	285,4 (53)	184,8 (76)	534,1 (17)
	287,8 (23)	-	-
M ₁₀₀ -UT/18	280,1 (82)	178,1 (56)	525,2 (9)
	284,1 (18)	180,44 (44)	527,1 (91)
M ₁₀₀ -UT/12	281,5 (20)	178,1 (7)	528,2 (43)
	284,7 (59)	182,3 (93)	531,1 (57)
	288,7 (11)	-	-
M ₁₀₀ -UT/6	282,6 (43)	185,7 (80)	531,0 (37)
	286,6 (54)	188,3 (20)	534,7 (63)
	291,1 (3)	-	-

Tabla 2: Valores de energía de unión (en eV) de los diferentes elementos presentes en los catalizadores. Los porcentajes de área se indican entre paréntesis.

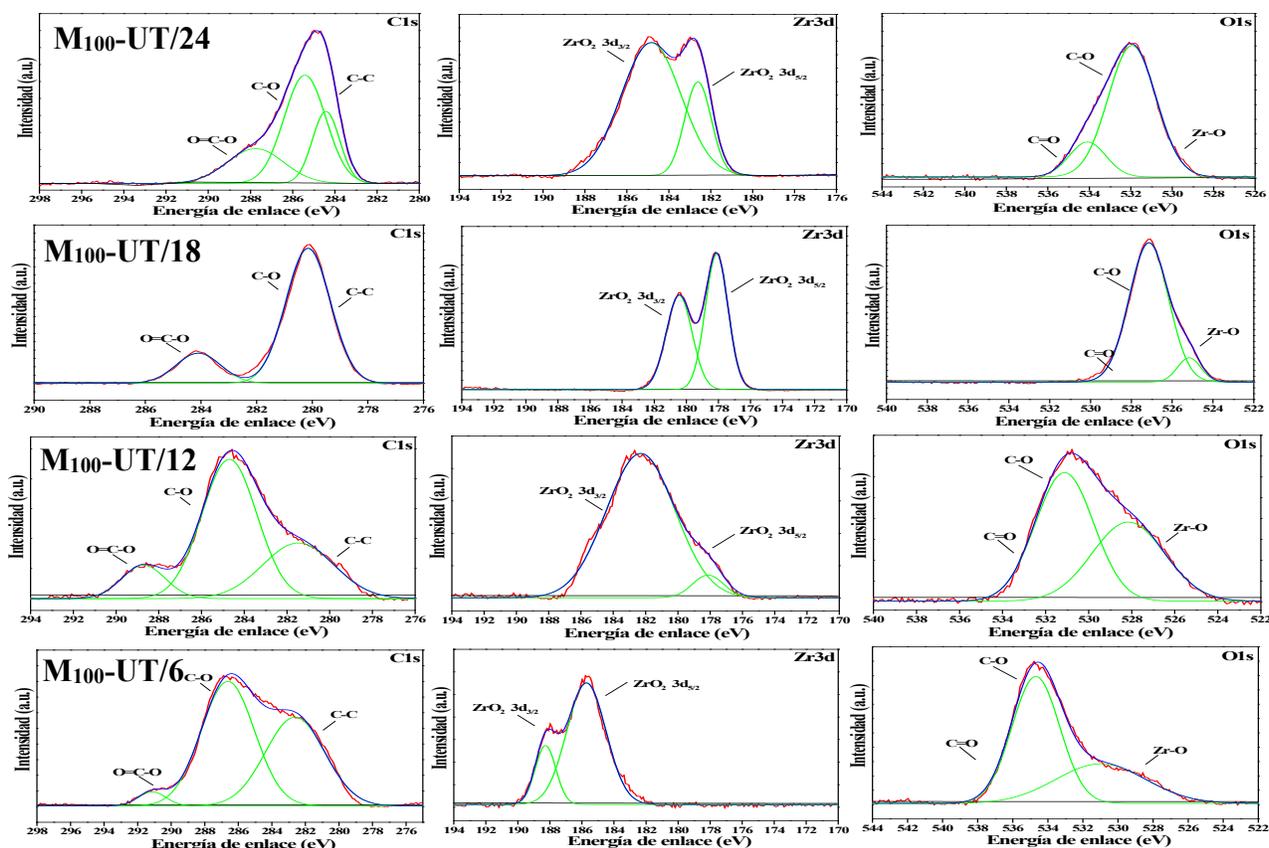


Fig. 6: Espectros XPS de C, Zr y O para cada catalizador.

Evaluación Catalítica

La Tabla 3 Presenta los porcentajes en moles de conversión de ácido levulínico (AL) y rendimiento a levulinato de etilo (LE) y butilo (LB) para cada catalizador, tanto para las reacciones en sistema batch como el sistema a presión (Cirujano *et al.*, 2015; Guo *et al.*, 2019; Popova *et al.*, 2018). En el sistema batch, la diferencia entre los valores de conversión y rendimiento, se debe a la obtención de un subproducto (β -angélica lactona), proveniente de la deshidratación del AL (Al-Shaal *et al.*, 2015; Maheria *et al.*, 2013), también se observa una tendencia de aumento del rendimiento a media que disminuye el tiempo de síntesis del catalizador en la mufla. Esto ocurre para ambos ésteres levulínicos, donde se obtiene el mayor rendimiento con el catalizador M₁₀₀-UT/6. Además, se puede notar una leve disminución en la conversión al éster a media que aumenta el tamaño de la molécula de alcohol. Esto se debe al impedimento estérico que se genera, dificultando el ingreso a los poros del catalizador y la coordinación de los reactivos con los sitios activos, reduciendo el rendimiento catalítico del MOFs. Por último, es de destacar que mediante el uso de reactores a presión, se logran mejorar marcadamente tanto las conversiones como los rendimientos de los materiales, trabajando a una mayor temperatura y disminuyendo el tiempo de reacción de 5 h a 3 h. Se observan que para todos los catalizadores y en ambos alcoholes, los valores de selectividad son de más de 90%, disminuyendo la existencia de productos secundarios. Los MOFs con 24 y 18 h de síntesis presentaron los mayores rendimientos a levulinatos de butilo y etilo respectivamente.

Catalizador	Sistema batch				Sistema a presión			
	Levulinato de Etilo (85 °C; 0,05 g; 1:15; 5 h)		Levulinato de Butilo (100 °C; 0,05 g; 1:15; 5 h)		Levulinato de Etilo (180 °C; 0,05 g; 1:15; 3 h)		Levulinato de Butilo (180 °C; 0,05 g; 1:15; 3 h)	
	% Conv.	% Rend.	% Conv.	% Rend.	% Conv.	% Rend.	% Conv.	% Rend.
M ₁₀₀ -UT/24	22,32	13,58	38,30	9,93	97,14	94,65	92,93	83,23
M ₁₀₀ -UT/18	30,09	16,51	47,39	22,68	97,69	97,69	95,27	72,25
M ₁₀₀ -UT/12	39,24	26,76	36,74	11,96	94,21	94,21	95,45	77,81
M ₁₀₀ -UT/6	69,80	61,81	59,82	43,87	96,99	96,99	91,44	80,59

Tabla 3: Reacciones de esterificación del ácido levulínico.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo económico de UTN-FRC y CONICET.

Conclusiones

Se obtuvieron materiales UiO-66 con buenas propiedades de cristalinidad y porosidad, independientemente del tiempo de síntesis en autoclave. No se observaron, por SEM, cambios muy marcados en la morfología. Los valores de área superficial y volumen de poro son muy similares en todos los materiales, con valores cercanos a las 700 m²/g. Con respecto a la evaluación catalítica, para el caso de los sistemas batch, el MOFs que presentó la mayor actividad y arrojó los mejores valores de rendimiento a producto deseado fue el M₁₀₀-UT/6, sintetizado durante 6hs a 120 °C. Mientras que para el caso de las reacciones a presión, todos los materiales lograron buena selectividad al producto deseado. En cuanto a los dos alcoholes utilizados, se concluyó que cuanto más grande es el tamaño de la molécula (etanol < butanol) menor es la conversión al éster. Esto es principalmente en las reacciones batch, y está asociado a la dificultad de que la molécula llegue al sitio activo para poder reaccionar con el ácido levulínico. Se lograron buenos materiales y resultados catalíticos reduciendo el tiempo de síntesis de 24 a 6 h, el material obtenido no presenta variaciones con respecto a la síntesis original. La obtención de compuestos de levulinato a partir de ácido levulínico, derivado de biomasa, utilizando catalizador ácido MOFs UiO-66 es una vía muy eficiente que permite llevar adelante reacciones eco-compatibles con el medio, con una fácil separación de los productos de interés.

Referencias

- Abánades Lázaro, I., & Forgan, R. S. (2019). Application of zirconium MOFs in drug delivery and biomedicine. *Coordination Chemistry Reviews*, 380, 230–259. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2018.09.009>
- Al-Shaal, M. G., Ciptonugroho, W., Holzhäuser, F. J., Mensah, J. B., Hausoul, P. J. C., & Palkovits, R. (2015). Catalytic upgrading of α -angelica lactone to levulinic acid esters under mild conditions over heterogeneous catalysts. *Catalysis Science and Technology*, 5(12), 5168–5173. <https://doi.org/10.1039/c5cy00446b>
- Arrozi, U. S. F., Wijaya, H. W., Patah, A., & Permana, Y. (2015). Efficient acetalization of benzaldehydes using UiO-66 and UiO-67: Substrates accessibility or Lewis acidity of zirconium. *Applied Catalysis A: General*, 506, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2015.08.028>
- Cavka, J. H., Jakobsen, S., Olsbye, U., Guillou, N., Lamberti, C., Bordiga, S., & Lillerud, K. P. (2008). Supplemental Cavka. *Journal of the American Chemical Society*, 130(42), 13850–13851.
- Chaffey, D. R., Bere, T., Davies, T. E., Apperley, D. C., Taylor, S. H., & Graham, A. E. (2021). Conversion of levulinic acid to levulinate ester biofuels by heterogeneous catalysts in the presence of acetals and ketals. *Applied Catalysis B: Environmental*, 293(April), 120219. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2021.120219>
- Cirujano, F. G., Corma, A., & Llabrés I Xamena, F. X. (2015). Zirconium-containing metal organic frameworks as solid acid catalysts for the esterification of free fatty acids: Synthesis of biodiesel and other compounds of interest. *Catalysis Today*, 257(Part 2), 213–220. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2014.08.015>
- de la Flor, D., López-Aguado, C., Paniagua, M., Morales, G., Mariscal, R., & Melero, J. A. (2021). Defective UiO-66(Zr) as an efficient catalyst for the synthesis of bio jet-fuel precursors via aldol condensation of furfural

- and MIBK. *Journal of Catalysis*, 401, 27–39. <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2021.07.006>
- Ding, Y., Wei, F., Dong, C., Li, J., Zhang, C., & Han, X. (2021). UiO-66 based electrochemical sensor for simultaneous detection of Cd(II) and Pb(II). *Inorganic Chemistry Communications*, 131(July), 108785. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2021.108785>
- Guo, T., Qiu, M., & Qi, X. (2019). Selective conversion of biomass-derived levulinic acid to ethyl levulinate catalyzed by metal organic framework (MOF)-supported polyoxometalates. *Applied Catalysis A: General*, 572(September 2018), 168–175. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2019.01.004>
- Herbst, A., & Janiak, C. (2017). MOF catalysts in biomass upgrading towards value-added fine chemicals. *CrystEngComm*, 19(29), 4092–4117. <https://doi.org/10.1039/c6ce01782g>
- James, S. L. (2003). Metal-organic frameworks. *Chemical Society Reviews*, 32(5), 276–288. <https://doi.org/10.1039/b200393g>
- Jiao, L., Wang, Y., Jiang, H. L., & Xu, Q. (2018). Metal–Organic Frameworks as Platforms for Catalytic Applications. *Advanced Materials*, 30(37), 1–23. <https://doi.org/10.1002/adma.201703663>
- Kandiah, M., Usseglio, S., Svelle, S., Olsbye, U., Lillerud, K. P., & Tilset, M. (2010). Post-synthetic modification of the metal-organic framework compound UiO-66. *Journal of Materials Chemistry*, 20(44), 9848–9851. <https://doi.org/10.1039/c0jm02416c>
- Li, H., Chu, H., Ma, X., Wang, G., Liu, F., Guo, M., Lu, W., Zhou, S., & Yu, M. (2021). Efficient heterogeneous acid synthesis and stability enhancement of UiO-66 impregnated with ammonium sulfate for biodiesel production. *Chemical Engineering Journal*, 408(September 2020), 127277. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.127277>
- Lillerud, K. P., Cavka, J. H., Lamberti, C., Guillou, N., Bordiga, S., Jakobsen, S., & Olsbye, U. (2008). A New Zirconium Inorganic Building Brick Forming Metal Organic Frameworks with Exceptional Stability. *Journal of the American Chemical Society*. <https://doi.org/10.1021/ja8057953>
- Lin, K. Y. A., Liu, Y. T., & Chen, S. Y. (2016). Adsorption of fluoride to UiO-66-NH₂ in water: Stability, kinetic, isotherm and thermodynamic studies. *Journal of Colloid and Interface Science*, 461, 79–87. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2015.08.061>
- Lozano, L. A., Iglesias, C. M., Faroldi, B. M. C., Ulla, M. A., & Zamaro, J. M. (2018). Efficient solvothermal synthesis of highly porous UiO-66 nanocrystals in dimethylformamide-free media. *Journal of Materials Science*. <https://doi.org/10.1007/s10853-017-1658-5>
- Maheria, K. C., Kozinski, J., & Dalai, A. (2013). Esterification of levulinic acid to n-butyl levulinate over various acidic zeolites. *Catalysis Letters*, 143(11), 1220–1225. <https://doi.org/10.1007/s10562-013-1041-3>
- Phatake, V. V., Mishra, A. A., & Bhanage, B. M. (2020). UiO-66 as an efficient catalyst for N-formylation of amines with CO₂ and dimethylamine borane as a reducing agent. *Inorganica Chimica Acta*, 501(October 2019), 119274. <https://doi.org/10.1016/j.ica.2019.119274>
- Ploskonka, A. M., Marzen, S. E., & DeCoste, J. B. (2017). Facile Synthesis and Direct Activation of Zirconium Based Metal-Organic Frameworks from Acetone. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 56(6),

1478–1484. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.6b04361>

- Popova, M., Shestakova, P., Lazarova, H., Dimitrov, M., Kovacheva, D., Szegedi, A., Mali, G., Dasireddy, V., Likozar, B., Wilde, N., & Gläser, R. (2018). Efficient solid acid catalysts based on sulfated tin oxides for liquid phase esterification of levulinic acid with ethanol. *Applied Catalysis A: General*, *560*(April), 119–131. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2018.04.041>
- Rimoldi, M., Howarth, A. J., Destefano, M. R., Lin, L., Goswami, S., Li, P., Hupp, J. T., & Farha, O. K. (2017). Catalytic Zirconium/Hafnium-Based Metal-Organic Frameworks. *ACS Catalysis*, *7*(2), 997–1014. <https://doi.org/10.1021/acscatal.6b02923>
- Sheldon, R. A. (2016). Green chemistry, catalysis and valorization of waste biomass. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, *422*, 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.molcata.2016.01.013>
- Thommes, M., Kaneko, K., Neimark, A. V., Olivier, J. P., Rodriguez-Reinoso, F., Rouquerol, J., & Sing, K. S. W. (2015). Physisorption of gases, with special reference to the evaluation of surface area and pore size distribution (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, *87*(9–10), 1051–1069. <https://doi.org/10.1515/pac-2014-1117>
- Wei, R., Fan, J., Qu, X., Gao, L., Wu, Y., Zhang, Z., Hu, F., & Xiao, G. (2020). Tuning the Catalytic Activity of UiO-66 via Modulated Synthesis: Esterification of Levulinic Acid as a Test Reaction. *European Journal of Inorganic Chemistry*, *2020*(10), 833–840. <https://doi.org/10.1002/ejic.202000031>
- Wu, H., Chua, Y. S., Krungleviciute, V., Tyagi, M., Chen, P., Yildirim, T., & Zhou, W. (2013). Unusual and highly tunable missing-linker defects in zirconium metal-organic framework UiO-66 and their important effects on gas adsorption. *Journal of the American Chemical Society*, *135*(28), 10525–10532. <https://doi.org/10.1021/ja404514r>
- Wu, H., Yildirim, T., & Zhou, W. (2013). Exceptional mechanical stability of highly porous zirconium metal-organic framework UiO-66 and its important implications. *Journal of Physical Chemistry Letters*, *4*(6), 925–930. <https://doi.org/10.1021/jz4002345>
- Yu, L. Q., Su, F. H., Ma, M. Y., & Lv, Y. K. (2019). Metal-organic frameworks for the sorption of acetone and isopropanol in exhaled breath of diabetics prior to quantitation by gas chromatography. *Microchimica Acta*, *186*(8), 1–6. <https://doi.org/10.1007/s00604-019-3713-1>
- Zhang, Xiaodong, Shi, X., Chen, J., Yang, Y., & Lu, G. (2019). The preparation of defective UiO-66 metal organic framework using MOF-5 as structural modifier with high sorption capacity for gaseous toluene. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *7*(5), 103405. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103405>
- Zhang, Xue, Qiao, J., Liu, C., Wang, F., Jiang, Y., Cui, P., Wang, Q., Wang, Z., Wu, L., & Liu, J. (2020). A MOF-derived ZrO₂/C nanocomposite for efficient electromagnetic wave absorption. *Inorganic Chemistry Frontiers*, *7*(2), 385–393. <https://doi.org/10.1039/c9qi01259a>

Preparación y caracterización de nano- y micropartículas de sílice para la liberación controlada de atrazina

Preparation and characterization of silica nano- and microparticles for atrazine controlled release

Federico Adrian Fookes

INTEC – (UNL – CONICET) - Argentina
ffookes@santafe-conicet.gov.ar

Carlos Alberto Busatto

INTEC – (UNL – CONICET) - Argentina
cbusatto@santafe-conicet.gov.ar

María Eugenia Taverna

INTEC – (UNL – CONICET) - Argentina
UTN Facultad Regional San Francisco
metaverna@santafe-conicet.gov.ar

Maia Lescano

INTEC – (UNL – CONICET) - Argentina
mailescano@gmail.com

Diana Alejandra Estenoz

INTEC – (UNL – CONICET) - Argentina
destenoz@santafe-conicet.gov.ar

Resumen

La atrazina (2-cloro-4-etilamina-6-isopropilamina-s-triazina) es una triazina moderadamente tóxica, utilizada como herbicida selectivo de pre y post-emergencia. Después de su aplicación permanece en el medio ambiente debido a su baja biodegradabilidad y larga vida media en agua (entre 30 y 100 días). A fin de reducir el impacto ambiental de estos herbicidas se han empleado matrices orgánicas e inorgánicas para el desarrollo de sistemas de liberación controlada. Dentro de las matrices inorgánicas, se han evaluado las nanopartículas de sílice mesoporosas debido a su porosidad y elevada área superficial. En este trabajo se prepararon y caracterizaron nano- y micropartículas de sílice para la encapsulación de atrazina. Se evaluó el perfil de liberación mediante ensayos *in vitro* en agua y, además, se realizaron ensayos de fitotoxicidad en semillas de lechuga. Se observó que las nanopartículas mesoporosas presentan una liberación sostenida por al menos 24 h y una fitotoxicidad reducida.

Palabras clave: Atrazina, nanopartículas mesoporosas, liberación controlada

Abstract

Atrazine (2-chloro-4-ethylamine-6-isopropylamine-s-triazine) is a moderately toxic triazine, used as a selective pre- and post-emergence herbicide. After application, it remains in the environment due to its low biodegradability and long half-life in water (between 30 and 100 days) causing adverse environmental effects. In order to reduce them, controlled release systems based on mesoporous silica nanoparticles have been evaluated due to their porosity and high surface area. In this work, silica nano- and microparticles for atrazine encapsulation were prepared and characterized. The release profile was evaluated by *in vitro* assays in water. In addition, phytotoxicity tests were performed using lettuce seeds. The mesoporous nanoparticles exhibited sustained release for at least 24 h and reduced phytotoxicity.

Keywords: Atrazine, mesoporous nanoparticles, controlled release

Introducción

Los agroquímicos son utilizados ampliamente en la agricultura para la protección de los cultivos y control de plagas. La atrazina (2-cloro-4-etilamina-6-isopropilamina-s-triazina) es una triazina moderadamente tóxica, utilizada como herbicida selectivo de pre y post-emergencia en varios cultivos. Este herbicida pertenece a los contaminantes orgánicos persistentes debido a su baja biodegradabilidad y larga vida media en agua (entre 30 y 100 días). Se ha estimado que después de su aplicación, una gran parte persiste en el medio ambiente. Además, debido a su moderada solubilidad en agua (33 mg L^{-1}) y a su relativamente baja adsorción en el suelo, la atrazina puede migrar fácilmente hacia el agua subterránea, representando un peligro potencial para la salud humana ya que este herbicida y sus metabolitos clorados son considerados como disruptores endocrinos (Taverna *et al.*, 2018). A fin de reducir la toxicidad ambiental de estos agroquímicos, se han desarrollado matrices orgánicas e inorgánicas basadas en micro- y nanopartículas como posibles sistemas de liberación controlada. Estos sistemas ofrecen numerosas ventajas frente a su aplicación convencional tales como reducción de la cantidad de pesticida requerido para el control de cultivos, disminución del riesgo de contaminación ambiental, protección de los agroquímicos frente a factores ambientales y mejor eficiencia operativa (Grillo *et al.*, 2011). Dentro de las matrices inorgánicas empleadas como sistemas de liberación controlada, las nanopartículas de sílice mesoporosa (MSN) constituyen una alternativa de bajo costo con buena compatibilidad ambiental, gran superficie específica, tamaño de poro ajustable y alta capacidad de carga. Popat *et al.* estudiaron la carga y liberación de imidacloprid en MSN (Popat *et al.*, 2012). Los resultados demostraron que la cantidad adsorbida y el perfil de liberación son afectados por el tipo de estructura mesoporosa y el área superficial de las partículas. Por su parte, las MSN cargadas con abamectina demostraron un rendimiento notable, con fotoestabilidad, solubilidad en agua y biodisponibilidad del principio activo mejoradas (Feng *et al.*, 2020). La citotoxicidad y la actividad antibacteriana del tebuconazol fueron mejoradas cuando se utilizaron MSN como nanoportadores (Murguía *et al.*, 2014). Wanyika *et al.* prepararon MSN cargadas con metalaxilo, y las nanopartículas mostraron una liberación más lenta y sostenida de metaloxilo en comparación con el fungicida libre (Wanyika, 2013). Hasta el momento, no han sido reportados estudios sobre la aplicación de MSNs y de micropartículas de sílice en la encapsulación y liberación controlada de atrazina.

El objetivo de este trabajo es desarrollar sistemas nano y micro-particulados basados en sílice con diferentes estructuras porosas para la liberación controlada de atrazina, que permitan disminuir la dosis del herbicida y sus potenciales efectos nocivos. Se estudió la morfología y el tamaño medio de las partículas mediante microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido; y las cargas superficiales mediante determinaciones de potencial Z. Además, se evaluó la eficiencia de encapsulación y los perfiles de liberación *in vitro* del principio activo estudiado. Finalmente, se estudió la fitotoxicidad de la atrazina mediante el análisis de germinación y el crecimiento de semillas de lechuga (*Lactuca sativa*).

Trabajo Experimental

Materiales

Tetraetil ortosilicato (TEOS) (Fluka, Seelze, Alemania), bromuro de hexadeciltrimetilamonio (CTAB) (Sigma-Aldrich, St. Luis, MO, USA), hidróxido de sodio, hidróxido de amonio, etanol, metanol, acetonitrilo y hexano (Cicarelli, Argentina). Los reactivos fueron utilizados sin posteriores purificaciones. La atrazina utilizada fue de grado comercial ($\geq 90\%$, SYNGENTA, Argentina). Para la cuantificación del herbicida se emplearon estándares de atrazina (98%, Chem Service Inc. USA). Se utilizó agua ultrapura ($0,055 \mu\text{S/cm}$) obtenida en un equipo de purificación OSMOION.

Preparación de los sistemas particulados

Se prepararon tres tipos de sistemas particulados: i) nanopartículas de sílice no porosas (NP), ii) nanopartículas de sílice mesoporosas (MSN) y; iii) micropartículas de sílice nanoestructuradas a partir de NP y MSN.

i) Síntesis de NP

Para la síntesis de las NP se empleó el método Stöber modificado (Kadhem *et al.*, 2018). En un vaso de precipitado, 200 mL de etanol y 22 mL de hidróxido de amonio 25% p/v se mezclaron bajo agitación magnética a 300 rpm. Luego, se añadieron 14 mL de TEOS y la mezcla obtenida fue agitada durante 12 h a 25 °C. Finalmente, para eliminar el exceso de reactivo, las partículas fueron centrifugadas (7000 rpm, 10 min) y redispersadas en agua 3 veces.

ii) Síntesis de MSN

En un balón de vidrio se mezclaron 384 mL de agua, 2,8 mL de una solución 2 M de hidróxido de sodio y 800 mg de CTAB. Luego, se agregaron 4 mL de TEOS y la solución fue agitada durante 2 h a 80 °C. Posteriormente, se dejó enfriar a temperatura ambiente. Las partículas obtenidas fueron separadas por centrifugación (7000 rpm, 10 min) y resuspendidas en agua ultrapura. Este proceso se repitió 3 veces. Finalmente, las partículas se secaron a 60 °C y se calcinaron a 550 °C durante 4 h.

iii) Preparación de micropartículas de sílice nanoestructuradas (M-NP, M-MSN)

La preparación de micropartículas basadas en NP (M-NP) o MSN (M-MSN) se realizó mediante la técnica de microemulsión. A tales efectos, 0,5 mL de una solución hidroalcohólica (1:1) de 6,5 % p/v de nanopartículas se añadió gota a gota a 100 mL de aceite de girasol bajo agitación mecánica (400 rpm). Esta emulsión continuó en agitación por 4 h a 40 °C. Luego, las partículas obtenidas se lavaron 3 veces con hexano. Finalmente, las micropartículas se calcinaron a 550 °C durante 4 h.

Se determinó la morfología y el diámetro medio de las partículas por microscopía óptica y microscopía electrónica de barrido (SEM). Además, se evaluó la carga superficial de los sistemas mediante el análisis de potencial Z. Para ello, se dispersaron las nanopartículas en agua, se inyectaron en una celda capilar plegada y se determinó el potencial Z por dispersión de luz electroforética midiendo la velocidad y la dirección de las partículas bajo un campo eléctrico. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

Eficiencia de encapsulación y ensayos de liberación de atrazina

Para la encapsulación de la atrazina, 30 mg de partículas (MSN, M-MSN y M-NP) fueron suspendidas en 5 mL de una solución saturada de atrazina en metanol (6,0 mg/mL). La mezcla se mantuvo bajo agitación durante 24 h y posteriormente se eliminó el solvente. Luego, se agregó etanol a fin de evaluar la atrazina encapsulada en los sistemas.

La cuantificación de la atrazina se llevó a cabo mediante HPLC utilizando un cromatógrafo HPLC-UV/Visible equipado con una columna C18 (tamaño de partícula de 5 μm) y un detector UV-vis. El tiempo de retención de la atrazina fue 5,32 min. La fase móvil empleada fue una mezcla de acetonitrilo/agua (70:30 v/v) acidificada con ácido acético con un caudal de 1 mL min^{-1} . La temperatura de la columna y la longitud de onda de detección fueron 25 °C y 221 nm, respectivamente. Para la calibración se utilizaron estándares de atrazina de 1, 5, 30, 60 y 100 mg mL^{-1} . El límite de detección (0,3 mg mL^{-1}) y el límite de cuantificación (1 mg mL^{-1}) fueron determinados de acuerdo con Miller y Miller (Miller & Miller, 2010).

Para los ensayos de liberación, aproximadamente 4 mg de atrazina contenidos en los diferentes sistemas particulados fueron dispersados en 25 mL de agua ultrapura e incubados a 25 °C. Se tomaron 2 mL de muestra a diferentes intervalos de tiempo y fueron renovados con medio fresco. Los ensayos fueron llevados a cabo por duplicado.

Ensayo de fitotoxicidad

Los ensayos de fitotoxicidad fueron realizados siguiendo el ensayo de toxicidad aguda propuesto por la norma IRAM 29.114 con modificaciones menores. Para tal fin, se colocó un disco de papel de filtro en una placa de Petri. Luego, se agregaron 4 mL de una solución acuosa de 50 ppm de atrazina libre o encapsulada en MSN o M-MSN. Posteriormente, se colocaron en cada placa 20 semillas de *Lactuca sativa*. Se utilizó agua destilada como control. Finalmente, las placas se incubaron a 24 °C y luego de 3 días se midió el largo de las raíces de las semillas germinadas y se determinó el índice de elongación de la raíz (RE) con la ecuación (1). Se usó agua destilada como control.

$$RE = (RL - RL_c) / RL_c \quad (1)$$

donde RL y RL_c son la longitud promedio de la raíz de la muestra estudiada y del control, respectivamente.

Resultados y discusión

En la Tabla 1, se presentan el tamaño medio y potencial Z de los sistemas particulados.

	Díámetro	Potencial Z
NP	192 ± 17 nm	-49,90 (±1,50)
MSN	304 ± 35 nm	-36,20 (±1,15)
M-MSN	158 ± 25 μm	-
M-NP	147 ± 32 μm	-

Tabla 1. Díámetro y potencial de superficie de las partículas de sílice.

El tamaño medio de las MSN es superior al de las NP. El potencial Z de las NP indica una mayor carga negativa superficial respecto a las partículas mesoporosas, lo cual puede atribuirse a mayor condensación de los grupos silanoles a siloxanos durante la calcinación durante la preparación de las MSN (Brahmkhatri & Patel, 2012). La Figura 1 muestra la morfología de las micropartículas conformadas por NP y MSN. En estas últimas, se observa una mayor porosidad de las micropartículas y menor área superficial. En ambos casos se observa una geometría esférica con un diámetro de aproximadamente 150 μm (Tabla 1).

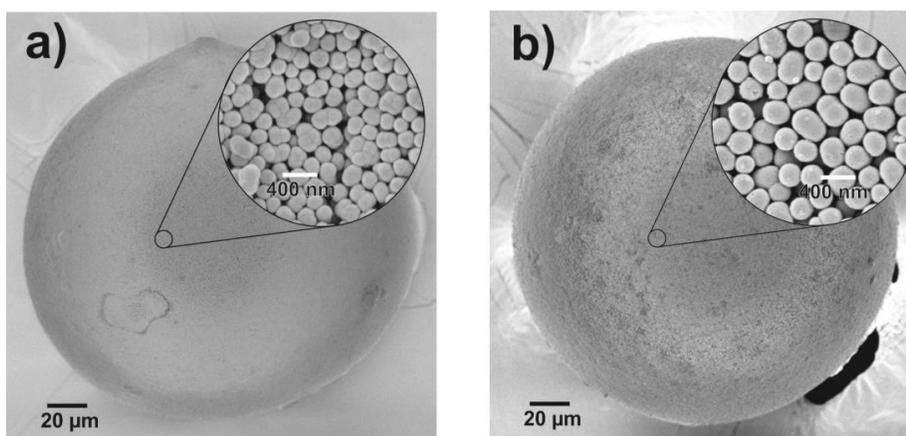


Figura 1. Micrografía de las micropartículas M-NP (a) y M-MSN (b).

La eficiencia de encapsulación de las partículas estudiadas se muestra en la Tabla 2. Como era de esperar las MSN presentaron una mayor eficiencia de encapsulación en comparación con las micropartículas debido a las menores limitaciones difusivas. Por otra parte, los valores de eficiencias de las micropartículas son consecuencia de efectos contrapuestos de las características morfológicas y superficiales. La mayor porosidad de las M-MSN favorece la accesibilidad del principio activo y

por lo tanto el grado de encapsulación, pero su menor área superficial y la menor carga superficial de las MSN desfavorecen la interacción del principio activo con la sílice.

	Eficiencia de encapsulación (mg/100 mg partícula)
MSN	5,41 ($\pm 0,53$)
M-MSN	3,21 ($\pm 0,28$)
M-NP	3,42 ($\pm 0,84$)

Tabla 2. Eficiencia de encapsulación de atrazina.

Los ensayos de liberación de atrazina mostraron diferencias entre los 3 sistemas estudiados (Figura 2). Las MSN y M-MSN mostraron una liberación sostenida luego de 24 h. Las MSN presentaron un mayor porcentaje de herbicida liberado que las M-MSN (aproximadamente 70% vs. 50% respectivamente), debido a las mayores limitaciones a la transferencia de materia presentes en las micropartículas. Por otro lado, en los ensayos con las M-NPs, el porcentaje final liberado en los tiempos estudiados es menor como consecuencia de los efectos difusivos y de las mayores interacciones superficiales presentes en estas partículas.

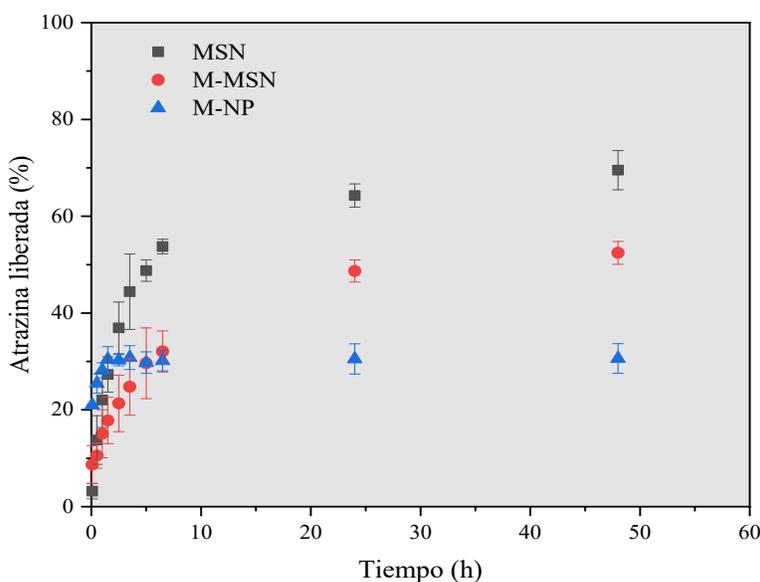


Figura 2. Perfiles de liberación de atrazina

	RE
MSN	-0,086
M-MSN	-0,613
Atrazina libre	-0,616

Tabla 3. RE de la atrazina libre y encapsulada

El parámetro RE brinda información sobre la fitotoxicidad de un compuesto en comparación con un control. Este índice puede tomar valores comprendidos desde -1 hasta mayores que 0, y con el aumento de RE disminuye la fitotoxicidad del sistema evaluado (Bagur-González *et al.*, 2011). Los resultados obtenidos para este ensayo (Tabla 3) evidencian que las MSN no presentan fitotoxicidad.

Conclusiones

Se sintetizaron y caracterizaron nanopartículas de sílice no porosas y mesoporosas, y micropartículas basadas en estas nanopartículas. Se estudió el encapsulamiento y la liberación controlada de atrazina encapsulada en los diferentes sistemas particulados. Además, se ensayó la fitotoxicidad de los sistemas desarrollados en *Lactuca sativa*. Se observó que las MSN

presentaron una liberación sostenida del principio activo durante aproximadamente 24 h y una fitotoxicidad inferior a la del herbicida libre.

Referencias

- Bagur-González, M. G., Estepa-Molina, C., Martín-Peinado, F., & Morales-Ruano, S. (2011). Toxicity assessment using *Lactuca sativa* L. bioassay of the metal(loid)s As, Cu, Mn, Pb and Zn in soluble-in-water saturated soil extracts from an abandoned mining site. *Journal of Soils and Sediments*, *11*(2), 281–289. <https://doi.org/10.1007/s11368-010-0285-4>
- Brahmkhatri, V., & Patel, A. (2012). An efficient green catalyst comprising 12-tungstophosphoric acid and MCM-41: Synthesis characterization and diesterification of succinic acid, a potential bio-platform molecule. *Green Chemistry Letters and Reviews*, *5*(2), 161–171. <https://doi.org/10.1080/17518253.2011.607471>
- Feng, J., Chen, W., Shen, Y., Chen, Q., Yang, J., Zhang, M., Yang, W., & Yuan, S. (2020). Fabrication of abamectin-loaded mesoporous silica nanoparticles by emulsion-solvent evaporation to improve photolysis stability and extend insecticidal activity. *Nanotechnology*, *31*(34), 345705. <https://doi.org/10.1088/1361-6528/ab91f0>
- Grillo, R., Pereira, A. do E. S., de Melo, N. F. S., Porto, R. M., Feitosa, L. O., Tonello, P. S., Filho, N. L. D., Rosa, A. H., Lima, R., & Fraceto, L. F. (2011). Controlled release system for ametryn using polymer microspheres: Preparation, characterization and release kinetics in water. *Journal of Hazardous Materials*, *186*(2–3), 1645–1651. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2010.12.044>
- Kadhem, A., Xiang, S., Nagel, S., Lin, C.-H., & Fidalgo de Cortalezzi, M. (2018). Photonic Molecularly Imprinted Polymer Film for the Detection of Testosterone in Aqueous Samples. *Polymers*, *10*(4), 349. <https://doi.org/10.3390/polym10040349>
- Miller, J. N., & Miller, J. C. (2010). *Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry Sixth edition* (6th ed.). Pearson.
- Murguía, J. R., Mas, N., Galiana, I., Hurtado, S., Mondragon, L., Bernardos, A., Sancenon, F., Amoros, P., Abril-Utrillas, N., Marcos, D., & Martínez-Manez, R. (2014). Enhanced antifungal efficacy of tebuconazole using gated pH-driven mesoporous nanoparticles. *International Journal of Nanomedicine*, *9*(1), 2597. <https://doi.org/10.2147/IJN.S59654>
- Popat, A., Liu, J., Hu, Q., Kennedy, M., Peters, B., Lu, G. Q. (Max), & Qiao, S. Z. (2012). Adsorption and release of biocides with mesoporous silica nanoparticles. *Nanoscale*, *4*(3), 970–975. <https://doi.org/10.1039/C2NR11691J>
- Taverna, M. E., Busatto, C. A., Lescano, M. R., Nicolau, V. V., Zalazar, C. S., Meira, G. R., & Estenoz, D. A. (2018). Microparticles based on ionic and organosolv lignins for the controlled release of atrazine. *Journal of Hazardous Materials*, *359*(February), 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.07.010>
- Wanyika, H. (2013). Sustained release of fungicide metalaxyl by mesoporous silica nanospheres. *Nanotechnology for Sustainable Development, First Edition*, 321–329. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05041-6_25

Proceso para la Hidroximetilación de Lignina Kraft de Eucalipto: Diseño y Optimización

Eucalyptus Kraft Lignin Hydroxymethylation Process: Design and Optimization

Micaela B. Peralta

GPol, Departamento de Ingeniería Química, Facultad Regional San Francisco, Universidad Tecnológica Nacional – Argentina
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) – Argentina
micaelaperalta25@gmail.com

Verónica V. Nicolau

GPol, Departamento de Ingeniería Química, Facultad Regional San Francisco, Universidad Tecnológica Nacional – Argentina
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) – Argentina
vnicolau@sanfrancisco.utn.edu.ar

Resumen

Las ligninas Kraft son polímeros naturales polifenólicos (renovables y económicos) que tienen potencial aplicación como sustituto parcial de fenol (derivado del petróleo, tóxico y costoso) en las resinas de fenol-formaldehído. Sin embargo, la baja reactividad y solubilidad de la lignina limitan esta aplicación.

El trabajo experimental involucró el diseño y optimización del proceso de hidroximetilación de una lignina Kraft de eucalipto a fin de favorecer su disolución e incrementar su reactividad. Se estudiaron variables tales como pH, temperatura y orden de acondicionamiento de los reactivos. Las condiciones que maximizaron la disolución de la lignina para una relación en peso formaldehído/lignina = 1 fueron: adición de la solución formaldehído 37%, ajuste de la solución de formaldehído a pH 11, adición de la lignina en polvo, y calentamiento a 70 °C durante una hora. En estas condiciones, la conversión final de formaldehído fue del 35% (91,5% por reacción con la lignina y 8,5% en la reacción lateral de Cannizaro).

Palabras clave: Lignina, hidroximetilación, solubilidad

Abstract

Kraft (renewable and inexpensive) lignins are natural polyphenolic polymers that have potential application as a partial substitute for (toxic, expensive, and petroleum-based) phenol in phenol-formaldehyde resins. Unfortunately, the low reactivity and solubility of lignin limit this application.

The experimental work involved the design and optimization of the hydroxymethylation process of a Kraft eucalyptus lignin to favor dissolution and increase lignin reactivity. Variables such as pH, temperature, and order of conditioning of reagents were studied. The conditions that maximized lignin dissolution for a weight ratio formaldehyde/lignin = 1 were: addition of the 37% formaldehyde solution, adjustment of the formaldehyde solution to pH 11, addition of the powder lignin, and heating up to 70 °C for one hour. Under these conditions, the final formaldehyde conversion was 35% (91,5% by reaction with lignin and 8,5% in the Cannizaro side reaction).

Keywords: Lignin, hydroxymethylation, solubility

Introducción

La lignina (L) es el segundo polímero natural más abundante después de la celulosa y constituye aproximadamente el 25% del peso y el 40% del contenido energético de la biomasa lignocelulósica (C. Gao et al., 2021). Además, la L es el polímero fenólico natural (no tóxico y renovable) más importante (Q. Yan et al., 2021) siendo la fracción de la biomasa menos utilizada. El uso de Ls en la producción de compuestos de mayor valor agregado representa un elemento crucial en el desarrollo y la aplicación de una biorrefinería sostenible basada en biomasa lignocelulósica (Pang et al., 2017).

Los posibles usos de la L en aplicaciones de alto valor agregado incluyen aditivos de cemento, biocombustible, BTX (benceno, tolueno, xilenos), síntesis de vainillina, fibras de carbono, y otros materiales. Sin embargo, estas aplicaciones están restringidas debido a la estructura compleja y no uniforme de la L, la reactividad incierta y la presencia de impurezas. Es por ello, que sólo una pequeña fracción ($\leq 2\%$) se utiliza en la producción de materiales de mayor valor agregado (Upton and Kasko, 2016).

En la actualidad, la L se obtiene principalmente como “residuo” en la producción de papel y biocombustibles (Lange et al., 2013), con una producción anual de más de 70 millones de toneladas en todo el mundo (Q. Yan et al., 2021). Existen básicamente tres tipos de Ls comerciales obtenidas de la industria de pasta de celulosa: Soda (proceso libre de azufre), Kraft y lignosulfonatos (procesos que emplean reactivos azufrados) (Laurichesse and Avérous, 2014).

El proceso de pulpado Kraft es el más extendido para la fabricación de pasta de celulosa en todo el mundo, con un 85% del mercado y una producción anual de más de 50 millones de toneladas de L Kraft (Tribot et al., 2019). La L Kraft tiene varias propiedades atractivas para ser utilizada como adhesivo, por ejemplo, alta hidrofobicidad, baja temperatura de transición vítrea, baja polidispersidad y alta funcionalidad (Xu and Ferdosian, 2017).

La reducción de fenol (P) en la síntesis de resinas de fenol-formaldehído (P-F) es de gran interés tecnológico y académico debido a las implicaciones económicas y ambientales asociadas al empleo de esta materia prima. En la actualidad, las industrias de resinas fenólicas están realizando esfuerzos para sustituir al menos parcialmente el P por compuestos fenólicos provenientes de recursos naturales como la L por la similitud estructural entre este polímero natural de carácter fenólico y las resinas de P-F. Las resinas de P-F del tipo resol se obtienen por reacción entre el P y el F en condiciones alcalinas para $F/P > 1$.

La baja reactividad de la L y lignosulfonatos en comparación al P limitan su reemplazo. Además, otro inconveniente que presentan las Ls del tipo Kraft es su baja solubilidad en la solución acuosa de F.

La disolución o solubilidad de la L en agua desempeña un papel fundamental en aplicaciones industriales, y la comprensión del proceso de disolución permite optimizar las condiciones de diseño y procesamiento, así como la selección de un disolvente adecuado (Miller-Chou and Koenig, 2003). Hasta donde los autores conocen, no existen en la literatura estudios de solubilidad de Ls en soluciones acuosas de F.

Por otra parte, se han desarrollado algunos métodos de pretratamiento para mejorar la reactividad de la L, como la hidroximetilación (metilolación), la desmetilación, la fenolación y la sulfonación (Thébault et al., 2020). Estos métodos de modificación aumentan el número de sitios reactivos potenciales de la L y su tasa de sustitución para la preparación de resinas (Xu and Ferdosian, 2017). Entre ellos, la hidroximetilación es el método de activación más utilizado en condiciones alcalinas (Taverna et al., 2019) y se basa en la incorporación de grupos hidroximetilo ($-\text{CH}_2\text{OH}$) por reacción de Lederer-Manasse. Además, el F puede reaccionar con los grupos hidroxilo alifáticos y aromáticos de la L (Bairami Habashi and Abdollahi, 2020). A $\text{pH} > 10$ tiene lugar la reacción indeseable de Cannizaro donde el F sufre desprotonación con generación de metanol y ácido fórmico (Hu et al., 2011).

En este trabajo se estudia el efecto de la temperatura y pH en la disolución y reactividad de la L con el F en condiciones diluidas y concentradas. Además, se estudia el efecto del orden de acondicionamiento de los reactivos en condiciones concentradas. Se emplearon técnicas gravimétricas y espectroscópicas para la caracterización de la L y técnicas volumétricas para el seguimiento del F durante las hidroximetilaciones.

Desarrollo

Materiales

Para las reacciones de hidroximetilación se emplearon las siguientes materias primas industriales: Lignina Ligseal101 (Lote:10168, Brasil, Suzano) y formol 37% (Arauco). Además, se empleó hidróxido de sodio en perlas (Unipar) para la preparación de una solución de hidróxido de sodio 34% m/v. Los reactivos químicos utilizados en la caracterización de Ls fueron: hidróxido de sodio 0,1 N y 1 N (Anedra), solución de ácido clorhídrico 0,1 N y 1 N (Cicarelli), dioxano (Cicarelli), tetraborato decahidrato de sodio (Anedra) y fosfato de potasio monobásico (Anedra). Además, se prepararon soluciones tampón pH 6, mezclando 495 mL de una solución de fosfato de potasio monobásico 0,2 N y 113 mL de NaOH 0,1 N y completando con

agua destilada hasta 2 L; solución tampón pH 12, preparada mezclando 40 mL de una solución de tetraborato de sodio 0,1 N con 60 mL de NaOH 0,1 N; y solución de hidróxido de sodio 0,2 N preparada a partir de hidróxido de sodio en perlas (Cicarelli). Para el seguimiento del F se empleó una solución de sulfito de sodio 1 M y solución de clorhidrato de hidroxilamina 10% preparadas a partir de sulfito de sodio (Cicarelli) y clorhidrato de hidroxilamina (Cicarelli), respectivamente.

Caracterización de la L

Para la determinación de humedad y cenizas se emplearon técnicas gravimétricas (Zakis, 1994). La pureza se calculó a partir de la siguiente expresión:

$$\%Pureza = 100\% - \%Humedad - \%Cenizas \text{ (base seca)} \quad (1)$$

Para la medición del pH de una solución 5% m/v de L en agua a 25 °C se empleó un pHmetro marca HANNA modelo 8424. El contenido de grupos hidroxilo aromáticos (Fig. 1) se determinó mediante espectroscopía UV-vis diferencial (Zakis, 1994). Se pesaron aproximadamente 15 mg de L en un matraz de 10 mil y se enrasaron con dioxano. A continuación, se transfirieron 2 mL de la solución a tres matraces de 50 mL y se enrasó cada uno de ellos con una solución tampón pH 6, una solución tampón pH 12 y una solución de NaOH 0,2 N. Para las mediciones se utilizó un espectrofotómetro UV-Vis Perkin Elmer modelo Lambda 25, utilizando la solución de L a pH 6 como solución de referencia. Se midieron las absorbancias de la L disuelta en la solución de NaOH 0,2 N y en la solución tampón pH 12 a 300 nm y a 360 nm.

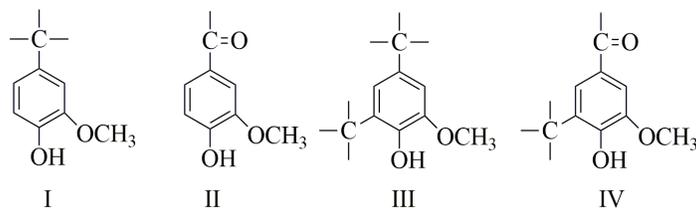


Figura 1. Restos aromáticos presentes en la L.

La reactividad de la L hacia el F viene dada por las estructuras I y II que poseen posiciones *orto* libres (restos Guayacilo, G). Las estructuras III y IV poseen ambas posiciones *orto* sustituidas (restos Siringilo, S).

Estudio de la solubilidad de la L en agua y en solución acuosa de F 37%

Se determinó la solubilidad instantánea de la L en agua y en una solución de F 37% a 23 °C, 50 °C, y 70 °C, y pHs 4, 9 y 11. Se pesaron 5 g de L (A) en 100 g de solvente (C) acondicionado a la temperatura y pH del ensayo. Se empleó un sistema cerrado a fin de evitar pérdidas por vaporización. Para el ajuste de pH se empleó una solución de NaOH 0,1 N y 1 N. Se agitó rápidamente con varilla de vidrio y se filtró en embudo de vidrio con papel de filtro Filtrak (80 g/m², d=125 mm). El residuo se secó en estufa a 105 °C hasta peso constante (B). La solubilidad expresada como g de L/100 g de solvente se obtuvo a partir de la siguiente expresión:

$$Solubilidad \left(\frac{g L}{100 g \text{ solvente}} \right) = \left(\frac{A \times \left(1 - \frac{\%Humedad}{100} \right) - B}{C} \right) \times 100 \quad (2)$$

Hidroximetilación de la L

El diseño experimental involucró el estudio del proceso de hidroximetilación de la L en condiciones diluidas y concentradas. Las condiciones diluidas se emplearon con el objeto de evitar reacciones laterales indeseables del F, y las condiciones concentradas a fin de emular el procesamiento industrial. Además, se llevó a cabo una reacción sin L a fin de estudiar el efecto de la reacción de Cannizaro. Las condiciones de reacción se muestran en la Tabla 1.

En condiciones diluidas, la reacción se llevó a cabo en un balón de tres bocas de 500 mL equipado con termómetro de mercurio, refrigerante, y una placa calefactora con agitación magnética. Se empleó una relación en peso F/L = 0,1 con una concentración inicial $[F]^{\circ} = 0,66 \text{ mol/L}$ y una concentración inicial $[G]^{\circ} = 0,18 \text{ mol/L}$. Para el ajuste de pH se emplearon soluciones de NaOH 0,1 N y 1 N. La temperatura de reacción se mantuvo durante 4 h.

En condiciones concentradas, la reacción se llevó a cabo en un balón de tres bocas de 500 mL equipado con termómetro de mercurio, refrigerante, y agitador mecánico a fin de mejorar la baja eficiencia de la agitación magnética observada en estas

condiciones. Se empleó una relación en peso $F/L = 1$ con $[F]^\circ = 9,36 \text{ mol/L}$ y $[G]^\circ = 0,27 \text{ mol/L}$. Para el ajuste de pH se empleó una solución de NaOH 34% m/v. El calentamiento se realizó con mechero con el objeto de incrementar la temperatura desde la temperatura ambiente a la temperatura de reacción a $3 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ la cual se mantuvo por una hora.

Tabla 1 – Hidroximetilación de la L: Condiciones de procesamiento.

	Condiciones de síntesis			Observaciones
	$T \text{ (}^\circ\text{C)}$	pH	$t \text{ (min)}$	
Diluida ($F/L = 0,1$) ^a	50	9	240	Formación de grumos (Fig. 3 a)
	70	9	240	Disolución
Concentrada ($F/L = 1$) ^b	70	9	30	Formación de grumos
	70	11	30	Formación de gel viscoso (Fig. 3 b)
Concentrada ($F/L = 1$) ^c	50	11	60	Formación de grumos
	70	9	60	Formación de gel muy viscoso con grumos (Fig. 3 c)
	70	11	60	Disolución

^a Se adiciona el agua, se adiciona la L, se calienta hasta alcanzar la temperatura de reacción, se adiciona el formol 37%, y se ajusta el pH;

^b Se adiciona el formol 37%, se ajusta el pH, se calienta hasta alcanzar la temperatura de reacción, y se adiciona la L;

^c Se adiciona el formol 37%, se ajusta el pH, se agrega la L, y se calienta hasta alcanzar la temperatura de reacción.

Para la reacción de Cannizaro se empleó el equipamiento y metodología descrita para las condiciones concentradas.

Para el monitoreo de las hidroximetilaciones se midió el F empleando el método del clorhidrato de hidroxilamina (ISO 11402:2004). Además, para la reacción de Cannizaro se empleó el método del sulfito (ISO 9020:1994).

Resultados

Los resultados de caracterización de la L se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 - Caracterización de L Kraft de eucalipto.

%Humedad	4,7		G	1,6
%Cenizas	2,3	OH aromáticos (% m/m)	S	2,8
%Pureza	93		G/S	0,58
pH (solución 5% m/v)	4,9		TOTAL	4,4

La L Kraft proveniente de madera dura exhibió una relación $G/S < 1$ en concordancia con datos provistos por el proveedor. Los resultados del estudio de solubilidad de la L en agua y en formol 37% se muestran en la Fig. 2.

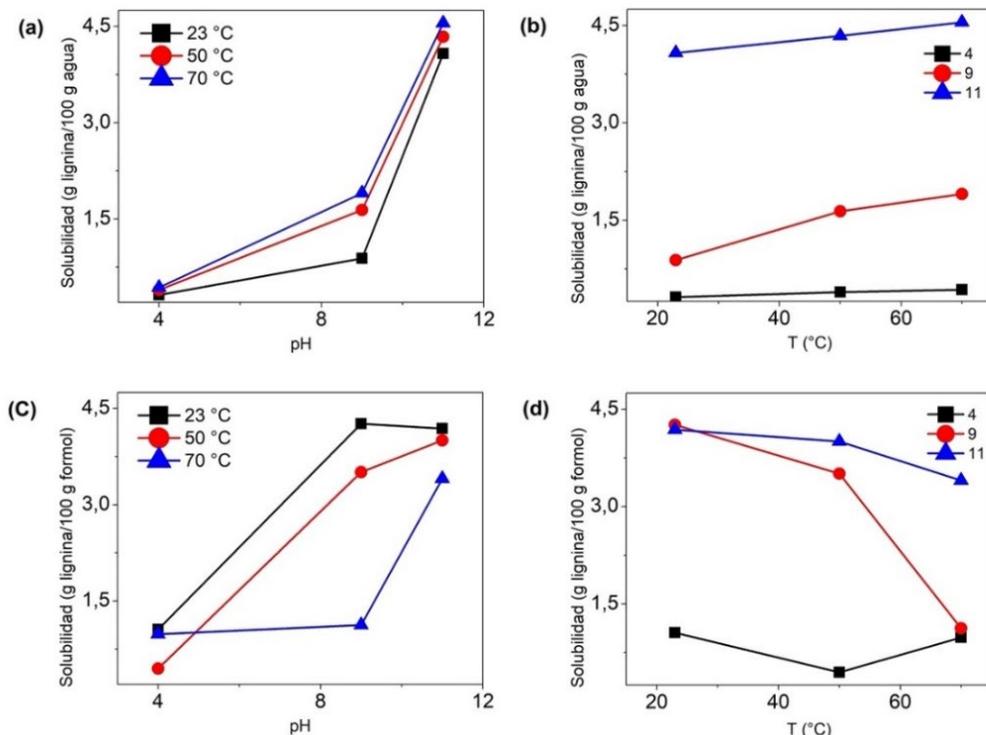


Figura 2. Solubilidad de la L: en agua (a y b), y en formol 37% (c y d).

La solubilidad de la L en agua exhibió un incremento exponencial con el pH [Fig. 2 (a)] y un incremento lineal con la temperatura [Fig. 2 (b)] siendo casi despreciable a pH 4. La máxima solubilidad de la L se observó a pH 11 y 70 °C (4,55 g L/100 g agua).

Por el contrario, la solubilidad de la L en formol 37% disminuyó con la temperatura [Fig. 2 (d)]. Estos resultados se atribuyen al estado gaseoso del F cuyas moléculas, con el incremento de su energía cinética, tienden a escapar de la mezcla reduciendo así su capacidad de disolución. La solubilidad de la L resultó superior a pH 11 en comparación a pH 4 y fue máxima a pH 9 y 23 °C (4,26 g L/100 g formol).

En la Tabla 1 y Fig. 3 se muestran los resultados de las hidroximetilaciones llevadas a cabo en condiciones diluidas y concentradas. En condiciones diluidas a pH 9 se observó disolución de la L a 70 °C y presencia de grumos a 50 °C. Estos resultados coinciden con los correspondientes a la solubilidad de la L en agua, siendo 13,9% menor a 50 °C en comparación a 70 °C [Fig. 2 (b)].

En condiciones concentradas, primero se ajustó el pH del formol 37% y luego se adicionó la L con y sin calentamiento previo del formol 37%. El calentamiento previo de la solución de F 37% tuvo un efecto negativo en la disolución de la L en concordancia con lo observado en el ensayo de solubilidad [Fig. 2 (c)]. El calentamiento posterior a la adición de L favoreció su completa disolución a 70 °C y pH 11. A temperatura o pH menor, 50 °C a pH 11 y 70 °C a pH 9 la L la disolución fue incompleta.

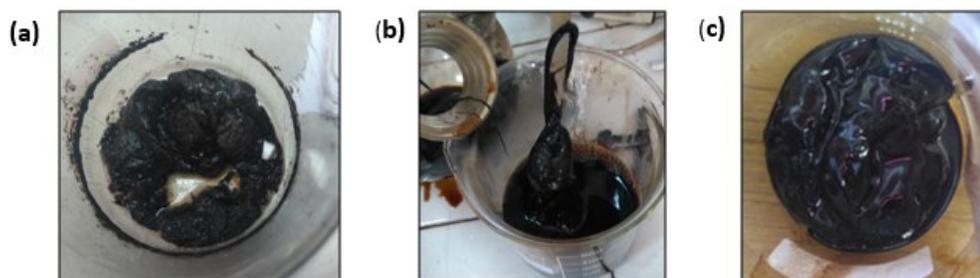


Figura 3. (a) Formación de grumos, (b) Formación de gel viscoso, y (c) Formación de gel muy viscoso con grumos.

En la Fig. 4 (a) y (b) se muestran las mediciones de F para las condiciones optimizadas (diluidas y concentradas) y en la Fig. 4 (c) los resultados del experimento sin L. La reacción de hidroximetilación en condiciones concentradas se llevó a cabo por duplicado [Fig. 4 (b)] con buena reproducibilidad del experimento [Error cuadrático medio (ECM) < 1] y conversión final de F = 35% para ambas reacciones. Nótese que las mediciones a tiempo cero corresponden al momento en que la mezcla alcanzó la temperatura de reacción. De modo similar, no se observaron diferencias significativas en las mediciones de F empleando la técnica del clorhidrato de hidroxilamina y el método del sulfito [Fig. 4 (c)].

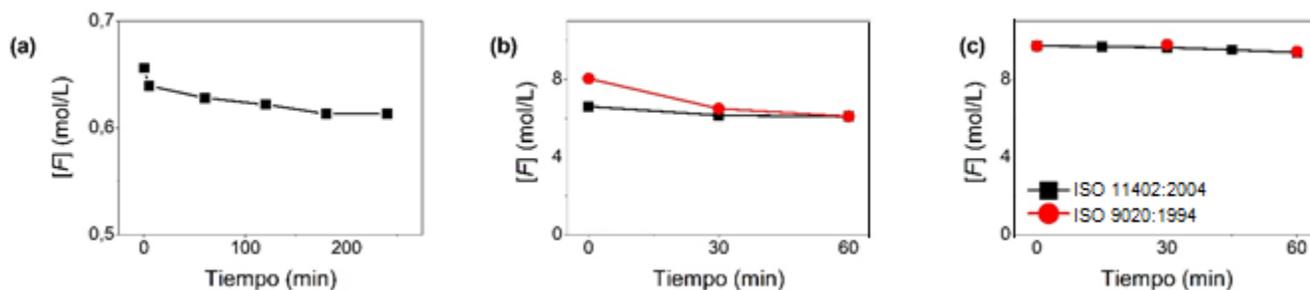


Figura 4. Evoluciones temporales de [F]: (a) Condiciones diluidas (F/L = 0,1, pH 9 y 70 °C), (b) Condiciones concentradas (F/L = 1, pH 11 y 70 °C). Error cuadrático medio = 0,6 (experimento por duplicado), y (c) Cannizaro.

Para las condiciones diluidas la conversión final de F fue del 6,6% [Fig. 4 (a)] y 76,3% de G quedaron sin reaccionar asumiendo despreciables las reacciones laterales de Cannizaro y de los grupos hidroxilo alifáticos y aromáticos de la L. El 60% del F reaccionó durante la primera hora adoptándose este tiempo de reacción para las hidroximetilaciones en condiciones concentradas.

La conversión final de F en los experimentos en condiciones concentradas fue del 35% [Fig. 4 (b)] mientras que para el experimento sin L fue del 2,9% [Fig. 4 (c)]. Los resultados sugieren que, en condiciones concentradas, 8,25% del F reacciona con los restos G, 8,55% es consumido por Cannizaro y 83,2% reacciona con otros grupos de la L tales como los grupos hidroxilo. En una etapa posterior de síntesis de resoles, el exceso de F reaccionará con el P.

Conclusiones

Con el manejo adecuado de las condiciones de procesamiento es posible maximizar la disolución de una L Kraft de eucalipto en una solución de formaldehído 37% para su hidroximetilación y potencial uso como reemplazo de P en la síntesis de resoles.

El proceso óptimo de hidroximetilación de L por reacción con una solución de F 37% involucró las siguientes etapas: adición de la solución de formaldehído 37%, ajuste de la solución de formaldehído a pH 11 con solución de NaOH 34% m/v, adición de la L en polvo, y posterior calentamiento a 70 °C durante una hora. La conversión final de F fue del 35% con un consumo del 8,55% por Cannizaro, del 8,25% por reacción con los restos G, y del 83,2% por otras reacciones con la L.

En trabajos futuros se estudiarán las reacciones de los grupos hidroxilo (alifáticos y aromáticos) de la L en la hidroximetilación y su efecto en la síntesis de resoles. Por otra parte, se diseñarán y optimizarán las condiciones de síntesis de resoles y la obtención de laminados de alta presión por reemplazos entre el 30 y 50% de P por L.

Referencias

- Bairami Habashi, R., & Abdollahi, M. (2020). Hydroxymethylation followed by α -bromoisobutyrylation as an effective and precise method for characterization of functional groups of hydroxymethylated lignin. *Wood Science and Technology*, 54(3), 615–636. <https://doi.org/10.1007/s00226-020-01176-3>
- Gao, C., Li, M., Zhu, C., Hu, Y., Shen, T., Li, M., ... Zhuang, W. (2021). One-pot depolymerization, demethylation and phenolation of lignin catalyzed by HBr under microwave irradiation for phenolic foam preparation. *Composites Part B: Engineering*, 205, 108530. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.108530>

- Hu, L., Pan, H., Zhou, Y., & Zhang, M. (2011). Methods to improve lignin's reactivity as a phenol substitute and as replacement for other phenolic compounds: A brief review. *BioResources*, 6(3), 3515–3525. <https://doi.org/10.15376/biores.6.3.3515-3525>
- ISO 11402:2004. Phenolic, amino and condensation resins — Determination of free-formaldehyde content (2004).
- ISO 9020:1994. Binders for paints and varnishes — Determination of free-formaldehyde content of amino resins — Sodium sulfite titrimetric method (1994).
- Lange, H., Decina, S., & Crestini, C. (2013). Oxidative upgrade of lignin - Recent routes reviewed. *European Polymer Journal*, 49(6), 1151–1173. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2013.03.002>
- Laurichesse, S., & Avérous, L. (2014). Chemical modification of lignins: Towards biobased polymers. *Progress in Polymer Science*, 39(7), 1266–1290. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2013.11.004>
- Miller-Chou, B. A., & Koenig, J. L. (2003). A review of polymer dissolution. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 28(8), 1223–1270. [https://doi.org/10.1016/S0079-6700\(03\)00045-5](https://doi.org/10.1016/S0079-6700(03)00045-5)
- Pang, B., Yang, S., Fang, W., Yuan, T. Q., Argyropoulos, D. S., & Sun, R. C. (2017). Structure-property relationships for technical lignins for the production of lignin-phenol-formaldehyde resins. *Industrial Crops and Products*, 108(July), 316–326. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.07.009>
- Taverna, M. E., Felissia, F., Area, M. C., Estenoz, D. A., & Nicolau, V. V. (2019). Hydroxymethylation of technical lignins from South American sources with potential use in phenolic resins. *Journal of Applied Polymer Science*, 136(26), 1–12. <https://doi.org/10.1002/app.47712>
- Thébault, M., Kutuzova, L., Jury, S., Eicher, I., Zikulnig-Rusch, E. M., & Kandelbauer, A. (2020). Effect of phenolation, lignin-type and degree of substitution on the properties of lignin-modified phenol-formaldehyde impregnation resins: Molecular weight distribution, wetting behavior, rheological properties and thermal curing profiles. *Journal of Renewable Materials*, 8(6), 603–630. <https://doi.org/10.32604/jrm.2020.09616>
- Tribot A, Amer G, Abdou Alio M, de Baynast H, Delattre C, Pons A, et al. Wood-lignin: supply, extraction processes and use as bio-based material. *Eur Polym J* 2019. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2019.01.007>
- Upton, B. M., & Kasko, A. M. (2016). Strategies for the conversion of lignin to high-value polymeric materials: Review and perspective. *Chemical Reviews*, 116(4), 2275–2306. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.5b00345>
- Xu, C., & Ferdosian, F. (2017). Conversion of Lignin into Bio-Based Chemicals and Materials. https://doi.org/10.1007/978-3-662-54959-9_1
- Yan, Q., Arango, R., Li, J., & Cai, Z. (2021). Fabrication and characterization of carbon foams using 100% Kraft lignin. *Materials and Design*, 201, 109460. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2021.109460>
- Zakis, G. (1994). *A Functional Analysis of Lignins and Their Derivates*. Tappi, 94.

Producción de biodiesel a partir de diferentes aceites utilizando un catalizador mesoporoso bimetálico

Production of biodiesel from different oils using a bimetallic mesoporous catalyst

Edgar M. Sánchez Faba

Centro de Investigación y Tecnología Química (CITeQ-CONICET-UTN), Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina.
esanchez@frc.utn.edu.ar

Gabriel O. Ferrero

Centro de Investigación y Tecnología Química (CITeQ-CONICET-UTN), Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina.
gferrero@frc.utn.edu.ar

Griselda A. Eimer

Centro de Investigación y Tecnología Química (CITeQ-CONICET-UTN), Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional - Argentina.
geimer@frc.utn.edu.ar

Resumen

Con el fin de competir con la producción de biodiesel vía catálisis homogénea, que es el método más difundido y utilizado actualmente a nivel industrial, se desarrolló un catalizador sólido bimetálico con alta superficie expuesta, alta basicidad y reutilizable a lo largo de varios ciclos de reacción. El catalizador se preparó por el método de impregnación en húmedo dopando la sílice mesoporosa SBA-15 con un 5% en peso de sodio y un 20% en peso de cerio. Tras estudiar las propiedades texturales y fisicoquímicas de los materiales, la actividad del catalizador sintetizado fue evaluada en la transesterificación de diferentes aceites con metanol absoluto para producir biodiesel. Asimismo, se evaluó la reutilización del material en cuatro ciclos adicionales de reacción y la heterogeneidad de la misma se comprobó mediante la prueba de filtrado en caliente.

Palabras clave: biodiesel, materiales mesoporosos, catálisis heterogénea alcalina, catalizador bimetálico

Abstract

With the purpose to compete with the homogeneous catalytic biodiesel production, which is the most widespread and currently used method, a bimetallic-solid catalyst with high exposed surface, high basicity, and reusable throughout several reaction cycles was developed. The catalyst was prepared by the wet impregnation method, doping mesoporous silica SBA-15 with a 5% by weight of sodium and 20% by weight of cerium. After studying the textural and physicochemical properties of the materials, the activity of the synthesized catalyst was

evaluated in the transesterification of different oils with absolute methanol to produce biodiesel. In addition, the reusability of the material was evaluated in four additional reaction cycles and its heterogeneity was verified by means of the hot-filtration test.

Keywords: biodiesel, mesoporous materials, alkaline heterogenous catalysis, bimetallic catalyst

Introducción

Los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME por sus siglas en inglés), mejor conocidos como biodiesel, funcionan como buenos sustitutos del diesel de petróleo. Debido a las propiedades similares con estos últimos, el biodiesel se puede usar directamente en motores diesel (B100) o en mezclas adecuadas. En Argentina, la tasa de corte obligatoria instaurada por el nuevo Marco Regulatorio de Biocombustibles (Ley 27640) establece que el combustible diesel comercializado debe mezclarse con un 5% en peso de biodiesel (B5). Este biocombustible se produce mediante una reacción de transesterificación entre los triglicéridos de la materia prima lipídica (aceites vegetales o grasas animales) y un alcohol de cadena corta, en presencia de un catalizador. El objetivo principal de este proceso es reducir la viscosidad y densidad de los aceites y grasas de partida, convirtiendo los triglicéridos en moléculas más pequeñas. De esta manera, se evita la atomización deficiente en las cámaras de combustión y la generación de depósitos en varias partes del motor que produciría el empleo directo de los aceites y las grasas, que, entre otros factores como sus costos más altos en relación con los combustibles derivados del petróleo, limitó en el pasado su uso generalizado como combustibles (Dimian y Bildea, 2008; Castellar et al., 2014: 90–104; Nelson, 2009).

Si bien la producción de biodiesel a escala industrial se lleva a cabo mediante catálisis homogénea alcalina, la necesidad de etapas posteriores de purificación del producto resulta un obstáculo tanto desde el punto de vista económico como ambiental (Sánchez Faba et al., 2020a: 110171). Es por esto que, en la actualidad, las investigaciones se enfocan en el desarrollo de catalizadores sólidos, cuya principal ventaja es la posibilidad de ser reutilizados (Albayati y Doyle, 2015: 1-10). Para aumentar la superficie expuesta e incrementar la actividad de estos catalizadores, las especies activas suelen soportarse en sólidos porosos, como la sílice mesoporosa SBA-15, que se caracteriza por su disposición hexagonal de poros unidireccionales en dos dimensiones (en el orden de los nanómetros). No obstante, sigue siendo un desafío el evitar la lixiviación de dichas especies, hecho que reduce la vida útil del material y la ventaja que representa el empleo de la catálisis heterogénea.

El presente trabajo expone el empleo de un catalizador sólido constituido por sodio (Na) y cerio (Ce) soportados sobre SBA-15. La matriz mesoporosa se sintetizó inicialmente mediante por el método sol-gel (Zhao et al. 1998a: 6024-6036 y b: 548-552); los metales se incorporaron por impregnación húmeda, utilizando soluciones de nitratos como precursores. El catalizador empleado se denominó 5Na/20Ce/SBA-15, y contiene un 5% en peso de Na y 20% en peso de Ce. El material se calcinó en mufla a 550 °C durante 5 h, con rampa de calentamiento de 8 °C/min, la cual resulta óptima para la obtención de las especies activas para la reacción (Sánchez Faba et al., 2020a: 110171, Sánchez Faba et al., 2020b: 117769). Las propiedades fisicoquímicas del catalizador se estudiaron mediante: dispersión de rayos X a bajo ángulo (SAXS, Xenocs XEUS 2.0) y microscopía electrónica de transmisión (TEM, JEOL JEM-2100 Plus) para verificar el ordenamiento de poros del material, difracción de rayos X (DRX, PANalytical X-Pert Pro X-ray) a alto ángulo para estudiar las especies metálicas incorporados, método BET (Micrometrics Pulse ChemiSorb 2700) para determinar la superficie específica, y desorción a temperatura programada de dióxido de carbono (TPD-CO₂, ChemiSorb 2720) para estudiar la fuerza básica.

La actividad del catalizador sintetizado se evaluó en la reacción de transesterificación de diferentes materias primas oleosas con metanol absoluto para producir biodiesel. Esas materias primas fueron:

- aceite de girasol y de soja refinados porque son los aceites más producidos en Argentina;

- aceite de fritura residual (girasol) porque pierde su valor como alimento después de ser usado y, a menudo, termina produciendo obstrucciones en los desagües o contaminando los cursos de agua, y
- aceite de *Jatropha hieronymi* ya que es una especie autóctona que crece en zonas áridas del desierto del Monte Argentino, cuyo aceite no puede emplearse como alimento puesto que tiene componentes tóxicos y factores antinutricionales para humanos y animales.

Las reacciones se llevaron a cabo en un reactor discontinuo, tipo matraz de tres bocas con fondo plano, conectado a un condensador de reflujo para evitar pérdidas de alcohol por evaporación y asegurar el reflujo. Las condiciones de reacción fueron las siguientes: 10% en peso de catalizador, relación molar de alcohol a aceite 40:1, 60 °C y agitación magnética a 700 rpm. El tiempo de reacción fue de 5 h. Finalizada la reacción, la mezcla se filtró bajo presión reducida para separar el catalizador. El exceso de metanol se recuperó en el evaporador rotatorio. El líquido restante se dejó toda la noche en una ampolla de decantación para permitir la separación del biodiesel y del glicerol. Por su parte, el catalizador recuperado se lavó con 5 ml de acetona y se calcinó a 550 °C por 5 h con rampa de 8 °C/min previo a su reutilización en el siguiente ciclo.

Las muestras de reacción se analizaron mediante espectroscopia de infrarrojo con transformada de Fourier (Mahamuni y Adewuyi, 2009: 3773-3782). Se utilizó un espectrómetro con accesorio horizontal Smart ARK ATR (reflectancia total atenuada). Las medidas se hicieron en el rango de 650 a 4000 cm^{-1} , a una resolución de 4 cm^{-1} y 50 escaneos. La cuantificación de los productos se hizo con el software Thermo Scientific™ TQ Analyst™ 9.7, según las bandas: 1436 cm^{-1} para los ésteres metílicos (flexión asimétrica de CH_3) y 1097 cm^{-1} para los lípidos (estiramiento axial asimétrico del grupo $\text{O-CH}_2\text{-C}$ en el glicerol de mono, di y triglicéridos).

Desarrollo

El ordenamiento de poros del soporte y su permanencia después de modificarlo con los metales se verificó mediante dispersión de rayos X de ángulo pequeño. Los patrones de SAXS mostrados en la Figura 1-a exhiben tres picos bien resueltos, indexados a la difracción de los planos típicos (1 0 0), (1 1 0) y (2 0 0) (Zhao et al., 1998a: 6024-6036 y b: 548-552). Las imágenes de TEM (Figura 2) también confirmaron la nanoestructura de los materiales.

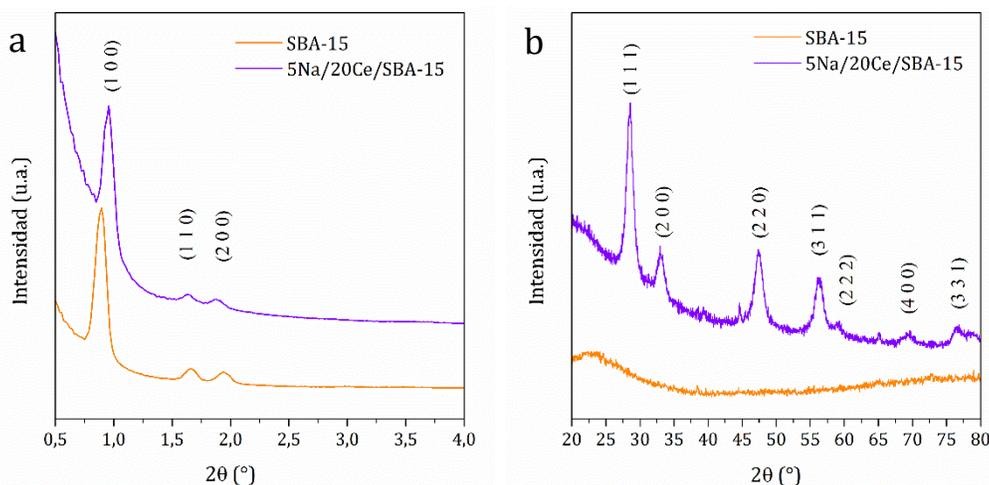


Figura 1. Patrones de dispersión de rayos X a bajo ángulo (SAXS) (a) y de difracción de rayos X a alto ángulo (DRX) (b) de los materiales.

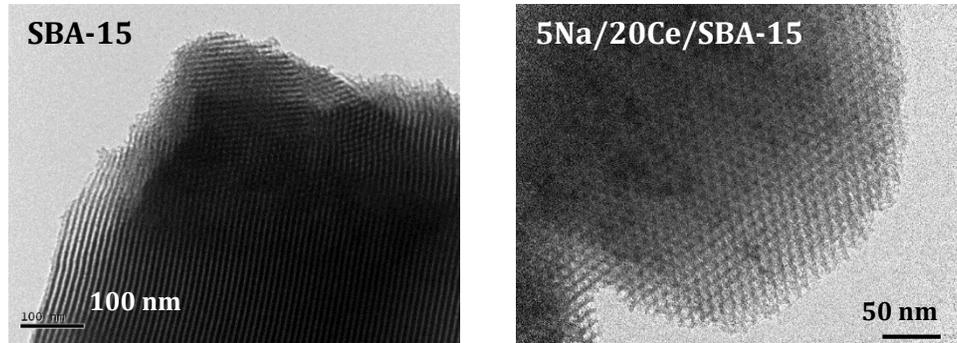


Figura 2. Imágenes de microscopía electrónica de transmisión (TEM) de los materiales.

El patrón de difracción de rayos X a alto ángulo de la SBA-15 (Figura 1-b) sólo muestra el pico correspondiente a la sílice amorfa a 22° (Cuello et al., 2016: 299–307), mientras que el patrón del catalizador modificado con Na y Ce presenta los picos característicos de una estructura cúbica tipo fluorita del óxido de cerio (IV) (Cho et al., 2013: 12595–12605; Malhotra y Ali, 2018: 32-44). Por otro lado, no se observaron picos correspondientes a las especies de sodio; eso significa que podrían dispersarse finamente sobre el soporte (Sánchez Faba et al., 2020a: 110171).

El área específica obtenida por el método BET fue de $811 \text{ m}^2/\text{g}$ para la SBA-15 y $263 \text{ m}^2/\text{g}$ para el catalizador 5Na/20Ce/SBA-15. Esta reducción se debió a la introducción de las especies metálicas mencionadas, vistas como zonas de mayor contraste en la imagen TEM del catalizador 5Na20Ce/SBA-15.

Dado que la reacción estudiada es catalizada por sitios básicos medios y fuertes, las propiedades básicas de los materiales se analizaron mediante desorción del dióxido de carbono a temperatura programada. La basicidad total de los catalizadores se midió como mmol de CO_2 desorbido por gramo de catalizador, de acuerdo con las áreas bajo las curvas. Como se puede observar en la Figura 3, la matriz mesoporosa SBA-15 sólo exhibe un pico en la región atribuido a sitios básicos débiles (70-250 $^\circ\text{C}$), con una basicidad total de $0,28 \text{ mmolCO}_2/\text{g}_{\text{catalizador}}$, mientras que el catalizador 5Na/20Ce/SBA-15 también muestra una banda prominente en la región correspondiente a sitios básicos medios (250-600 $^\circ\text{C}$), con una basicidad total de $1,04 \text{ mmolCO}_2/\text{g}_{\text{catalizador}}$ (24% de sitios débiles, 73% de sitios medios y 3% de

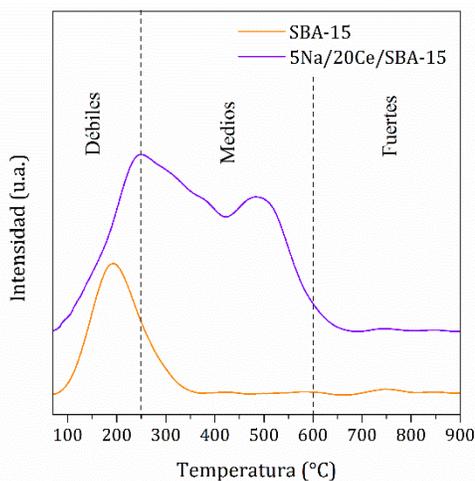


Figura 3. Perfiles de desorción de CO_2 a temperatura programada de los materiales.

sitios fuertes). Esta banda media sería producida por la interacción de la molécula sonda con las especies metálicas incorporadas (Sun et al., 2010: 26–34).

Luego, la actividad del catalizador 5Na20Ce/SBA-15 se evaluó en la reacción de transesterificación de aceite refinado de girasol y de soja, aceite de fritura residual (girasol), y aceite de *Jatropha hieronymi* con metanol para producir biodiesel. Como se puede ver en la Figura 4, el catalizador produjo altos contenidos de biodiesel cuando se utilizaron como materias primas aceite de girasol, soja y aceite de freír. El contenido mínimo requerido por la norma EN 14214 (96,5% p/p) se alcanzó en 3 h. El contenido producido con aceite de *Jatropha* fue menor que los demás, posiblemente debido a su mayor contenido de

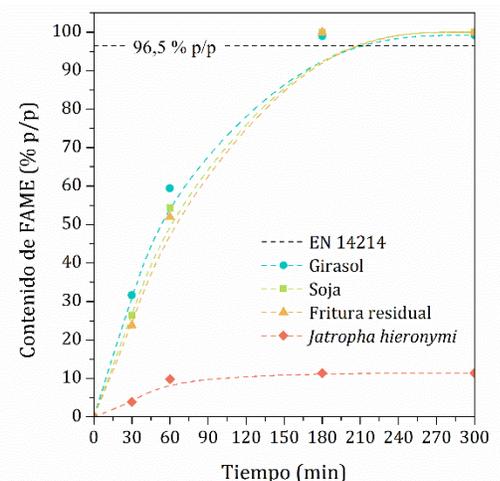


Figura 4. Contenido de FAME vs. tiempo de reacción para los diferentes aceites.

ácidos grasos libres respecto a los otros aceites (girasol 0,05% p/p; soja 0,07% p/p; fritura 0,11% p/p; *Jatropha* 4,07% p/p), que tienen un efecto de envenenamiento sobre los catalizadores alcalinos (Sánchez Faba et al., 2019: 690-704).

La facilidad de separar y reutilizar el catalizador sólido es un importante beneficio económico y medioambiental sobre su equivalente homogéneo. Sin embargo, uno de los principales problemas que presenta la producción de biodiesel cuando se utilizan catalizadores sólidos alcalinos es la lixiviación de las especies activas a la mezcla de reacción, lo que reduce sustancialmente la vida útil del material. En consecuencia, se investigó la durabilidad del catalizador modificado con Na y Ce para la producción de biodiesel de primera generación con aceite de girasol (ya que produjo un contenido de FAME similar al aceite de soja), y biodiesel de segunda

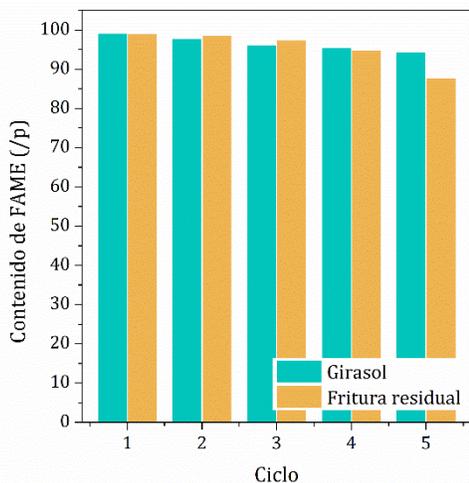


Figura 5. Reusabilidad del catalizador 5Na/20Ce/SBA-15 con aceite de girasol y de fritura residual.

generación con aceite de fritura residual. Como se observa en la Figura 5, el catalizador produjo altos contenidos de biodiesel (por sobre el 90% en peso) en cinco ciclos de reacción con aceite de girasol, lo que confirmó su buena estabilidad. Se consiguieron contenidos ligeramente inferiores con aceite de freír residual; esto podría deberse a la presencia de agua, ácidos grasos libres y otros compuestos generados durante el proceso de fritura, que podrían afectar la transferencia de masa durante el desarrollo de la reacción.

Para confirmar el carácter heterogéneo de la reacción, se realizó la prueba de filtrado en caliente (Malhotra y Ali, 2018: 32-44). Después de 1 h, se separó el catalizador de la mezcla de reacción. A partir de ese momento, la producción de biodiesel cesó y su porcentaje en peso se mantuvo relativamente constante (Figura 6).

Por lo tanto, se puede suponer que, de haber algo de lixiviado, la contribución homogénea no fue significativa para la actividad de transesterificación en estas condiciones de reacción.

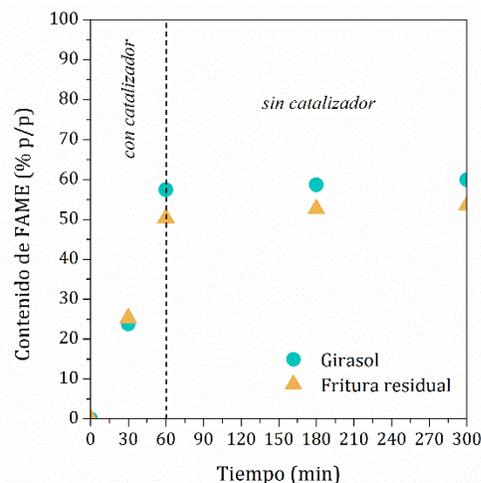


Figura 6. Prueba de filtrado en caliente para el catalizador 5Na/20Ce/SBA-15 con aceite de girasol y de fritura residual.

Conclusiones

El catalizador sólido 5Na/20Ce/SBA-15 fue preparado con éxito mediante impregnación húmeda, y caracterizado para estudiar sus propiedades fisicoquímicas. El ordenamiento de poros de la matriz se comprobó mediante SAXS y las imágenes de TEM. La formación de óxido de Ce (IV) luego de la calcinación se evidenció por DRX, lo cual produjo una reducción en el área específica del catalizador respecto del soporte puro. El análisis TPD-CO₂ evidenció la presencia de sitios de baja y media fuerza básica. La actividad catalítica de este material se evaluó en la transesterificación de aceite de girasol y de soja comerciales, aceite de fritura residual y aceite de *Jatropha hieronymi* con metanol absoluto. Los contenidos de FAME obtenidos con los aceites de girasol y de soja fueron similares al tratarse de aceites refinados; sin embargo, altos contenidos de biodiesel se obtuvieron también con el aceite de fritura residual, alcanzando el contenido de ésteres mínimo requerido por la norma EN 14214 en 3 h. Debido a su elevado índice de acidez, el contenido de FAME producido con en el aceite de *Jatropha* fue bajo. De esta manera, se considera que la aplicación del catalizador bimetálico 5Na/20Ce/SBA-15 representaría una opción

prometedora para el proceso de producción de biodiesel a mayor escala tanto a partir de aceites refinados como de aceites residuales.

Referencias

- Albayati, T. y Doyle A. (2015). "Encapsulated heterogeneous base catalysts onto SBA-15 nanoporous material as highly active catalysts in the transesterification of sunflower oil to biodiesel", *Journal of Nanoparticle Research*, 17, 1-10. DOI 10.1007/s11051-015-2924-6
- Castellar, G; Angulo, E. y Cardozo, B. (2014). "Transesterificación de aceites vegetales empleando catalizadores heterogéneos", *Prospect*, 12, 90-104. DOI 10.1007/s11746-016-2798-5
- Cho, E.B.; Yim, S.; Kim, D. y Jaroniec, M. (2013). "Surfactant-assisted synthesis of mesoporous silica/ceria-silica composites with high cerium content under basic conditions", *Journal of Materials Chemistry A*, 1, 12595-12605. DOI 10.1039/c3ta12482g
- Cuello, N. I.; Elías, V. R.; Winkler, E.; Pozo-López, G.; Oliva, M. I. y Eimer, G. A. (2016). "Magnetic behavior of iron-modified MCM-41 correlated with clustering processes from the wet impregnation method", *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 407, 299-307. DOI 10.1016/j.jmmm.2016.01.004
- Dimian, A. C. y Bildea, C. S. (2008). "Chemical Process Design: Computer-Aided Case Studies", John Wiley & Sons. DOI 10.1002/9783527621583
- Mahamuni, N. y Adewuyi, Y. (2009). "Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) Method To Monitor Soy Biodiesel and Soybean Oil in Transesterification Reactions, Petrodiesel-Biodiesel Blends, and Blend Adulteration with Soy Oil", *Energy & Fuels*, 23, 3773-3782. DOI 10.1021/ef900130m
- Malhotra, R. y Ali, A. (2018). "Lithium-doped ceria supported SBA-15 as mesoporous solid reusable and heterogeneous catalyst for biodiesel production via simultaneous esterification and transesterification of waste cottonseed oil", *Renewable Energy*, 119, 32-44. DOI 10.1016/j.renene.2017.12.001
- Nelson, K. (2009). "ASTM establece las normas para el biodiesel - ASTM International - Standards Worldwide". Disponible en https://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPJF09/nelson_spjf09.html
- Sánchez Faba, E.M.; Ferrero, G.O.; Dias, J.M. y Eimer, G.A. (2019). "Alternative Raw Materials to Produce Biodiesel through Alkaline Heterogeneous Catalysis", *Catalysts*, 9, 690-704. DOI 10.3390/catal9080690
- Sánchez Faba, E.M.; Ferrero, G.O.; Dias, J.M. y Eimer, G.A. (2020a). "Thermo-chemically tuning of active basic sites on nanoarchitected silica for biodiesel production", *Molecular Catalysis*, 481, 110171. DOI 10.1016/j.mcat.2018.08.013
- Sánchez Faba, E.M.; Ferrero, G.O.; Dias, J.M. y Eimer, G.A. (2020b). "Na-Ce-modified-SBA-15 as an effective and reusable bimetallic mesoporous catalyst for the sustainable production of biodiesel", *Applied Catalysis A: General*, 604, 117769. DOI 10.1016/j.apcata.2020.117769
- Sun, H.; Han, J.; Ding, Y.; Li, W.; Duan, J.; Chen, P.; Lou, H. y Zheng, X. (2010). "One-pot synthesized mesoporous Ca/SBA-15 solid base for transesterification of sunflower oil with methanol", *Applied Catalysis A: General*, 390, 26-34. DOI 10.1016/j.apcata.2010.09.030

- Zhao, D.; Huo, Q.; Feng, J.; Chmelka, B.F. y Stucky, G.D. (1998a). "Nonionic triblock and star diblock copolymer and oligomeric surfactant syntheses of highly ordered, hydrothermally stable, mesoporous silica structures", *Journal of the American Chemical Society*, 120, 6024-6036. DOI 10.1021/ja974025i
- Zhao, D.; Feng, J.; Huo, Q.; Melosh, N.; Fredrickson, G.H.; Chmelka, B.F. y Stucky, G.D. (1998b). "Triblock copolymer syntheses of mesoporous silica with periodic 50 to 300 angstrom pores", *Science*, 279, 548-552. DOI 10.1126/science.279.5350.548

Sistemas de liberación de fármacos auto-microemulsionables (SMEDDS) sólidos a base de aceite de hígado de bacalao para mejorar la biodisponibilidad oral de trans-resveratrol

Cod liver oil based solid self-microemulsifying drug delivery systems (SMEDDS) to improve the oral bioavailability of trans-resveratrol

Ankita Shah

Freund-Vector Corporation, 675 44th Street, Marion, IA 52302, USA
ankita.shah@freund-vector.com

Marcela Longhi

Unidad de Investigación y Desarrollo en Tecnología Farmacéutica (UNITEFA), CONICET y Departamento de Ciencias Farmacéuticas, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba. Ciudad Universitaria, 5000-Córdoba, Argentina
mrlonghi@unc.edu.ar

Abu Serajuddin

Department of Pharmaceutical Sciences, College of Pharmacy and Health Sciences, St. John's University, 8000 Utopia Parkway, Queens, NY, USA
serajuda@stjohns.edu

Carolina Aloisio

Facultad Departamento de Ingeniería Química, Facultad Regional de San Francisco, Universidad Tecnológica Nacional, 2400- San Francisco, Córdoba, / Unidad de Investigación y Desarrollo en Tecnología Farmacéutica (UNITEFA), CONICET, Argentina
carolina.aloisio@gmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo fue desarrollar sistemas de administración de fármacos auto-microemulsionables (SMEDDS) utilizando aceite de hígado de bacalao (AHB), para aumentar la solubilidad, la velocidad de disolución y la biodisponibilidad oral del trans-resveratrol. Se construyeron diagramas ternarios de fases de AHB con Kolliphor RH 40 y/o Tween 80 y agua y lo mismo mezclando AHB con monooleato de glicerol (MOG) para identificar las regiones donde se formaron microemulsiones. Se identificaron varias formulaciones que contenían proporciones de lípido/tensioactivo 6:4, 1:1 y 4:6 p/p utilizando la mezcla 1:1 de AHB y MOG como componentes lipídicos y Kolliphor RH 40 o su mezcla con Tween 80 como tensioactivos. y se determinó la solubilidad del trans-resveratrol en estas formulaciones. Los ensayos de dispersión *in vitro* en 250 mL de HCl 0,01 N (pH 2) a 50 rpm, realizados de acuerdo con el método 2 de la USP, mostraron que las formulaciones se dispersaron rápidamente en medios acuosos formando microemulsiones sin precipitación del fármaco.

Palabras clave: formulaciones a base de lípidos; microemulsión; SMEDDS; trans-resveratrol; aceite de hígado de bacalao; lípido de cadena larga; monoglicérido de glicerol; tensioactivo; diagrama de fases; solubilidad; ensayo de dispersión.

Abstract

The aim of this work was to develop self-microemulsifying drug delivery systems (SMEDDS) using cod liver oil (CLO), to increase the solubility, dissolution rate and oral bioavailability of trans-resveratrol. Ternary phase diagrams of CLO with Kolliphor RH 40 and/or Tween 80 and water and or the same by mixing CLO with glycerol monooleate (GMO) were constructed to identify regions where microemulsions were formed. Several formulations containing 6:4, 1:1, and 4:6 w/w lipid/surfactant ratios using the 1:1 mixture of CLO and GMO as lipid components and Kolliphor RH 40 or its mixture with Tween 80 as surfactants were identified, and trans-resveratrol solubility in these formulations were determined. *In vitro* dispersion testing in 250 mL of 0.01 N HCl (pH 2) according to the USP method 2 at 50 rpm showed that the formulations rapidly dispersed in aqueous media forming microemulsions with no drug precipitation.

Keywords: lipid-based formulations; microemulsion; SMEDDS; trans-resveratrol; cod liver oil; long chain lipid; glycerol monoglyceride; surfactant; phase diagram; solubility; dispersion test.

Introducción

El resveratrol (3,5,40-trihidroxiestilbeno) es un compuesto polifenólico no flavonoide que se encuentra en el maní, las uvas, las moras, los arándanos, el vino tinto y varias plantas que generalmente se consumen como parte de la dieta humana (McEvoy *et al.*, 2014). El isómeros trans (trans-resveratrol) es farmacológicamente activo y más estable que el cis-resveratrol (McEvoy *et al.*, 2014). En la literatura se ha informado de una amplia gama de propiedades farmacológicas del compuesto, como efectos antioxidantes, anticancerosos, cardioprotectores, neuroprotectores y antiinflamatorios, entre otros (Behrens *et al.*, 1996; Grove, *et al.*, 2006). Sin embargo, el trans-resveratrol se absorbe poco después de la administración oral debido a la baja solubilidad en agua en el rango de pH gastrointestinal (0,06 mg/ml a pH 1,2-7,4) (Desai *et al.*, 2020). Dado que es un compuesto con baja solubilidad en agua, el desarrollo de sus formas de dosificación oral terapéuticamente eficaces resulta un desafío. Durante más de medio siglo, ha habido mucho interés en las formulaciones a base de lípidos por su capacidad para aumentar la velocidad de disolución y la solubilidad intestinal aparente de fármacos lipofílicos, poco solubles en agua y nutracéuticos, aumentando así su absorción y biodisponibilidad oral (Feeney *et al.*, 2016). Los sistemas de administración de fármacos auto-microemulsionables (SMEDDS) son mezclas isotrópicas de aceite, tensioactivo y habitualmente co-tensioactivo en el que un fármaco es solubilizado (Goddeeris *et al.*, 2006; Hintzen *et al.*, 2014). Estos sistemas forman microemulsiones en presencia de agua o fluidos gastrointestinales tras la administración oral, facilitado por la leve agitación del tracto gastrointestinal (Djekic & Primorac, 2008; Li *et al.*, 2005; Q. Li *et al.*, 2015; Mekjaruskul *et al.*, 2013; Sprunk, Strachan & Graf, 2012). El objetivo principal de este trabajo fue el desarrollo de formulaciones auto-microemulsionables [self-microemulsifying drug delivery systems (SMEDDS)], utilizando aceite de hígado de bacalao, para aumentar la solubilidad de trans-resveratrol. Este aceite es un lípido de contiene ácidos grasos de cadena larga (Pouton, 2006) que tiene la atracción adicional como vehículo del trans-resveratrol porque contiene ácidos grasos poliinsaturados omega-3 con posibles beneficios para la salud (Chen *et al.*, 2010; Prajapati *et al.*, 2012).

Desarrollo

Diagramas pseudo-ternarios de fases: Se construyeron diagramas pseudo-ternarios de fases, a 37 °C utilizando AHB o una mezcla 1:1 p/p con MOG. Se utilizaron Kolliphor RH 40, Tween 80 o su mezcla 1: 1 p/p como tensioactivos (Tabla 1). Se visualizaron diferentes fases, y luego se realizó el análisis del tamaño de los gotículas en mezclas seleccionadas de lípido-surfactante a 80, 90, 95 y 99% (p/p) de contenido de agua. A partir de los *Sistemas A, B, C y E*, no se observó la formación de microemulsiones (Figura 1 A, B, C y E). Sin embargo, utilizando los *Sistemas D y F*, se observó la formación de microemulsiones (Figura 1 D y F), caracterizados por sistemas transparentes. Los resultados de la determinación del tamaño del gotículas (Tabla 1) también indicaron la formación de

microemulsiones, debido a que presentaron tamaño <300 nm. Estos resultados demostraron que Kolliphor RH 40 fue el tensioactivo más eficaz entre Kolliphor RH 40, Tween 80 o su mezcla 1: 1.

Estudios de solubilidad: Los *Sistemas D y F* fueron seleccionados para determinar la solubilidad del trans-resveratrol. También se determinó su solubilidad en los componentes individuales. Las solubilidades del trans-resveratrol en AHB y Tween 80 a 25 °C fueron $1,0 \pm 0,1$ y 83 ± 19 mg/g, respectivamente. A 45 °C, las solubilidades del compuesto por gramo de AHB, MOG, Kolliphor RH 40 y Tween 80 fueron 1.0, 4.7, 12 y 78 mg/g, respectivamente. Para los *Sistemas D y F*, se observó un aumento en la solubilidad de saturación del trans-resveratrol en SMEDDS con el aumento en la concentración de surfactante. Aunque Tween 80 por sí solo proporcionó una solubilidad muy alta para el trans-resveratrol, una comparación entre los valores de solubilidad en los Sistemas D y F mostró que no había ninguna ventaja específica de usar Tween 80 en una formulación ya que la solubilidad en los dos sistemas era comparable. Para ambos sistemas, las solubilidades de trans-resveratrol más altas se observaron en una relación de aceite a tensioactivo de 4:6 (67 y 58 mg/g en los Sistemas D y F, respectivamente). Considerando que la solubilidad del trans-resveratrol es solo 0.05-0.06 mg/mL en medios acuosos (Hauer *et al.*, 2008), los resultados representan incrementos importantes en la solubilidad del compuesto en SMEDDS.

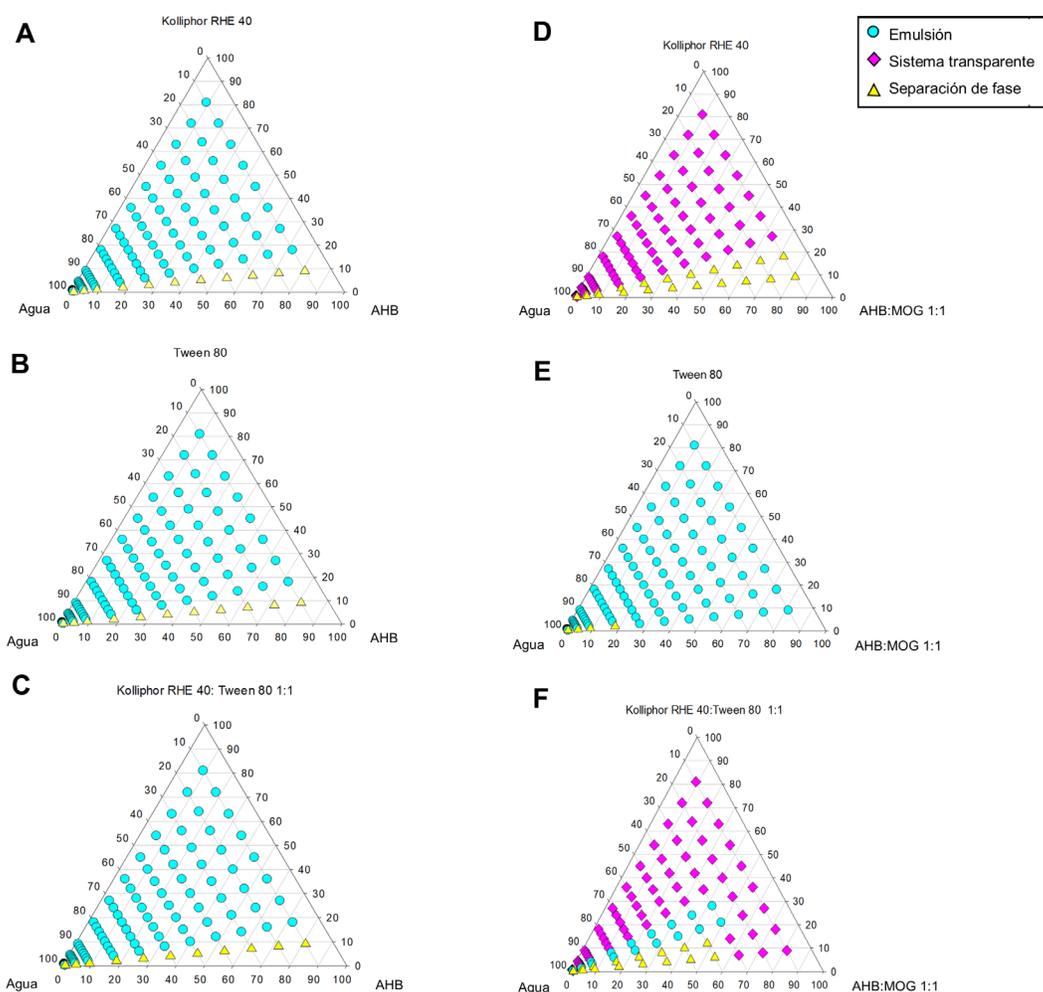


Figura 1. Diagramas pseudo-ternarios de fase de mezclas de AHB y agua con: (A) Kolliphor RH 40, (B) Tween 80, (C) Kolliphor RH 40/Tween 80 (1:1); y de (D) MOG-Kolliphor RH 40, (E) MOG-Tween 80 y (F) MOG-Kolliphor RH 40/Tween 80 (1: 1).

Selección de SMEDDS de trans-resveratrol: en base a los diagramas de fase y la solubilidad del fármaco, se seleccionaron formulaciones con mezclas de lípido-surfactante 6:4 a 4:6 correspondientes a los *Sistemas D y F* para estudios posteriores, en los que se disolvió trans-resveratrol de tal manera que las concentraciones se mantuvieron

en aproximadamente un 80% de saturación de la solubilidad. Los suplementos dietarios de trans-resveratrol se suministran en dosis de 20 a 50 mg (Walle *et al.*, 2004) y la dosis sería menor si se mejora su biodisponibilidad con SMEDDS.

Ensayo de dispersión in vitro: Se realizaron ensayos de dispersión con trans-resveratrol disuelto en los preconcentrados con proporciones de lípidos a tensioactivos de 6:4, 5:5 y 4:6. Este estudio indicaría la facilidad con la que los preconcentrados se emulsionarían en medios acuosos y permitirían medir el tamaño de los glóbulos de microemulsiones o emulsiones formadas. También se puede determinar cualquier precipitación potencial de trans-resveratrol midiendo su concentración en la fase dispersa. La Figura 4 muestra las concentraciones del compuesto en el medio de dispersión en función del tiempo tras la filtración del medio de dispersión (poro de 0,45 μm). Al menos el 80% de trans-resveratrol se dispersó de todas las formulaciones en 15 min, excepto para la formulación 4:6, donde ~70% del compuesto se dispersó en 15 min. Estos resultados demuestran que al menos el 70-80% de las formulaciones se dispersaron como microemulsiones o glóbulos finos que pasaron a través del filtro de 0,45 μm , es decir, tenían un tamaño de glóbulo <450 nm. Se observó que el índice de polidispersidad (PDI) durante la determinación del tamaño de los glóbulos fue alto, lo que es una indicación de que los glóbulos posiblemente no se distribuyeron uniformemente. De hecho, se observó en otro estudio que cuando se agregaba agua a SMEDDS o preconcentrados de microemulsión, primero se formaban geles, que luego se convertían en materiales cristalinos líquidos y finalmente en microemulsiones. Dado que solo se utilizó la agitación suave de 50 rpm durante la prueba de dispersión, es posible que todo el gel no se rompa en glóbulos finos de microemulsión y, por lo tanto, sea responsable de un alto PDI y una liberación incompleta del fármaco al filtrar los medios de dispersión. Es posible que el fármaco remanente quede atrapado en partículas cristalinas líquidas más grandes. Se puede esperar que todo el fármaco finalmente se disperse después de la administración oral y se libere durante la transición a través del tracto gastrointestinal.

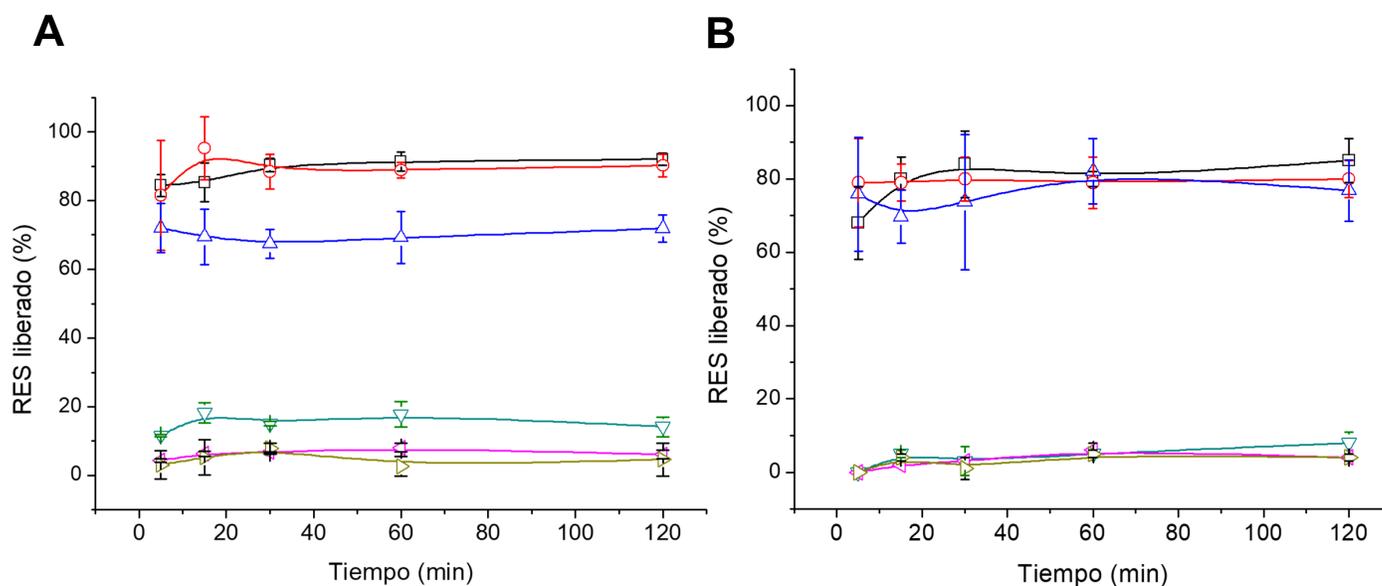


Figura 2. Porcentaje de trans-resveratrol (RES) liberado a partir de preconcentrados de microemulsiones durante ensayos de dispersión en 250 mL de HCl 0,01 M a 37 °C y 50 rpm, según el método de disolución 2 de la USP. (A) Sistema D: □, Formulación 1 (6:4 lípido-tensioactivo); ○, Formulación 2 (5:5 lípido-tensioactivo); △, Formulación 3 (4:6 lípido-tensioactivo). (B) Sistema F: □, Formulación 4 (6:4 lípido-tensioactivo); ○, Formulación 5 (5:5 lípido-tensioactivo); △, Formulación 6 (4:6 lípido-tensioactivo). Cada valor representa la media \pm S.D. de $n \geq 3$.

Discusión: En la presente investigación, se observó que utilizar solo AHB, con un surfactante, no conduciría a la formación de microemulsiones. Es esencial que un monoglicérido (MOG) también esté presente en el sistema junto con el triglicérido (AHB). El posible mecanismo del efecto del monoglicérido puede ser análogo al observado

con los lípidos de cadena media, donde Prajapati *et al* [25] postularon que el monoglicérido participa con el tensioactivo en la formación de una curvatura que rodea los glóbulos de aceite en las microemulsiones. En la presente investigación, hemos demostrado que es posible formar microemulsiones sin la adición de alcoholes de cadena corta. Los resultados de la presente investigación también destacan una posible limitación del uso de triglicéridos de cadena larga, ya que se observó que la solubilidad del trans-resveratrol en el aceite de hígado de bacalao fue baja. Sin embargo, el preconcentrado de microemulsión o SMEDDS también contiene monoglicéridos y tensioactivos en la formulación, y la presencia de tales componentes puede tener una influencia importante sobre la solubilidad del trans-resveratrol en las formulaciones. Los valores experimentales de solubilidad en estas mezclas fueron 17, 44, 67 y 58 mg/g, respectivamente, demostrando así que existe un gran efecto sinérgico de la mezcla AHB-Kolliphor RH 40 sobre la solubilidad del trans-resveratrol. La diferencia entre el efecto de Kolliphor RH 40 y su mezcla 1:1 con Tween 80 se debe posiblemente a que Kolliphor RH 40, al ser un éster de lípido de cadena larga (aceite de ricino), tiene una similitud estructural con el AHB y el MOG y, por lo tanto, actúa sinérgicamente con los lípidos en la solubilización del compuesto. Los resultados del presente estudio confirman que es esencial determinar la solubilidad real de un compuesto en el SMEDDS, en lugar de estimar la solubilidad a partir de la solubilidad en los componentes individuales. No existe consenso en la literatura sobre cuál es la dosis humana óptima de trans-resveratrol. Los resultados de la presente investigación demuestran que es factible el desarrollo de formulaciones a base de lípidos con al menos 50 m/g de contenido de fármaco. Dado que el fármaco permanece en forma solubilizada después de la dispersión en medios acuosos, se espera que la absorción oral de tal producto sea alta.

Tabla 1. Tamaños promedio de gotículas (nm) de emulsiones y microemulsiones formadas tras la dilución de mezclas de lípidos y tensioactivos con agua al 80 a 99% p/p. Los asteriscos indican dispersiones demasiado viscosas para la determinación del tamaño de partícula.

Sistema	Agua %	Relación lípido:surfactantes						
		1:9	2:8	3:7	4:6	5:5	6:4	7:3
Sistema A	80	5300	3020	1009	800	813	721	552
Lípido: AHB	90	9245	748	476	380	403	445	353
Surfactante: Kolliphor RH 40	95	948	710	458	967	437	452	361
	99	2745	1373	3260	1104	1032	1799	894
	80	836	1976	4361	3862	4567	6952	*
Sistema B	90	7623	416	1535	1654	857	1282	411
Lípido: AHB	95	4668	1297	1200	822	2462	527	381
Surfactante: Tween 80	99	1389	370	417	4212	492	689	417
Sistema C	80	484	2303	2619	2511	8073	4799	2619
Lípido: AHB	90	372	1784	1668	1318	1950	1944	1619
Surfactante: Kolliphor RH 40- Tween 80, 1:1	95	313	763	696	414	735	915	1024
	99	266	331	319	271	371	482	529
	80	1714	4398	1222	351	1754	351	462
Sistema D	90	671	450	673	289	640	289	272
Lípido: AHB-MOG, 1:1	95	295	276	387	220	367	220	239
Surfactante: Kolliphor RH 40	99	142	199	256	173	207	173	187
	80	613	2320	1479	1582	1339	502	833
Sistema E	90	528	1407	1211	785	759	502	573
Lípido: AHB-MOG, 1:1	95	383	1582	1230	774	803	471	739
Surfactante: Tween 80	99	1011	2223	4160	1785	2788	1504	2872

Sistema F	80	1720	1441	1485	1807	637	490	*
Lípido: AHB-MOG, 1:1	90	827	618	382	339	188	245	1659
Surfactante: Kolliphor RH 40-Tween 80, 1:1	95	100	325	159	252	145	162	756
	99	334	623	98	220	105	108	414

Conclusiones

Resveratrol es un fármaco BCS Clase II con escasa solubilidad en agua y alta permeabilidad. En este estudio, se identificaron con éxito las composiciones de varios sistemas auto-microemulsionables de su forma farmacológicamente activa, trans-resveratrol. Las formulaciones desarrolladas contenían soluciones de fármacos en mezclas de lípidos y tensioactivos sin agua añadida, y se esperaba que formaran microemulsiones en contacto con medios acuosos en el tracto gastrointestinal tras de la ingesta oral. El AHB es un lípido de cadena larga y, aunque existen productos comercializados importantes en los que se han utilizado lípidos de cadena larga, no hay informes publicados sobre cómo se desarrollaron dichos productos. Además, como informó Pouton (Pouton, 2006), se incorporan comúnmente grandes cantidades de codisolventes orgánicos en formulaciones a base de lípidos para aumentar la solubilidad del fármaco y permitir formulaciones de dispersión en medios acuosos. Sin embargo, hay muchos informes que indican que la presencia de codisolventes orgánicos puede conducir a la precipitación del fármaco tras la dilución con medios acuosos, y también puede haber problemas de estabilidad con las formas de dosificación desarrolladas. Los resultados de la presente investigación muestran que pueden desarrollarse formulaciones auto-microemulsionables sin utilizar codisolventes. Las formulaciones que contienen la mezcla 1:1 de AHB y MOG como lípidos y Kolliphor RH 40 como tensioactivo proporcionaron los resultados más óptimos con respecto a la formación de microemulsiones. Las formulaciones proporcionaron una solubilidad aceptable de trans-resveratrol y se dispersaron rápidamente en medios acuosos como microemulsiones sin precipitación del fármaco.

Referencias

- Behrens, D., Fricker, R., Bodoky, A., Drewe, J., Harder, F., & Heberer, M. (1996). Comparison of cyclosporin A absorption from LCT and MCT solutions following intrajejunal administration in conscious dogs. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 85(6), 666–668.
- Chen, F., Etzler, F., Ubben, J., Birch, A., Zhong, L., Schwabe, R., & Dudhedia, M. (2010). Effects of lipophilic components on the compatibility of lipid-based formulations with hard gelatin capsules. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 99(1), 128–141.
- Desai, H. H., Bu, P., Shah, A. V., Cheng, X. & Serajuddin, A. T. M. (2020). Evaluation of Cytotoxicity of Self-Emulsifying Formulations Containing Long-Chain Lipids Using Caco-2 Cell Model: Superior Safety Profile Compared to Medium-Chain Lipids. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 109 (5), s. 1752–1764. doi:10.1016/j.xphs.2020.01.031
- Djekic, L. & Primorac, M. (2008). The influence of cosurfactants and oils on the formation of pharmaceutical microemulsions based on PEG-8 caprylic/capric glycerides. *International Journal of Pharmaceutics*, 352 (1–2), s. 231–239. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpharm.2007.10.041
- Feeney, O. M., Crum, M. F., McEvoy, C. L., Trevaskis, N. L., Williams, H. D., Pouton, C. W., Charman, W. N., Bergström, C. A. S., & Porter, C. J. H. (2016). 50 years of oral lipid-based formulations: Provenance, progress and future perspectives. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 101, 167–194. <https://doi.org/10.1016/J.ADDR.2016.04.007>
- Goddeeris, C., Cuppo, F., Reynaers, H., Bouwman, W. G., Mooter, G. van den, & van den Mooter, G. (2006). Light

- scattering measurements on microemulsions: Estimation of droplet sizes. *International Journal of Pharmaceutics*, 312, 187–195. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2006.01.037>
- Grove, M., Müllertz, A., Nielsen, J.L. and Pedersen, G. P. (2006). Bioavailability of seocalcitol: II: development and characterisation of self-microemulsifying drug delivery systems (SMEDDS) for oral administration containing medium and long chain triglycerides. *European journal of pharmaceutical sciences*, 28 (3), s. 233–242.
- Hauer, B., Meinzer, A., Posanski, U. and Richter, F., S. K. (1994). *Pharmaceutical compositions comprising cyclosporins*. USA.
- Hintzen, F., Perera, G., Hauptstein, S., Müller, C., Laffleur, F., & Bernkop-Schnürch, A. (2014). In vivo evaluation of an oral self-microemulsifying drug delivery system (SMEDDS) for leuprorelin. *International Journal of Pharmaceutics*. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2014.05.047>
- Li, P., Ghosh, A., Wagner, R. F., Krill, S., Joshi, Y. M., & Serajuddin, A. T. M. (2005). Effect of combined use of nonionic surfactant on formation of oil-in-water microemulsions. *International Journal of Pharmaceutics*, 288, 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2004.08.024>
- Li, Q., Zhai, W., Jiang, Q., Huang, R., Liu, L., Dai, J., Gong, W., Du, S., & Wu, Q. (2015). Curcumin-piperine mixtures in self-microemulsifying drug delivery system for ulcerative colitis therapy. *International Journal of Pharmaceutics*, 490(1–2), 22–31. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2015.05.008>
- McEvoy, C., Trevaskis, N., Edwards, G., Perlman, M., Ambler, C., Mack, M., Brockhurst, B., & Porter, C. (2014). In vitro–in vivo evaluation of lipid based formulations of the CETP inhibitors CP-529,414 (torcetrapib) and CP-532,623. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 88(3), 973–985. Pouton, C. . (2006). Formulation of poorly water-soluble drugs for oral administration: physicochemical and physiological issues and the lipid formulation classification system. *European journal of pharmaceutical sciences*, 29 (3–4), s. 278–287.
- Prajapati, H., Dalrymple, D. & Serajuddin, A. (2016). In vitro dispersion test that could serve as a predictive method for assessing performance of lipid-based drug delivery systems. *Journal of Excipients and Food Chemicals*, 4 (4), s. 1009.
- Prajapati, H. N., Dalrymple, D. M. & Serajuddin, A. T. M. (2012). A comparative evaluation of mono-, di- and triglyceride of medium chain fatty acids by lipid/surfactant/water phase diagram, solubility determination and dispersion testing for application in pharmaceutical dosage form development. *Pharmaceutical Research*, 29 (1), s. 285–305. doi:10.1007/s11095-011-0541-3
- Rane, S. S. & Anderson, B. D. (2008). What determines drug solubility in lipid vehicles: Is it predictable? *Advanced Drug Delivery Reviews*, 60 (6), s. 638–656. doi:10.1016/j.addr.2007.10.015
- Sprunk, A., Strachan, C. J. & Graf, A. (2012). Rational formulation development and in vitro assessment of SMEDDS for oral delivery of poorly water soluble drugs. *European journal of pharmaceutical sciences: official journal of the European Federation for Pharmaceutical Sciences*, 46 (5), s. 508–15. doi:10.1016/j.ejps.2012.04.001
- Walle, T. (2004). High absorption but very low bioavailability of oral resveratrol in humans. *Drug Metab Dispos*, 32 (12), s. 1377–1382.

Utilización de películas a base de quitosano para la conservación de tomates Cherry

Chitosan based films for preservation of Cherry tomatoes

Matías Alejandro Raspo

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Francisco, Argentina
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina
mraspo@sanfrancisco.utn.edu.ar

Cesar Gerardo Gomez

Universidad Nacional de Córdoba - Facultad de Ciencias Químicas –Departamento de Química Orgánica, Argentina
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos y Química Aplicada (IPQA), Argentina
cesar.gomez@unc.edu.ar

Alfonsina Ester Andreatta

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Francisco, Argentina
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina
aandreatta@sanfrancisco.utn.edu.ar

Resumen

Películas obtenidas mediante el método “casting” a base de quitosano, ácido gálico y sorbitol fueron estudiadas como materiales envoltorios para la conservación en el tiempo de tomates Cherry. Se encontró que estas películas desarrollaron un efecto protector frente a la aparición de agentes microbianos no identificados, y de no presentar diferencias significativas en la cinética de pérdida del peso de los tomates dentro del período de vida útil de los mismos. Estos resultados permitieron evidenciar algunas de las propiedades fisicoquímicas de las películas envoltorios necesarias para alcanzar un adecuado desempeño. Las tendencias obtenidas en este estudio han resultado ser prometedoras en términos del diseño de materiales para un uso específico.

Palabras clave: quitosano, conservación, tomate, películas

Abstract

In the order to find a potential application for chitosan based synthesized films, such as packaging for food preservation, films obtained by casting based on chitosan, gallic acid and sorbitol were studied as a coating for Cherry tomatoes to evaluate the effect of these coatings on the decomposition time of tomatoes. It was found that the films developed a protective effect against the appearance of unidentified microbial agents, and there were no significant differences in the kinetics of weight loss of the tomatoes within the period of their useful life.

Keywords: chitosan, conservation, tomato, films

Introducción

Una alternativa de conservación de productos naturales es el desarrollo de películas de recubrimiento que aíslan a los primeros de microorganismos y de otros agentes externos contaminantes. En ese sentido, el desarrollo de estos materiales envoltorios se enfoca en su rol como agente barrera frente a contaminantes y el control de la difusión de gases con su entorno para alargar la vida útil del alimento. Una de las grandes ventajas de este tipo de recubrimientos es la posibilidad de incorporar componentes bioactivos en su estructura soporte (Rinaudo, 2006; Van Den Broek *et al.*, 2015). En la actualidad, existe un creciente interés en la utilización de agentes bioactivos provenientes de fuentes naturales como los aceites esenciales debido a la amplia potencialidad de sus aplicaciones (Zarandona *et al.*, 2020). Estudios anteriores permitieron determinar la composición óptima de una película a base de quitosano con la incorporación de ácido gálico y sorbitol que presentó buenas propiedades antioxidantes, mecánicas y físicas (Raspo *et al.*, 2018).

Los tomates Cherry son frutos de gran consumo alrededor del mundo, y es uno de los que presenta mayor cantidad de problemas de estabilidad luego de ser cosechado, ya que sufre del agrietamiento del fruto, la pudrición puntual o la presencia de “manchas amarillentas” que aceleran su descomposición (Herrera *et al.*, 2016).

El objetivo del presente trabajo es estudiar la utilización de películas a base de quitosano con la incorporación de ácido gálico y sorbitol como recubrimiento de tomates Cherry para evaluar el tiempo de su conservación en diferentes atmósferas.

Desarrollo

En trabajos anteriores del grupo se estudió la obtención de películas a base de quitosano, en donde primeramente se optimizaron las concentraciones de la sustancia bioactiva y el agente plastificante, y luego se optimizaron las condiciones de reacción con el objeto de generar películas con el mejor desempeño frente a la actividad antioxidante y antimicrobiana, así como de las propiedades fisicoquímicas (Raspo *et al.*, 2018). Brevemente, una solución 1 % p/p de quitosano (100 g) se preparó usando en una solución buffer de ácido acético (0,1 M) a pH 4 con agitación a temperatura ambiente. Posteriormente, a la solución de quitosano se le incorporó una dada cantidad de ácido gálico al 1% p/p y de sorbitol al 3.62 % p/p., agitando esta mezcla a una temperatura y tiempo dado. Finalmente, cada película se obtuvo a partir del método “casting” después que la mezcla de reacción (10 mL) extendida sobre una placa de Petri (10 cm), se le evaporó el solvente a 20 °C durante 48 horas usando una incubadora refrigerada VELP-FTC 90 con una humedad relativa de 50%. La temperatura y el tiempo durante el cual la mezcla de reacción se somete a agitación ha sido estudiado previamente en el grupo. Para ello se realizó un diseño de experimento que consistió en evaluar las propiedades físicas, antioxidantes y mecánicas de este tipo de películas, a partir de la modificación del tiempo de reacción (3 niveles: 30 minutos, 45 minutos, 60 minutos) y de la temperatura de reacción (5 niveles: 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, 70°C).

En este trabajo, la película que se obtuvo a partir de agitación durante 10 min a 25 °C se denominó “película ambiente” (AM), y “película optimizada” (OP) aquella que se obtuvo bajo las condiciones de reacción optimizadas (60,7 °C y 50 min). las películas se prepararon en moldes de 10 cm de diámetro mediante casting a temperatura ambiente obteniendo tres muestras por cada tipo de película.

Los tomates Cherry son de gran consumo alrededor del mundo, y presenta problemas de estabilidad luego de ser cosechados resultando en agrietamientos, putrefacción a partir de la aparición de “manchas amarillentas”. Frente a esta problemática, se postuló el uso de estas películas obtenidas para evaluar su efecto como recubrimientos sobre el tiempo de descomposición de los tomates. Este estudio de estabilidad del tomate frente al tiempo se llevó a cabo a temperatura ambiente y a 5 °C (heladera), realizando un total de tres ensayos para cada película. Además de los tomates recubiertos por las películas AM y OP, se preparó para cada esquema una muestra que fue tomada como blanco (B). Para asegurar la inocuidad del ensayo, previamente todos los tomates fueron lavados en una solución acuosa al 5 % p/v de hipoclorito de sodio. El recubrimiento fue por contacto de la película envoltorio con la superficie del tomate.

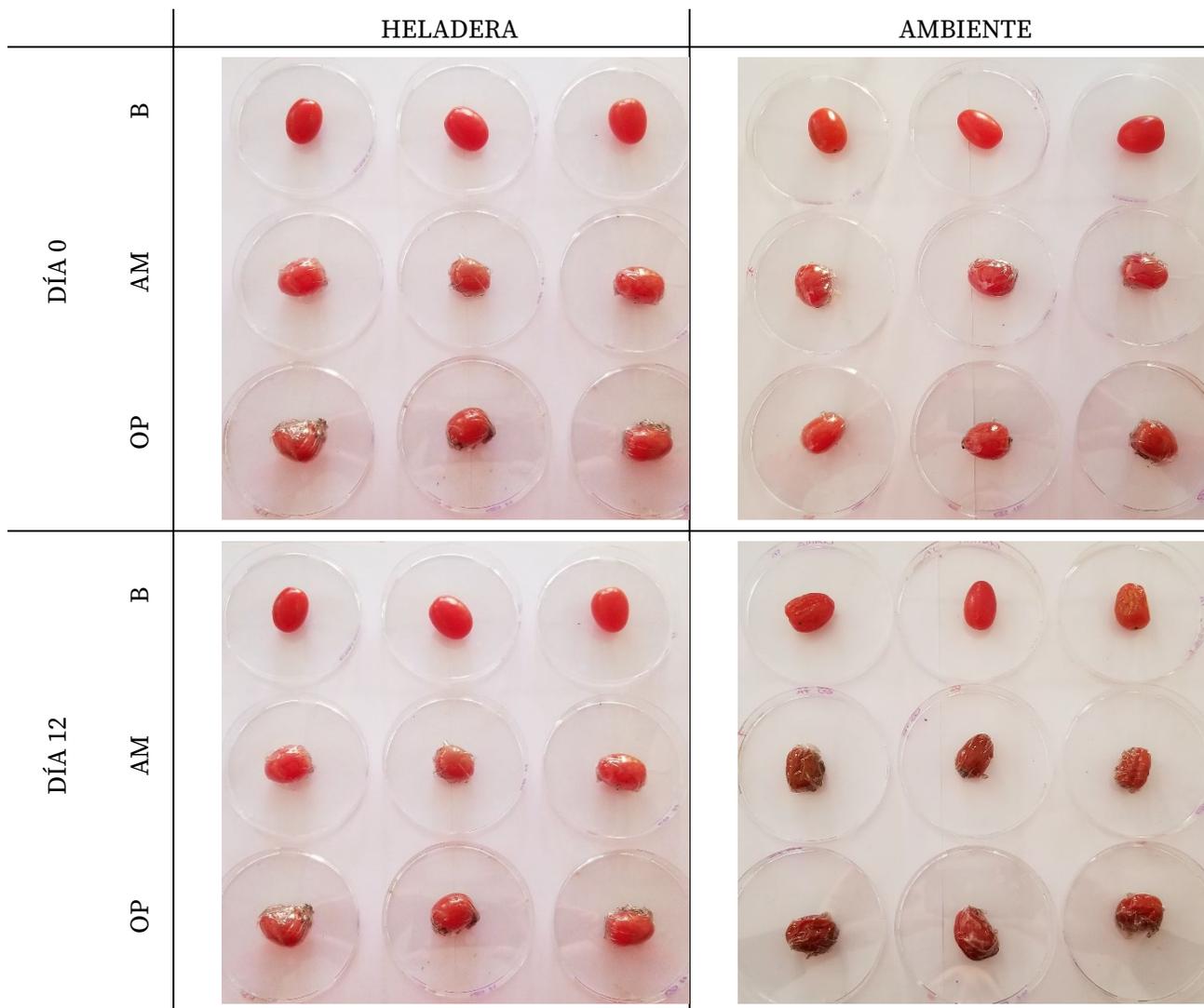


Figura 1. Ensayo de conservación de tomates Cherry mediante recubrimiento con películas a base de quitosano.

La Figura 1 exhibe el esquema del ensayo y muestra el estado inicial y final de los tomates Cherry. Luego de 12 días de evolución se conservaron mejor aquellos tomates que estuvieron en la heladera; además, no se evidenció ningún tipo de anomalía más allá de un simple achicharramiento, característico de este tipo de fruto durante una conservación prolongada, como se puede observar en la Figura 2.



Figura 2. Aspecto de tomate Cerry (AM u OP??) luego de 12 días de evolución en heladera.

En lo que respecta al ensayo llevado a cabo a temperatura ambiente, se pudo determinar que en uno de los 3 tomates Cherry (B) se produjo el desarrollo de un microorganismo no identificado, evidencia que no se presentó en la superficie de ninguna de las muestras recubiertas con películas de quitosano en ese período de tiempo (Figura 3).



Figura 3. Aspecto de tomate Cherry con crecimiento microbiano que no fue recubierto (a) y tomate Cherry “deshidratado”.

En todos los casos las muestras recubiertas presentaron un pardeamiento de su coloración debido a la oxidación de ácido gálico presente en la película con el paso del tiempo en presencia de oxígeno del aire. Simultáneamente, se analizó la pérdida de peso de los tres tipos de muestras de tomates a lo largo del tiempo a 5 y 25°C.

La Figura 4 muestra el desempeño de la cinética de pérdida de masa de los tomates a temperatura ambiente. El seguimiento de este parámetro hasta los 12 días no refleja diferencias significativas entre las muestras, lo cual manifiesta un adecuado desempeño por parte de las películas; sin embargo, después de este período los tomates recubiertos incrementan su cinética de pérdida de masa en relación con el tomate sin recubrimiento hasta alcanzar una diferencia del 10 % p/p a los 21 días.

Evidentemente la presencia del recubrimiento modifica la tasa de transferencia de humedad y la difusión de gases, factores que pueden alterar la cinética de la descomposición bioquímica del tomate. En este sentido, se infiere que la película de quitosano adherida sobre el fruto de tomate genera tensiones en la superficie que pudieron injuriar de la piel de la muestra. Por ese motivo, surge la necesidad de evaluar en un trabajo a futuro la influencia del espesor de estas películas en su desempeño como recubrimiento de estas muestras de tomates.

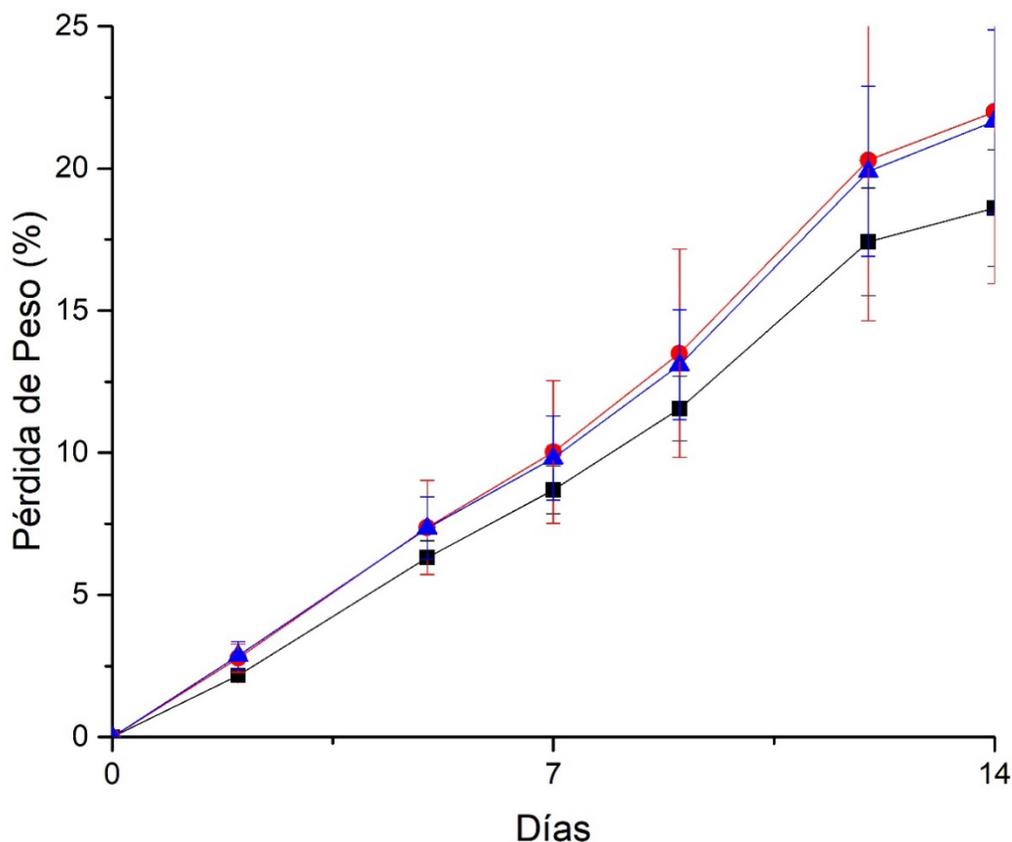


Figura 4. Pérdida de peso de tomates tipo cherry a temperatura ambiente a lo largo del tiempo sin recubrimiento (■), recubierto con película ambiente (●), recubierto con película óptima (▲).

Queda como trabajo a futuro, la identificación del microorganismo que estaría atacando al fruto y que la película de quitosano estaría protegiendo.

Conclusiones

Los desarrollos de películas envoltorios para la conservación de alimentos presentados resultan prometedores para continuar trabajando en el futuro inmediato. En este caso, la utilización de envoltorios de películas a base de quitosano para recubrimiento de tomates Cherry, presentan un efecto protector frente a un microorganismo no conocido. Además de completar la caracterización del microorganismo se plantea evaluar a futuro el efecto del espesor del recubrimiento en su desempeño para la conservación de tomates. Estos resultados permitieron evidenciar algunas de las propiedades fisicoquímicas de las películas envoltorios necesarias para alcanzar un adecuado desempeño. Las tendencias obtenidas en este estudio han resultado ser prometedoras en términos del diseño de materiales para un uso específico.

Referencias

- Herrera, H. D. J., Hurtado-Salazar, A., & Ceballos-Aguirre, N. (2016). Estudio técnico y económico del tomate tipo cereza elite (*Solanum lycopersicum* L. var. cerasiforme) bajo condiciones semicontroladas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(2), 290. <https://doi.org/10.17584/RCCH.2015V9I2.4185>
- Raspo, M. A., Gomez, C. G., & Andreatta, A. E. (2018). Optimization of antioxidant, mechanical and chemical physical properties of chitosan-sorbitol-gallic acid films by response surface methodology. *Polymer Testing*, 70, 180–187. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2018.07.003>
- Rinaudo, M. (2006). Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in Polymer Science*, 31, 603–632. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2006.06.001>
- Van Den Broek, L. A. M., Knoop, R. J. I., Kappen, F. H. J., & Boeriu, C. G. (2015). Chitosan films and blends for packaging material. *Carbohydrate Polymers*, 116, 237–242. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.07.039>
- Zarandona, I., Puertas, A. I., Dueñas, M. T., Guerrero, P., & de la Caba, K. (2020). Assessment of active chitosan films incorporated with gallic acid. *Food Hydrocolloids*, 101. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105486>

Valorización de biomasa residual olivícola mediante pirólisis catalítica

Valorisation of olive biomass waste by catalytic pyrolysis

Nancy Florentina Bálamo

Centro de Investigación y Tecnología Química, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

nbalsamo@frc.utn.edu.ar

Ayelén María Mansilla

Centro de Investigación y Tecnología Química, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

ayelenmansilla12@gmail.com – 71900@quimica.frc.utn.edu.ar

Eliana Marcela Salgán

Centro de Investigación y Tecnología Química, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

salgan.eliana@gmail.com – 70170@quimica.frc.utn.edu.ar

Dolores María E. Álvarez

Centro de Investigación y Tecnología Química, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

mcrivello@frc.utn.edu.ar

Mónica Elsie Crivello

Centro de Investigación y Tecnología Química, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

mcrivello@frc.utn.edu.ar

Resumen

En el proceso industrial de la elaboración de aceitunas de mesa, la biomasa residual corresponde a las partes del olivo (hojas, frutos, semillas, ramas) y también a residuos generados en los procesos de obtención del producto final. El tratamiento o disposición final de esa biomasa residual es un problema ambiental que debe afrontar este sector productivo. La composición de esta biomasa residual es fundamental para definir los procesos de transformación más económicos y sustentables. La pirólisis rápida con o sin catalizador es una tecnología prometedora para la utilización eficaz de la biomasa residual; en cuyo proceso de transformación, mediante la aplicación de energía y en ausencia de oxígeno, se transforma en tres productos, biocarbón, biolíquidos y biogas. El biolíquido es una mezcla compleja de muchos productos químicos, algunos de gran valor agregado porque cubren una amplia gama de aplicaciones como la producción de energías y obtención de productos químicos finos.

Palabras clave: Biomasa residual, Carozos de aceituna verdes, Pirólisis, Biolíquidos.

Abstract

In the industrial process of olives, the residual biomass corresponds to the parts of the olive tree (leaves, fruits, seeds, branches) and to waste generated in the processes of obtaining the final product. The treatment or final disposal of this residual biomass is an environmental problem that this productive sector must face. The composition of this residual biomass is essential to define the most economical and sustainable transformation processes. The fast pyrolysis, catalysed or not, is a promising technology for the efficient utilization of residual biomass. This transformation process, through the application of energy and in the absence of oxygen, transformed it into three different products (biochar, bioliquid and biogas). The bioliquid is a complex mixture of many chemical products, some of them with great added value because they cover a wide range of applications, such as, the production of energy and the production of fine chemical products.

Keywords: Residual biomass, Green olives, Pyrolysis, Bioliquids.

Introducción

Los procesos industriales convencionales catalizados homogéneamente generan gran cantidad de subproductos provenientes de la necesidad de neutralizar y remover el catalizador. La sustitución de éstos por catalizadores heterogéneos evita problemas de corrosión, minimiza los residuos y, además, permite recuperar los catalizadores sólidos y reutilizarlos, volviendo dichos procesos más sustentables.

Entre los materiales viables para ser utilizados como catalizadores heterogéneos, se encuentran las nanoarcillas aniónicas sintéticas tales como las hidrotalcitas, los hidróxidos dobles laminares (HDL) y sus óxidos mixtos provenientes del proceso de descomposición térmica. Estos materiales poseen estructura laminar, su fórmula general es: $[M^{2+}_{(1-x)} M^{3+}_x (OH)_2]^{x+} [An^{-x/n} mH_2O]^{-x}$, donde M^{2+} y M^{3+} son cationes de metales di y trivalentes, Mg, Cu, Zn, Al, Fe, La, Ce, etc., mientras que A representa el anión compensador de carga, generalmente carbonato, que junto con “m” moléculas de agua se ubican en el espacio interlaminar; x puede variar entre 0,17 y 0,33, dependiendo de la combinación de metales di y trivalentes. Las propiedades de los HDL están fuertemente influenciadas por la composición y naturaleza de los aniones y cationes. Por descomposición térmica de los HDL se obtienen óxidos metálicos mixtos (OMM). Estos materiales presentan alta área superficial, estabilidad térmica y dispersión homogénea de la fase activa, de allí la importancia de sintetizarlos desde los HDL como precursores. Los óxidos metálicos mixtos derivados de los HDL aumentan su actividad catalítica gracias a la incorporación de una tercera especie metálica a su estructura (Balsamo et al, 2012, 2017, 2019). De esta manera, se pueden desarrollar nuevos materiales con propiedades físicas y químicas específicas.

El término “biomasa” engloba toda la materia orgánica que se encuentra disponible en una base renovable o recurrente. Desde el punto de vista industrial, como materia prima se incluyen también los cultivos de plantas acuáticas y los residuos orgánicos potencialmente revalorizables en procesos industriales, como los aceites usados, etc. (Centi et al, 2011, Zwart, 2006). Aun así, a pesar del gran potencial de la biomasa como materia prima para productos muy diversos, un bajo porcentaje se utiliza a nivel industrial lo que sugiere que aún queda mucho por hacer. Particularmente, el tratamiento y eliminación de biomasa residual de la agroindustria olivícola es uno de los problemas ambientales más graves que sufre este sector productivo debido a que los volúmenes y la composición de los desechos varían según los sistemas de producción específicos.

La composición de la biomasa residual determina la capacidad con la que puede ser convertida en productos finales

o intermedios útiles e influye en la funcionalidad del producto final. A pesar de la heterogeneidad de esta posible materia prima, su constitución se puede dividir en cuatro macromoléculas principales, obteniendo una clasificación

bastante homogénea. Principalmente, un 75 % de la biomasa total se corresponde a hidratos de carbono (en forma de celulosa, hemicelulosa y almidón) y un 20 % está formado por polímeros aromáticos más complejos (denominados lignina), de forma que sólo un 5 % se correspondería a productos minoritarios, como aceites, grasas y proteínas (Corma et al, 2007). Según el tipo de biomasa residual que se considere como materia prima, se ha de determinar cada una de estas fracciones, para posteriormente desarrollar procesos más específicos que permitan su conversión en productos químicos plataforma y productos químicos finales de elevado valor agregado o energía con el fin de lograr una visión holística y sustentable de la problemática de esta agroindustria.

La pirólisis rápida es una tecnología prometedora para la utilización eficaz de la biomasa residual; en cuyo proceso de transformación, mediante la aplicación de energía y en ausencia de oxígeno, se transforma en tres productos de distinto estado de agregación (sólidos, líquidos y gases) (Siciliano et al, 2016). Este proceso de pirólisis rápida se lleva a cabo a temperaturas moderadas, entre 400-600 °C. La diferencia radica en que la biomasa es calentada a velocidades tan altas como 1000 °C/s, dado que bajo estas condiciones se obtiene bio-líquido en mayor proporción. Por lo que, se sintetizaron óxidos metálicos mixtos, potenciando sus propiedades ácido-base, para la valorización de biomasa residual del olivo, en forma sustentable, mediante pirólisis con y sin catalizador.

Desarrollo

Los HDL se sintetizaron por el método de coprecipitación e impregnación por vía húmeda con porcentajes molares Ce de 10, 15 y 30% con respecto a los moles de Al en el material. La relación catiónica molar, $Mg^{2+}/(Al^{3+}+Ce^{3+})$ fue constante e igual a 3.

Los OMM que se obtienen por descomposición térmica de los HDL fueron caracterizados mediante distintas técnicas fisicoquímica. La información, reportada en un trabajo previo (Balsamo et al, 2020), fue fundamentalmente la composición cuali y cuantitativa de las especies superficiales que contienen los materiales sólidos obtenidos y que actuaron como centros catalíticos activos y de sus características estructurales, texturales y ácido-básicas. Las técnicas empleadas fueron entre otras: Difracción de rayos X (XRD) para identificación estructural de los sólidos obtenidos. Medición de propiedades texturales por adsorción de N₂ por método BET. Particularmente en los OMM la identificación del estado químico y la estructura electrónica de los elementos de especies superficiales se realizó por espectroscopía fotoelectrónica de rayos X (XPS). La composición química de los OMM se determinó mediante espectrometría de emisión atómica de plasma por microondas. Cuantificación de moléculas sonda adsorbidas como piridina y su seguimiento por espectroscopía infrarroja (FTIR) para determinación de propiedades ácidas y desorción a temperatura programada con CO₂ para determinar la densidad total y fuerza relativa de sitios básicos.

Los catalizadores probados fueron óxidos metálicos mixtos sintetizados y caracterizados que se mencionan previamente en una proporción de 10 % de la masa de la muestra de residuo.

El equipo de pirólisis utilizado se constituyó en un horno tubular para laboratorio marca Indef, modelo: T-150 que consiste en una mufla cilíndrica fabricada en fibra cerámica provista de termocupla y controlador-programador P.20, un reactor de cuarzo de lecho fijo horizontal, ubicado en el interior del horno (Figura 1). La muestra sólida se colocó en una cápsula de alúmina y se introdujo en el reactor por medio de un brazo de hierro móvil. La introducción de la cápsula a la zona de pirólisis se realiza una vez logradas todas las condiciones de reacción como presión, temperatura y caudal de gas transportador. En el otro extremo del reactor, opuesto al ingreso de la muestra, se encuentra conectado a una bomba de vacío, que permitió tiempos de residencia muy cortos de los productos formados (< 1s). Una vez que los productos primarios emergieron de la zona de pirólisis, fueron atrapados a temperaturas criogénicas (-170°C) evitando reacciones secundarias. El flujo de gas transportador en el sistema, generalmente nitrógeno ultra seco, ayudó a la transferencia de los productos líquidos formados hacia la zona de condensación.

La pirólisis rápida de los carozos de aceituna secos y triturados (tamaño de 177 µm y masa 0,5 g) se llevó a cabo con y sin catalizador y a diferentes temperaturas (300°C a 450°C) para un tiempo de permanencia de la muestra de 20 min en el horno y presión de vacío de 40 mm de Hg, ambos constantes. Una vez alcanzada la temperatura en estudio, se introdujo la muestra al reactor por un período de 20 min de reacción. Transcurridos 15 min de

finalizada la reacción se extraía la trampa de líquidos para luego obtener el biolíquido resultante mediante extracción con acetona que finalmente se evaporaba en un evaporador rotatorio para proceder a pesarlo. La composición química del biolíquido se determinó mediante un cromatógrafo de gases Varian 3800 acoplado con un detector de espectrómetro de masas con una columna capilar HP-5 de 30m x 0,250 mm. La caracterización de los productos se realizó por comparación con la biblioteca NIST considerando un match superior a 80 %. Para cada reacción, se establecieron los rendimientos de la fracción líquida y sólida por peso directo y se calculó la fracción gaseosa por diferencia.



Figura 1: Equipo de pirólisis

Resultados y discusión

Las muestras calcinadas analizadas por DRX para estudiar los óxidos formados indicaron la fase periclase del MgO para los valores de $2\theta = 43,2^\circ$ y $62,3^\circ$ (JCPDS 78-0430). La ausencia de picos intensos característicos de los óxidos de Ce en los difractogramas sugiere la presencia de pequeñas partículas dispersas homogéneamente en la superficie de la matriz de óxidos de Mg y Al. Una reflexión débil y un ensanchamiento del pico a $2\theta=35.5^\circ$ se puede atribuir a las fases de CeO₂. Todos los materiales presentaron propiedades básicas y levemente ácidas (Balsamo et al, 2020). Se evaluó la cantidad de biolíquido producido y su correspondiente composición química principal. Con respecto a los biolíquidos obtenidos por pirólisis rápida, como se puede visualizar en la Tabla 1, un aumento en la temperatura de reacción generó un aumento en el porcentaje de los mismos. Esto indicaría que a mayor temperatura hay una mejor separación de los compuestos que inicialmente integraban la biomasa residual. El porcentaje de gases solo se cuantificó por diferencia respecto de los porcentajes de los sólidos y líquidos obtenidos, ya que no se profundizó en el análisis de dicho producto (Tabla 1).

Tabla 1: Porcentajes de biolíquido, biocarbón y biogás a las temperaturas de operación.

Temperaturas (°C)	Biolíquidos (%)	Biocarbones (%)	Biogás (%)
300	7,6	45,8	46,6
350	15,8	37,8	46,4
400	16	36,1	47,9
450	16,7	31,9	51,4

De las pruebas realizadas se pudo observar que el rendimiento a biolíquido aumenta a medida que la temperatura aumenta hasta 450 °C, aunque los porcentajes obtenidos no son todavía los máximos esperados considerando que las temperaturas probadas son suaves para este tipo de proceso termoquímico. Los cromatogramas de los análisis por CG-MS permitieron analizar la composición de los compuestos obtenidos en los biolíquidos y los que se

identificaron en mayor proporción fueron: pentanal, 2-metoxifenol, 2,6-dimetoxifenol, metilester de ácido octodecanoico y ácido oleico, etc. A partir de latemperatura que produjo mayor proporción de biolíquido se experimentó con distintos contenidos de catalizador. La presencia del catalizador en el proceso mostró un aumento en la formación de metoxifenoles y pentanal y una disminución de los ácidos grasos insaturados y ésteres. Es decir, una tendencia al aumento en la obtención de productos de menor masa molecular, verificando mayor selectividad a medida que el contenido de Ce aumentó. Cabe destacar que pentanal, 2-metoxifenol, 2,6-dimetoxifenol, son compuestos con aplicación en la industria alimenticia como saborizantes.

El área superficial obtenida de los biocarbones, alrededor de 10 m²/g, no satisfizo los criterios para ser considerados carbones activados, por lo que se buscará incrementarla mediante activación fisicoquímica para obtener un material con características adsorbentes

Conclusiones

La síntesis favorable de los óxidos mixtos a partir de los hidróxidos dobles laminares permite disponer de un material con propiedades catalíticas adecuadas y de bajo costo para ser utilizados en procesos eco-compatibles. Se ha obtenido mediante un proceso de pirólisis rápida, biolíquido a partir de los residuos de la agroindustria de elaboración de aceitunas. Los rendimientos obtenidos fueron favorables. Los resultados del presente estudio revelaron que la temperatura de pirólisis tuvo un efecto significativo sobre la proporción de producto líquido obtenido. Durante el proceso catalítico se incrementó la selectividad hacia determinados productos de importancia en química fina, como metoxifenoles y pentanal. La utilización de residuos agroindustriales puede ayudar a reducir y evitar la contaminación ambiental, con múltiples aplicaciones como materia prima de alto valor para las industrias química, farmacéutica y alimenticia, entre otras.

Referencias

- Bálsamo, N., Mendieta, S., Heredia, A., & Crivello, M. (2020). Nanoclays as dispersing precursors of La and Ce oxide catalysts to produce high-valued derivatives of biodiesel by-product. *Molecular Catalysis*, 481, 110290-110298. <https://doi.org/10.1016/j.mcat.2019.01.010>
- Bálsamo, N.F., Mendieta, S.N., Vasiliev, A., & Crivello, M.E. (2019). Effect of cesium incorporation in hydrotalcite-like compounds. *Adsorption*, 25, 1329–1335. <https://doi.org/10.1007/s10450-019-00095-5>
- Bálsamo N.F., Sapag, M.K., Oliva, M.I., Pecchi, G.A., Eimer, G.A. & Crivello, M.E. (2017). Mixed oxides tuned with alkaline metals to improve glycerolysis for sustainable biodiesel production. *Catalysis Today*, 279(2), 209–216. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2016.06.005>
- Bálsamo, N., Mendieta, S., Oliva, M., Eimer, G., & Crivello, M. (2012). Synthesis and characterization of metal mixed oxides from layered double hydroxides. *Procedia Material Science*, 1, 506 – 513.
- Centi, G., Lanzafame, P., & Perathnoer, S. (2011). Analysis of the alternative routes in the catalytic transformation of lignocellulosic materials. *Catalysis Today*, 167 (1), 14-30. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2010.10.099>
- Corma, A., Iborra, S., & Velty, A. (2007). Chemical routes for the transformation of biomass into chemicals. *Chemical Reviews*, 107, 2411–2502. <https://doi.org/10.1021/cr050989d>
- Siciliano, A., Stillitano, M.A., & De Rosa, S. (2016). Biogas production from wet olive mill wastes pretreated with hydrogen peroxide in alkaline conditions. *Energy*, 85, 903-916. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.07.029>

Valorización de glicerol mediante el desarrollo de óxidos mixtos modificados con metales de transición

Glycerol valorization through the development of transition metal-modified mixed oxides

Dalma Sofía Argüello

Centro de Investigación y Tecnología Química, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

darguello@frc.utn.edu.ar

Nancy Florentina Bálsamo

Centro de Investigación y Tecnología Química, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

nbalsamo@frc.utn.edu.ar

Mónica Elsie Crivello

Centro de Investigación y Tecnología Química, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional, Argentina.

mcrivello@frc.utn.edu.ar

Resumen

El glicerol generado como subproducto en la producción del biodiesel puede ser utilizado como materia prima renovable para favorecer económicamente el proceso. Para ello se prepararon hidróxidos dobles laminares por el método de coprecipitación con la incorporación adicional de cobre, níquel o zinc y se calcinaron para obtener los correspondientes óxidos metálicos mixtos. Estos materiales poseen excelentes propiedades para reacciones catalizadas por sitios básicos, como elevada área superficial, alta dispersión de cationes, estabilidad térmica y basicidad superficial. Los materiales fueron caracterizados fisicoquímicamente por DRX, sorción de N₂, MP-AES, DTP-CO₂, SEM y XPS. Los óxidos mixtos fueron evaluados en la conversión catalítica de glicerol hacia un producto de mayor valor agregado, el carbonato de glicerilo. Se obtuvieron rendimientos relativos superiores al 80% atribuibles a una adecuada distribución de la basicidad y de los parámetros texturales. Los catalizadores fueron utilizados en sucesivos ciclos de reacción sin pérdida significativa de su actividad.

Palabras clave: Óxidos mixtos, Catálisis heterogénea, Glicerol, Carbonato de glicerilo.

Abstract

The glycerol generated as a by-product in the production of biodiesel can be used as a renewable raw material to economically favor the process. Thus, layered double hydroxides were prepared by the coprecipitation method with the additional incorporation of copper, nickel or zinc and calcined to obtain the corresponding mixed metal oxides. These materials have excellent properties for catalyzed reactions such as basic sites, high surface area, high cation dispersion, thermal stability and surface basicity. The materials were characterized physicochemically by XRD, N₂ sorption, MP-AES, TPD-CO₂, SEM and XPS. The mixed oxides were evaluated in the catalytic conversion of glycerol towards a product with a higher added value, glyceryl carbonate. Relative yields greater than 80% were obtained, attributable to an adequate distribution of surface basicity and textural parameters. The catalysts were used in successive reaction cycles without significant loss of activity.

Keywords: Mixed oxides, Heterogeneous catalysis, Glycerol, Glycerol carbonate.

Introducción

La producción de biodiesel genera un 10% en peso de glicerol como subproducto, por lo que resulta factible que pueda ser utilizado como materia prima renovable para favorecer económicamente el proceso. La conversión catalítica de glicerol hacia un producto de mayor valor agregado, como el carbonato de glicerilo (CG) resulta de gran interés para la industria por su baja toxicidad, capacidad de hidratación y biodegradación (Sonnati et al., 2013). Este compuesto puede ser utilizado en la industria química, farmacéutica, de baterías de litio, etc. Como alternativa sustentable para producirlo se propone la transesterificación entre el glicerol y un alquil carbonato empleando catalizadores sólidos como los óxidos metálicos mixtos (OMM) derivados de hidróxidos doble laminares (HDL), un tipo de nanoarcillas aniónicas sintéticas (Climent et al., 2010). Los HDL son de estructura laminar y tienen la fórmula general: $[M^{2+}_{(1-x)} M^{3+}_x (OH)_2]^{x+} (A^{n-})_{x/n} \cdot mH_2O$ donde M^{2+} y M^{3+} pueden ser cationes metálicos mono, di, tri y tetravalentes, mientras que A representa el anión compensador de carga, generalmente carbonato, que junto con m moléculas de agua se ubican en el espacio interlaminares; x puede variar entre 0,17 y 0,33, dependiendo de la combinación de metales di y trivalentes. Las propiedades de los HDL están fuertemente influenciadas por la composición y naturaleza de los aniones y cationes. La incorporación de un tercer metal en la estructura permite modificar su comportamiento catalítico tanto en la actividad, como en la selectividad. Los OMM alcanzan una composición homogénea a escala molecular y muestran un comportamiento particular comparado con los óxidos metálicos puros. Debido a la combinación de distintas fases en la red molecular, presentan alta área superficial, estabilidad térmica y dispersión homogénea de la fase activa. En este trabajo se presentan la síntesis y caracterización de los OMM y los estudios de la conversión catalítica de glicerol y etilencarbonato a carbonato de glicerilo utilizando dichos materiales como catalizadores con distinto metal de transición (Cu, Ni o Zn) incorporado.

Metodología

Síntesis de los catalizadores

Los HDL fueron sintetizados por el método de coprecipitación y se incorporaron 15 % en moles de Cu, Ni o Zn con respecto al total de moles de metales divalentes manteniendo una relación molar de ($M^{2+} + Mg^{2+}$): Al^{3+} igual a 3 (donde M indica el metal de transición empleado). Los precursores fueron calcinados a 450 °C por 9 h para obtener los OMM. Los compuestos se designaron como HDL-M(15) y OMM-M(15). Mientras que, las muestras denominadas HDL-MgAl y OMM-MgAl no contienen metal de transición. Los materiales fueron caracterizados por: difracción de rayos X (DRX) para estudiar la estructura cristalina y la presencia de fases. El análisis elemental se llevó a cabo mediante espectrometría de emisión atómica de plasma por microondas (MP-AES). El área superficial y características de los poros de los materiales calcinados, se determinaron mediante análisis de sorción de N₂ a -196

°C. Las morfologías de los catalizadores se observaron mediante microscopía electrónica de barrido de alta resolución (SEM). Por desorción a temperatura programada con molécula sonda de CO₂ (DTP) se determinó la basicidad de la superficie de los OMM. Para conocer el estado de coordinación de las especies de cobre, se realizó espectroscopia UV-vis de reflectancia difusa (UV-vis RD). Las mediciones de espectroscopia de fotoelectrones de rayos X (XPS) se realizaron utilizando un espectrómetro equipado con una fuente de rayos X monocromática de aluminio.

Reacción catalítica

Para la síntesis de CG por transesterificación de glicerol (Gly) y etilencarbonato (EC) se utilizó una relación molar 2:1 de EC:Gly. Las reacciones se realizaron a 70 °C, en ausencia de disolvente, empleando 2,55% en peso de catalizador, durante 90 min. Después del tiempo de reacción, el catalizador sólido se separó por centrifugación y el líquido sobrenadante se analizó por cromatografía gaseosa, empleando un instrumento Agilent Technologies 7820A equipado con una columna capilar HP-20M (25 m x 0,20 mm x 0,20 µm) y un detector FID. Para los cálculos de conversión, rendimiento y selectividad se usó el método de normalización de área empleando factores de respuesta calculados a partir del ciclohexanol como estándar interno. Para los estudios de estabilidad del catalizador, previo a ser reutilizado, el mismo se separó de la mezcla de reacción por centrifugación, se lavó con acetona y se secó a 100 °C.

Resultados y discusión

OMM	M (% at.)		(Mg+M)/Al	
	MP-AES	XPS	MP-AES	XPS
MgAl	0,00	0,00	2,98	1,19
Cu(15)	15,25	15,25	3,04	0,68
Ni(15)	15,45	13,72	3,06	1,33
Zn(15)	14,23	14,35	2,96	1,80

Tabla 1. Composición metálica de los OMM

En la Figura 1(a) se muestran los difractogramas de los HDL, en todos los casos se observan los picos de difracción característicos de estos materiales, lo cual confirmó la formación de la estructura deseada (Marimuthu et al., 2018). El tratamiento térmico de los precursores a 450 °C destruyó la estructura laminar de los HDL, (Fig. 1(b)) dando lugar a los OMM. Los mismos exhibieron picos a 2θ igual a 43° y 63°, que corresponden a las reflexiones (200) y (220), respectivamente, de la estructura periclase de MgO (Fu et al., 2021). No se detectaron fases segregadas, lo que sugiere que los cationes de los metales de transición están dispersos en la matriz de óxidos de Mg y Al, solo se detectó un ligero pico de difracción a 2θ ~ 36° que podría asociarse a la fase de CuO, y ZnO solapada con un pico de MgO. Los resultados de MP-AES resumidos en la Tabla 1 muestran que el contenido del metal de transición fue similar al teórico. Pero en los tres casos se produjo un enriquecimiento de Al en la superficie de los OMM, según los datos obtenidos por XPS.

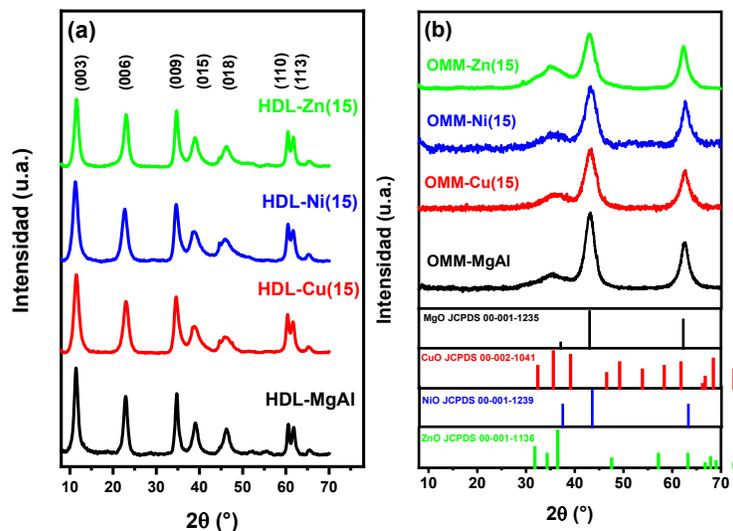


Figura 1. (a) DRX de los HDL y (b) DRX de los OMM.

Material	Área (m^2g^{-1})		OMM	
	HDL	OMM	Diámetro de poro (nm)	Volumen de poros (cm^3g^{-1})
MgAl	110	253	14,00	0,796
Cu(15)	120	248	13,62	0,810
Ni(15)	119	247	11,28	0,806
Zn(15)	118	241	17,48	0,925

Tabla 2. Propiedades texturales de los materiales.

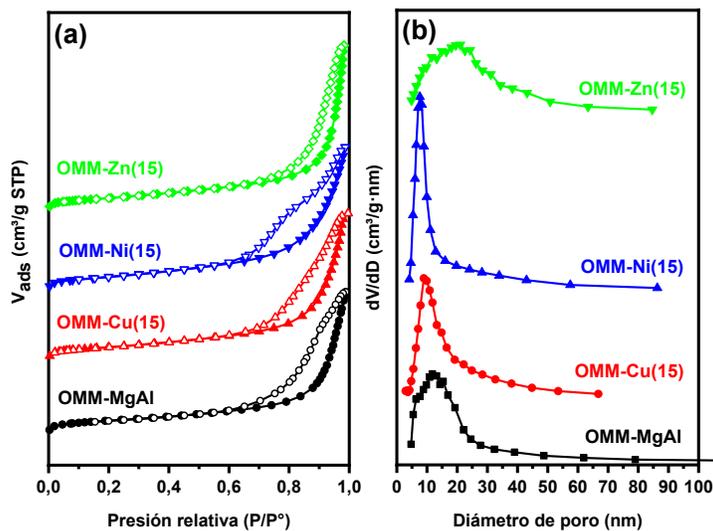


Figura 2. (a) Isothermas de adsorción-desorción de N_2 y (b) distribución de tamaño de poros.

Las propiedades texturales de los catalizadores se determinaron mediante adsorción- desorción de N₂ (Fig. 2), y los resultados se enumeraron en la Tabla 2. Los OMM exhibieron una mayor área superficial que sus precursores debido a la liberación de los aniones CO₃²⁻, como CO₂, durante la calcinación de los mismos. El área superficial disminuye ligeramente con la incorporación del metal de transición (Shen et al., 2017). Según la clasificación de la IUPAC, todos los OMM exhiben isotermas tipo IV con ciclos de histéresis H3 lo que indica la presencia de mesoporos, dato que se confirma por la distribución del tamaño de poros (Marimuthu et al., 2018). Los ciclos de histéresis indican que hay poros en forma de rendija o hendidura formados por el colapso de las capas en la calcinación (Fig. 2(a)). El tamaño y el volumen de poros es similar en los materiales OMM, siendo mayor en el OMM-Zn(15) (Fig. 2(b)).

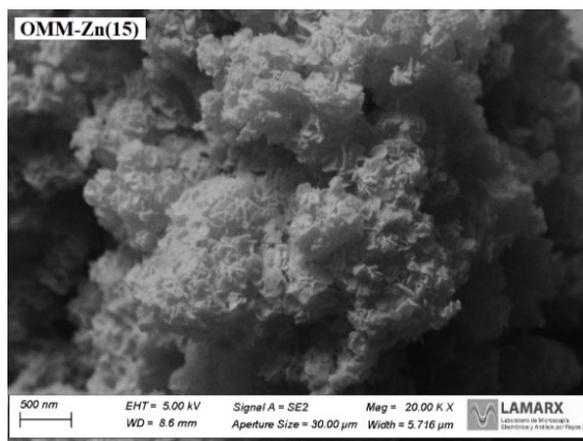


Figura 3. Micrografía SEM del OMM-Zn(15).

De las micrografías obtenidas por SEM se tomó como representativo el OMM-Zn(15) en la Figura 3, ya que todos los OMM presentaron una morfología similar. Se observó que tras la calcinación a 450 °C los OMM presentaron la estructura típica, tipo rosetas. No se observaron cambios notables en la morfología, ni tampoco aglomeración con los distintos metales de transición, lo cual pudo evidenciar la incorporación exitosa de partículas de CuO, NiO u ZnO en la periclasa con un fuerte sinergismo superficial. Las morfologías superficiales coincidieron con el análisis obtenido por las isotermas de adsorción-desorción de N₂ (Marimuthu et al., 2018; Shen et al., 2017).

OMM	Número de sitios básicos (mmol g ⁻¹)				
	Débil (%) ^a	Medio (%)	Fuerte (%)	Muy fuerte (%)	Total
MgAl	1,0 (44)	0,6 (28)	0,6 (28)	-	2,2
Cu(15)	0,7 (45)	0,4 (27)	0,3 (18)	0,1 (9)	1,5
Ni(15)	1,7 (53)	0,4 (11)	1,2 (36)	-	3,2
Zn(15)	1,2 (40)	0,8 (27)	1,0 (33)	-	2,9

Tabla 3. Propiedades básicas de los OMM.

^a El número entre paréntesis indica el porcentaje de la contribución.

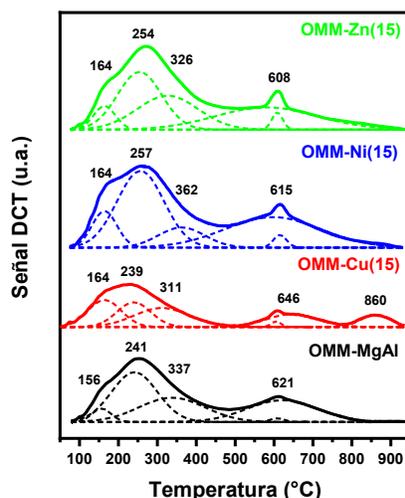


Figura 4: Perfiles de DTP-CO₂ de los OMM.

Se llevaron a cabo estudios de desorción de CO₂ a temperatura programada para comprender la fuerza y concentración de los sitios básicos presentes en la superficie de los catalizadores (Tabla 3). La basicidad del catalizador juega un rol clave en la transesterificación entre el glicerol y el EC, ya que una adecuada fuerza de los sitios básicos es fundamental para extraer el protón del grupo hidroxilo primario del glicerol y mejorar la nucleofilicidad de esta molécula. Los perfiles de desorción fueron deconvolucionados y se distinguieron tres regiones principales de 50-300 °C (se agruparon las sub-bandas con máximos alrededor de 160 °C y 230 °C), de 300-500 °C y de 500-950 °C, asociadas a los sitios básicos débiles, medios y fuertes, respectivamente (Fig. 4). Los sitios básicos débiles corresponden a grupos OH⁻ de superficie. El pico a 310 °C puede atribuirse a los pares ácido-base de Mg²⁺-O²⁻, Al³⁺-O²⁻ y M²⁺-O²⁻ correspondiente a sitios básicos medios. Los picos a una temperatura mayor a 620 °C se atribuyen a los sitios básicos fuertes asociados a los aniones O²⁻ aislados de baja coordinación (Shi et al., 2020). En el OMM-Cu(15), se observó un pico de desorción a alta temperatura a 860 °C, lo que indicó un aumento adicional de la basicidad de los sitios básicos fuertes (Marimuthu et al., 2018). Se observó un predominio de la concentración de sitios básicos débiles y fuertes.

Catalizador	Energía de enlace (eV)		
	O _α (%) ^a	O _β (%)	O _γ (%)
MgAl	529,7 (6)	532,0 (61)	533,5 (33)
Cu(15)	530,3 (23)	532,2 (41)	533,8 (36)
Ni(15)	529,3 (19)	532,3 (69)	534,2 (12)
Zn(15)	529,0 (28)	530,6 (28)	533,0 (44)

Tabla 4. Resultados de la deconvolución de los espectros XPS del O1s de los OMM.

^a El número entre paréntesis indica el porcentaje de la contribución.

En los espectros XPS del O 1s de los OMM se distinguieron tres contribuciones alrededor de 529,5 eV (O_α), 532,0 eV (O_β) y 533,3 eV (O_γ) que son características de las especies de O²⁻ de superficie (oxígeno reticular unido a los cationes metálicos de la estructura), hidróxidos metálicos de superficie (oxígeno adsorbido en la superficie) y

oxígeno carboxilo de los carbonatos o especies de H₂O adsorbidas, respectivamente. Las energías de enlace y el porcentaje de cada contribución se resumen en la Tabla 4 (Fu et al., 2021). La presencia significativa del carácter de O²⁻ es consistente con la presencia de sitios básicos fuertes de Lewis en los catalizadores OMM.

La Tabla 5 resume la actividad catalítica de los catalizadores OMM para la reacción de transesterificación entre el glicerol y EC a los 15 y 90 min de reacción. Los parámetros de reacción mencionados en la metodología fueron elegidos en base a estudios de optimización previa del OMM-Cu(15). Las selectividades y rendimientos obtenidos son relativos al CG y glicidol (GD) formados. Los rendimientos a CG a los 90 min disminuyeron en el siguiente orden: OMM-Cu(15)>OMM-Ni(15)>OMM-Zn(15)>OMM-MgAl. El mayor rendimiento del OMM-Cu(15) podría atribuirse a la presencia de sitios básicos muy fuertes que no presentaron los otros OMM. En general, la introducción del metal de transición favoreció la conversión y la selectividad a CG, con respecto al OMM-MgAl, aunque se produjo una pequeña cantidad de GD por la descarbonilación del CG que se hizo más evidente a los 90 min (Wang et al., 2018). Estos resultados indicaron que la actividad de los OMM se puede asociar a la basicidad, el área superficial, el diámetro y volumen de poros.

Catalizador OMM	Tiempo (min)	Conversión de Gly (%)	Selectividad a CG (%)	Rendimiento a CG (%)	Selectividad a GD (%)
MgAl	15	83,2	94,8	78,9	5,2
	90	95,9	89,4	85,7	10,6
Cu(15)	15	89,4	82,8	74,0	17,2
	90	95,6	93,6	89,5	6,4
Ni(15)	15	82,4	99,2	81,7	0,8
	90	91,8	96,9	89,0	3,1
Zn(15)	15	81,4	97,8	79,6	2,2
	90	90,5	95,3	86,3	4,7

Tabla 5. Actividad catalítica de los catalizadores.

4

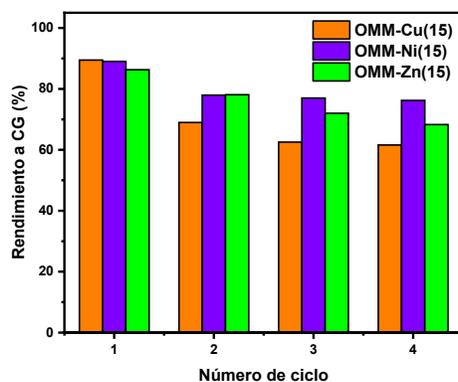


Figura 5. Reutilización de los catalizadores.

Para obtener información sobre la estabilidad de los catalizadores, los OMM-Cu(15), OMM-Ni(15) y OMM-Zn(15) fueron reutilizados en la reacción de transesterificación, bajo las mismas condiciones, y los resultados se presentan en la Figura 5. Con el OMM-Cu(15), se produjo una reducción pronunciada del rendimiento a CG (61,6 %), con cuatro ciclos de reutilización.

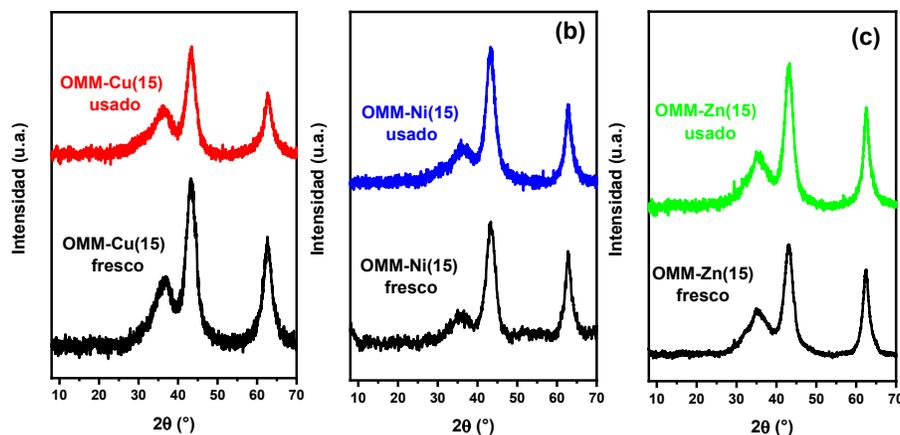


Figura 6. (a) DRX del OMM-Cu(15) fresco y usado; (b) DRX del OMM-Ni(15) fresco y usado; (c) DRX del OMM-Zn(15) fresco y usado.

Cuando se utilizó el OMM-Ni(15), al cuarto ciclo de reacción se observó que el rendimiento a CG disminuyó ligeramente a 76,2 %. En cambio, con el OMM-Zn(15) se obtuvo una disminución del rendimiento a CG de un 68,3 % en el último ciclo de reacción. Por lo tanto, la desactivación del catalizador se vio más afectada en el que contenía Cu, mientras que la que menos se redujo fue la del OMM-Ni(15), a lo largo de los cuatro ciclos de reacción. Esta tendencia estuvo de acuerdo con el número de sitios básicos totales que disminuyó en el siguiente orden: OMM-Ni(15) ($3,2 \text{ mmol g}^{-1}$) > OMM-Zn(15) ($2,9 \text{ mmol g}^{-1}$) > OMM-Cu(15) ($1,5 \text{ mmol g}^{-1}$). Los patrones de DRX de los OMM frescos y usados, luego de los 4 ciclos se muestran en la Figura 6. No se evidenciaron cambios de fases y se mantuvieron las estructuras. En consecuencia, los resultados de la evaluación catalítica indicaron que si bien se obtuvo un mejor rendimiento a CG con el OMM-Cu(15), luego de los estudios de reutilización de los catalizadores y la posterior caracterización fisicoquímica, el OMM-Ni(15) demostró una mejor performance con una buena estabilidad catalítica.

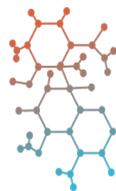
Conclusión

En el presente estudio, los óxidos mixtos a base de Mg y Al con Cu, Ni o Zn como tercer metal incorporado, fueron obtenidos por descomposición térmica de los HDL mediante el método de coprecipitación. Los óxidos mixtos sintetizados fueron eficientes para la síntesis de CG a través de la transesterificación libre de solvente entre el glicerol y el EC. Los resultados de la caracterización fisicoquímica del catalizador demostraron que los OMM presentaron una buena área superficial, volumen de poros y basicidad superficial. Además, la incorporación del metal de transición en la matriz de Mg-Al mostró una influencia en la distribución de la fuerza básica de superficie, lo que benefició la actividad catalítica. El OMM-Cu(15) y el OMM-Ni(15) presentaron los mejores rendimientos a CG de 89,5 % y 89% respectivamente que dependió de la mayor área superficial y de la densidad de sitios básicos de mayor fortaleza que no tuvieron los otros OMM. Sin embargo, en los experimentos de reutilización de los catalizadores, el OMM-Ni(15) demostró una mejor performance con una buena estabilidad catalítica ya que pudo reutilizarse al menos cuatro veces sin una pérdida significativa de su actividad. Por lo tanto, este trabajo ha proporcionado un sistema catalítico activo, estable y práctico para una síntesis de carbonato de glicerilo más económica y sostenible a partir de glicerol y etilencarbonato.

Referencias

- Bravo-Suárez, J. J., Subramaniam, B., & Chaudhari, R. V. (2012). Ultraviolet-visible spectroscopy and temperature-programmed techniques as tools for structural characterization of Cu in CuMgAlO_x mixed metal oxides. *Journal of Physical Chemistry C*, 116(34), 18207–18221. <https://doi.org/10.1021/jp303631v>
- Climent, M. J., Corma, A., De Frutos, P., Iborra, S., Noy, M., Velty, A., & Concepción, P. (2010). Chemicals from biomass: Synthesis of glycerol carbonate by transesterification and carbonylation with urea with hydrotalcite catalysts. The role of acid-base pairs. *Journal of Catalysis*, 269(1), 140–149. <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2009.11.001>
- Comelli, N. A., Ruiz, M. L., Aparicio, M. S. L., Merino, N. A., Cecilia, J. A., Rodríguez-Castellón, E., Lick, I. D., & Ponzzi, M. I. (2018). Influence of the synthetic conditions on the composition, morphology of CuMgAl hydrotalcites and their use as catalytic precursor in diesel soot combustion reactions. *Applied Clay Science*, 157(February), 148–157. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2018.02.039>
- Fu, X., Ren, X., Shen, J., Jiang, Y., Wang, Y., Orooji, Y., Xu, W., & Liang, J. (2021). Synergistic catalytic hydrogenation of furfural to 1,2-pentanediol and 1,5-pentanediol with LDO derived from CuMgAl hydrotalcite. *Molecular Catalysis*, 499(July 2020), 111298. <https://doi.org/10.1016/j.mcat.2020.111298>
- Luggren, P. J., Apesteguía, C. R., & Di Cosimo, J. I. (2016). Upgrading of biomass-derived 2-hexanol to liquid transportation fuels on Cu-Mg-Al mixed oxides. Effect of Cu content. *Fuel*, 177, 28–38. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.02.084>
- Marimuthu, M., Marimuthu, P., Ashok, A. K., Palanivelu, S., & Rajagopalan, V. (2018). Tuning the basicity of Cu-based mixed oxide catalysts towards the efficient conversion of glycerol to glycerol carbonate. *Molecular Catalysis*, 460(September), 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.mcat.2018.09.002>
- Shen, L. L., Xia, K., Lang, W. Z., Chu, L. F., Yan, X., & Guo, Y. J. (2017). The effects of calcination temperature of support on PtIn/Mg(Al)O catalysts for propane dehydrogenation reaction. *Chemical Engineering Journal*, 324, 336–346. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.05.058>
- Shi, J., He, Y., Ma, K., Tang, S., Liu, C., Yue, H., & Liang, B. (2020). Cu active sites confined in MgAl layered double hydroxide for hydrogenation of dimethyl oxalate to ethanol. *Catalysis Today*, March, 0–1. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2020.04.042>
- Sonnati, M. O., Amigoni, S., Taffin De Givenchy, E. P., Darmanin, T., Choulet, O., & Guittard, F. (2013). Glycerol carbonate as a versatile building block for tomorrow: Synthesis, reactivity, properties and applications. *Green Chemistry*, 15(2), 283–306. <https://doi.org/10.1039/c2gc36525a>
- Wang, D., Zhang, X., Cong, X., Liu, S., & Zhou, D. (2018). Influence of Zr on the performance of Mg-Al catalysts via hydrotalcite-like precursors for the synthesis of glycerol carbonate from urea and glycerol. *Applied Catalysis A: General*, 555(January), 36–46. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2018.02.009>

Licenciatura en Administración Rural



La degradación de los suelos y los costos ocultos asociados

Soil degradation and associated hidden costs

Javier Vignolo

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina
javignolo@sanfrancisco.utn.edu.ar

Natalia Benedetich

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina

Stefania Capello

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina

Daniel Ricci

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina

Mónica Serra

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina

Maricel Rovasio

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Córdoba, Argentina

Resumen

Este trabajo intenta lograr un acercamiento a los costos asociados con la degradación de los suelos, realizando una compilación exhaustiva de material bibliográfico; que contempla la modificación del ambiente, que afecta negativamente el desarrollo de la población al incrementar los problemas edáficos y reducir la productividad, elevando los riesgos ecosistémicos.

Las dimensiones social y ambiental son generalmente ignoradas por el mercado, generando desequilibrios; actualmente las actividades productivas giran alrededor de la economía y sus ramas del conocimiento, sin considerar los efectos indirectos que no se registran en la misma, como la disminución de reservas y el costo ambiental que tarde o temprano deberá remediarse, acumulándose una suerte de “deuda ambiental oculta”.

La falta de comunicación entre investigadores y usuarios, sumado a la inacción institucional, generan una restricción para implementar alternativas de manejo conservacionista, lo que favorece el aumento de los “Costos ocultos de producción”.

Palabras claves: Degradación. Suelo. Población. Costos. Sostenible

Abstract

This work tries to achieve an approach to the costs associated with soil degradation, carrying out an exhaustive compilation of bibliographic material; that contemplates the modification of the environment, which negatively affects the development of the population by increasing edaphic problems and reducing productivity, increasing ecosystem risks.

The social and environmental dimensions are generally ignored by the market, generating imbalances; Currently, productive activities revolve around the economy and its branches of knowledge, without considering the indirect effects that are not registered in it, the decrease in reserves and the environmental cost sooner or later must be remedied, accumulating a kind of "environmental debt hidden".

The lack of communication between researchers and users, added to institutional inaction, is a restriction to implement conservation management alternatives, increasing the “hidden costs of production”.

Keywords: Degradation. Soil. Population. Costs Sustainable

Introducción

Este trabajo se realizó mediante una exhaustiva búsqueda de material bibliográfico con el objetivo de lograr un acercamiento entre la problemática mundial vinculada a la degradación de los suelos y los costos ocultos asociados a la sostenibilidad de los sistemas; razón por la cual los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 2030 planteados por Naciones Unidas, deben oficializar como guía para la investigación, convencidos que nuestro trabajo puede colaborar con el ODS 2.4. “asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortaleciendo la capacidad de adaptación al cambio climático”; el ODS 12.2 “lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales”; y el ODS 15 “promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y frenar la pérdida de la diversidad biológica”.

A comienzos del siglo XXI, el hombre se encuentra frente a uno de los problemas que con mayor seriedad deberá abordar de aquí en adelante: el impacto de las actividades humanas sobre los sistemas naturales. Casi todas las actividades humanas afectan en mayor o menor medida al ambiente y este grado de afectación puede variar tanto en la escala espacial (efecto local a global) como en la escala temporal (efecto circunstancial o episódico a crónico). Como los ecosistemas naturales proveen una serie de servicios ecológicos esenciales para el sostenimiento de la vida humana y el desarrollo de emprendimientos productivos, el deterioro de estos ambientes afecta significativamente su capacidad para seguir manteniendo estos servicios. La escasa toma de conciencia acerca de esto, se debe fundamentalmente a que los servicios ecológicos referidos no poseen un valor comercial tangible, pero hacen intrínsecamente a la calidad de vida en la Tierra; los más destacados son el mantenimiento de la biodiversidad, la moderación de los fenómenos meteorológicos, el ciclado de nutrientes y materiales, la purificación del agua y el aire, la regulación de la composición atmosférica, la detoxificación y descomposición de residuos, el control de la erosión y la recreación o estímulo intelectual del ser humano (Martin et al., 2014).

Según el Manual de buenas prácticas para la conservación del suelo, la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (Área piloto aldea San Martín, Entre Ríos) la economía argentina ha estado tradicionalmente ligada al sector agrícola-ganadero, el cual ha sido sostenido por la riqueza de los recursos naturales del país y de los servicios ecosistémicos que los ambientes naturales y los paisajes rurales proveen. Desde mediados del siglo XX, el incremento en la conversión de ecosistemas naturales en tierras de cultivo y pasturas, junto a la aplicación de prácticas agropecuarias de manejo inadecuadas, se han vuelto una amenaza a la integridad de distintas ecorregiones del país, incluida la de las Pampas. Esta conversión de hábitats naturales ha traído aparejada la disminución en la provisión de servicios ecosistémicos, lo cual, por ende, afecta el bienestar de los seres humanos y reduce las oportunidades de desarrollo a mediano y largo plazo al incrementar, por ejemplo, la erosión de suelos y reducir la productividad, aumentando el riesgo de cambios no lineales en los ecosistemas y disminuyendo la calidad de vida de los sectores más vulnerables de la sociedad. En general, en los procesos de toma de decisiones en el país no se han considerado dichos impactos sobre la provisión de servicios ecosistémicos debido, entre otras causas, a vacíos de conocimiento sobre los mismos y sobre las externalidades causadas por las actividades productivas. Si bien se han logrado progresos dentro de sectores claves como la agricultura y la silvicultura, en la definición de prácticas y políticas para el ordenamiento del uso de la tierra, su adopción por parte de los actores privados se ve muchas veces obstaculizada, ya que las evaluaciones económicas privadas no toman totalmente en cuenta los impactos indirectos –tanto positivos como negativos– de los procesos productivos. Por otro lado, en los últimos años se ha comenzado a entender la necesidad de considerar los valores de los servicios ecosistémicos en el marco de la toma de decisiones y de desarrollar mecanismos que compensen a los dueños de la tierra por el suministro continuo de tales servicios a través de la adopción de uso adecuado del suelo y de la aplicación de prácticas de manejo que tienden a mantener la integridad de los ecosistemas (Nkonya et al., 2011).

Teniendo en cuenta la investigación de (Cowie et al., 2018), en la cual explican que la salud y la productividad de los recursos terrestres mundiales están disminuyendo, mientras que la demanda de esos recursos está aumentando; surge el concepto de la neutralidad en la degradación de la tierra, que es mantener o mejorar el capital natural terrestre y sus servicios ecosistémicos asociados. Cabe mencionar que el marco conceptual científico para la neutralidad en la degradación de la tierra se ha desarrollado para proporcionar un enfoque científico para su planificación, implementación y seguimiento.

Desarrollo

La modificación del ambiente, a través de la degradación de la tierra, es un proceso perjudicial que afecta negativamente el desarrollo de la población. Una de las consecuencias se da en el rendimiento de los cultivos, que va disminuyendo a medida que

avanza la degradación. Con el tiempo, cambia también el uso que se da a esa tierra: de ser cultivable se convierte en área de pastoreo; luego, se cubre de maleza y, finalmente, se torna árida. Muchas tierras aptas para cultivo se pierden, pues éstas son destinadas en la actualidad a usos no agrícolas. Las causas principales son la expansión urbana, la construcción de carreteras, la minería y la industria. Aparte de estas formas de pérdida, existen otras de degradación de la tierra, como la acumulación salina, daños físicos y biológicos, erosión eólica y erosión hídrica (Encina Rojas et al., 2003).

Según el artículo publicado por (Nkonya, 2011), las causas inmediatas de la degradación de la tierra incluyen causas biofísicas y prácticas de gestión insostenibles. Las causas biofísicas que contribuyen incluyen la topografía, que determina el peligro de erosión del suelo, y las condiciones climáticas, como la lluvia, el viento y la temperatura. Las prácticas insostenibles de gestión de la tierra, como la deforestación, la degradación forestal, la extracción de nutrientes del suelo y el cultivo en pendientes pronunciadas también contribuyen directamente a la degradación de la tierra.

Algunas de las causas subyacentes de la degradación de los suelos, incluyen la densidad de población, la pobreza, la tenencia, el acceso a grandes extensiones agrícolas, la infraestructura y los mercados, así como las políticas de gobierno que promueven o no regulan las prácticas degradantes.

Principales procesos de degradación que afectan a los suelos - En Argentina este proceso de degradación afecta principalmente a zonas con agricultura permanente o con rotaciones con fases agrícolas prolongadas. Son ejemplo de regiones afectadas por degradación física, amplias áreas de la pampa ondulada (parte de Buenos Aires, sur de Santa Fe y sudeste de Córdoba), con neto predominio de agricultura continua, y la región chaqueña y pampeana semiárida con suelos limosos y arenosos, respectivamente.

En la provincia de Córdoba, el proceso de erosión eólica es típico del Oeste y del Sudoeste de la provincia, principalmente en los Departamentos General Roca, Río Cuarto, Juárez Celman y Tercero Arriba. El fenómeno de la migración de la producción de maní hacia los Departamentos Río Cuarto, Juárez Celman y General Roca (en este último, según datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación pasó de 3.500 hectáreas (ha) sembradas en 1998 a 116.000 ha en 2012) incrementó la susceptibilidad de los suelos y la frecuencia de ocurrencia del fenómeno de “voladuras”, en especial en la etapa invernal luego del arrancado y particularmente en años secos. Los principales departamentos afectados por erosión hídrica son Tercero Arriba, Río Cuarto, Calamuchita y Marcos Juárez. El cambio e intensificación del uso del suelo en ambientes frágiles, y la simplificación de las rotaciones y monocultivo de soja contribuyeron a incrementar el proceso erosivo. Las cárcavas representan una de las formas más severas de erosión por su impacto en el deterioro de la infraestructura vial y por su alta producción de sedimentos (Cisneros et al., 2012).

En cuanto al anegamiento por elevación de napas, la superficie total afectada en la provincia alcanza 1,7 millones de ha., de las cuales 880.000 ha corresponden a tierras de aptitud agrícola, y el resto a zonas de bajos naturales con aptitud de uso ganadero o humedales para reserva de la biodiversidad y control de inundaciones. En la provincia de Santa Fe, las cuencas hidrográficas con mayores signos de erosión hídrica son las del río Carcarañá, arroyos San Lorenzo, Ludueña, Frías, Seco, Pavón y del Medio; y las cañadas de Gómez, del Chupino y de los Leones, todas ubicadas en la Pampa Ondulada, al Sur de la provincia. Más allá de estas cuencas, donde el problema de la erosión hídrica es generalizado, deben destacarse sitios de la provincia donde el proceso ocurre en sectores menores en cuanto a la superficie, pero con una intensidad (tasa de pérdida de suelos) importante. Este es el caso de algunas cuencas de segundo y tercer orden de la cuenca media y baja del río Salado. Principalmente los daños por inundaciones en el sector agropecuario comenzaron a manifestarse a partir de octubre de 2002 y abril de 2003 como resultado de una combinación de factores. Entre ellos, merecen mencionarse la incidencia de lluvias extremadamente altas, una escorrentía superficial en el área Norte de la provincia que comenzó a generar daños por inundaciones y/o por afloramiento de la capa freática en una gran cantidad de distritos, principalmente de los departamentos del Noroeste de la provincia desde el inicio del año. En años posteriores se extendieron al Centro y Sur de la provincia, llegando a afectar en el año 2009 una superficie de 4.960.000 ha, correspondiendo a un 37,3% de la superficie total del territorio provincial. La salinización, asociada a la presencia de napas elevadas, está presente en amplias regiones del Norte y del centro de la provincia, pero también aparece como limitante menos importante en el área Sur de Santa Fe (Casas, 2015).

En un trabajo realizado por la (Food and Agriculture Organization of the United, 1988), sobre el uso sostenible de la tierra, la erosión del suelo y sus consecuencias en la subregión pampa ondulada (provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba) – ha permitido conocer la magnitud de la erosión hídrica y estimar la disminución de la productividad de los suelos de pradera más valiosos del país. Esta región que abarca aproximadamente 4.600.000 ha, presenta un total de tierras erosionadas de 1.600.800 ha, es decir que el 34,8% de la superficie presenta algún grado de erosión.

Degradación física. Las partículas que constituyen el suelo: arena, limo, arcilla y la materia orgánica, conforman una estructura que permite la entrada de agua, de aire y el crecimiento de las raíces. Cuando esta estructura es afectada por el hombre a través de una explotación irracional de la tierra, se alteran el movimiento del agua en el suelo, el intercambio gaseoso y el crecimiento radicular. El deterioro de la estructura natural del suelo como resultado de un uso agrícola intensivo, sin prestar atención a la rotación de cultivos, nivel de materia orgánica, manejo de los rastrojos de cosecha y prácticas de cultivos, es un proceso de

suma importancia en el país. Este deterioro físico se manifiesta por el "planchado" de los suelos o encostramiento, la reducción de la infiltración y el aumento del riesgo de erosión hídrica.

Consecuencias de la erosión- Los efectos de la erosión se producen en el lugar de origen (campo del productor) y también fuera del lugar de origen (diques, ríos, lagos, etc.). En líneas generales puede decirse que en el lugar de origen el fenómeno se traduce en el adelgazamiento de la capa arable y fuera del lugar de origen en sedimentación de partículas. El primer efecto disminuye la productividad del suelo y el segundo provoca daños y perjuicios no tanto a la productividad sino a la infraestructura que afecta principalmente a las poblaciones urbanas, al colmatar diques, canales, aumentar los gastos de potabilización del agua, etc. Se sabe que estos daños son muy importantes, pero en la mayoría de los casos no se tiene una evaluación exacta.

En los suelos de la región pampeana se estima que la erosión hídrica ligera (3 cm de suelo perdido) provoca reducciones en los rendimientos de trigo y maíz del orden de 10%, la moderada (7 cm) del 30%, la severa (15 cm) del 60% y la grave (> de 20 cm) imposibilita los cultivos. Por otra parte, en soja se determinaron pérdidas de 35 kg/ha por centímetro de suelo perdido en la región semiárida central de Córdoba.

Costos ocultos asociados a la degradación - Las pérdidas que el país soporta por el deterioro del suelo en los últimos 10 años, nada más que en la región agrícola principal, ascienden a alrededor de 700 millones de dólares por campaña. Lo más grave de esto es que si el proceso erosivo no es controlado las pérdidas aumentarán con el pasar de los años. La incorporación de tecnología para mantener rendimientos económicamente aceptables aumentará los insumos y finalmente, si las verdaderas causas no son atacadas, los agricultores verán muy comprometida su actividad productiva, y en muchos casos deberán abandonarla (Vázquez et al., 2012).

(Pengue, 2010) amplía el concepto incluyendo las externalidades negativas que esta "nueva agricultura" genera. Según el autor mencionado, al costo de reposición de nutrientes que nadie asume, se suma el costo privado, dando como resultado un costo social, que claramente es la imposibilidad de seguir produciendo alimentos para Argentina y para el mundo al mismo ritmo que en el presente, si no se toman medidas inmediatas, no sólo de balance nutricional de los cultivos, sino también de un cambio de sistemas productivos que conduzcan a la conservación de los recursos naturales y reduzcan sus externalidades. Debe reconocerse que minimizar los perjuicios de la agriculturización, y particularmente, de la sojización, no se limita a saldar un déficit de nutrientes, pues en aras de ello, de no mediar las pautas tecnológicas correctas, pueden aparecer problemas ecológicos secundarios, como la contaminación química, la eutrofización de las aguas y otras problemáticas como la degradación física de los suelos. Paralelamente y en consecuencia, se producen externalidades relacionadas con la salud humana, fruto de las contaminaciones y el importante uso de agroquímicos (Pengue, 2006) (Vázquez, 2012).

Actualmente las actividades productivas giran alrededor de la economía y sus ramas del conocimiento. Una de las críticas más acuciantes al sistema actual de cuentas nacionales deriva de que estas últimas definen la actividad productiva sin considerar los efectos indirectos de dicha producción. Deberían registrarse la disminución de las reservas y el costo ambiental de la contaminación, que tarde o temprano deberá remediarse. Así se acumula una suerte de "deuda ambiental oculta", que se suma a la deuda inter-generacional a largo plazo condicionada por el envejecimiento.

Esto plantea la necesidad de valorar económicamente la calidad ambiental dentro del modelo económico preponderante. Hay que generar conciencia y para ello se necesita, además de los estudios clásicos, cuantificar el valor económico del recurso natural como instrumento para la toma de decisiones. Una aproximación a dicho valor es un primer paso, aunque no sea la única respuesta a los procesos de degradación y sobreexplotación de los recursos. Las decisiones políticas deberían tender al manejo sustentable de los recursos naturales, representando éstos ganancias económicas potenciales, que de ser mal manejadas se extinguirían con rapidez.

Para lograr la integración de los recursos naturales a las cuentas nacionales, primero habría que incluirlos dentro de las cuentas empresariales, de manera tal que las materias primas del medio natural no tenidas en cuenta, se internalizarán en sus sistemas de gestión económica. De este modo, el usuario de los recursos naturales tenderá a no tratarlos como un bien gratuito, su objetivo será el mantenimiento del flujo de beneficios provenientes de los bienes y servicios provistos por ellos. Este enfoque trae aparejados cambios en la evaluación de la eficiencia económica y social, y propone un análisis distinto de la rentabilidad, en el cual el recurso natural es considerado un activo económico y social (Cordone et al., 2012).

Como se menciona en un documento de (INTA, 2003), "la asignación más eficiente de recursos, desde el punto de vista del productor individual, es aquella en la que se maximizan beneficios, considerando exclusivamente los costos privados. Este enfoque está estrechamente asociado con niveles superiores de producción. Dado que no hay señales de mercado asociadas con las dimensiones social y medioambiental, éstas son generalmente ignoradas en el proceso decisorio, generándose distintos desequilibrios. El restablecimiento de los mismos requiere la incorporación de estos costos adicionales, de manera de garantizar la sustentabilidad, tanto de la base de recursos naturales, como la del tejido social que integra los sistemas de producción". Sin pretender abordar por ahora la dimensión social en forma global, si solo se enfoca el cambio de flujo del stock natural, surge entonces preguntarse: ¿la rentabilidad de los actuales sistemas de producción está correctamente calculada?, ¿el resultado económico-financiero del monocultivo de soja que se realiza en el 70% de la región pampeana argentina tiene verdaderamente

saldo favorable?, y si lo fuera ¿cuál es su magnitud real?, ¿existen los datos necesarios para evaluar ese resultado con una metodología que incluya, por lo menos, el servicio del recurso natural suelo?.

El suelo constituye el recurso económico escaso esencial de los sistemas productivos extensivos. La materia orgánica (MO) del suelo es un indicador de su calidad. La pérdida de MO en la región pampeana no es percibida como un hecho preocupante por el productor dado que la soja, principal cultivo, anualmente registra incrementos en el rendimiento. Tampoco constituye un parámetro que determine el valor comercial ni el de arrendamiento de un predio. Sin embargo, los investigadores presentan resultados de trabajos en los que se evidencia que la disminución de MO bajo el actual sistema productivo tiene una magnitud significativa. Esta falta de comunicación entre investigadores y usuarios es una restricción para implementar alternativas de manejo conservacionista. Los “Costos ocultos de producción” son pérdida de: MO, nutrientes, porosidad, agua, etc. Los costos que se computan: semillas, labores, productos químicos, comercialización, alquiler, etc. Debido a esta disparidad se ponen de manifiesto, las siguientes afirmaciones:

- Las exportaciones agroindustriales se hacen en gran parte a expensas del recurso natural suelo. Ello implica un costo oculto “no contabilizado” por las empresas agropecuarias y tampoco incluido en las cuentas nacionales.
- El deterioro del suelo tiene costo privado y costo social. Se propone un análisis de la rentabilidad considerando al suelo como un activo económico y social.
- El manejo nutricional observado determinó un balance más negativo de nutrientes en las secuencias con predominio de soja comparado con aquellas en rotación con gramíneas.

Las metodologías económicas convencionales para evaluar los costos asociados a la pérdida de suelos por actividad agrícola presentan una amplia complejidad en su implementación, debido principalmente a tres elementos claves. El primero es la temporalidad: la tasa de erosión del suelo agrícola es un fenómeno temporal, que afecta negativamente las condiciones futuras de producción. El segundo elemento es espacial: los impactos de la erosión se manifiestan tanto in situ como off situ, y pueden ser difícilmente observables.

El tercero es institucional: aun suponiendo que es posible identificar y evaluar económicamente los costos de la erosión y de las medidas de conservación, la ausencia de esquemas institucionales que establezcan incentivos adecuados para balancearlos puede generar que la tasa de erosión óptima privada sea superior a la tasa óptima social (Trossero, 2020).

(Choumert et al., 2015) investigaron sobre los determinantes del valor de la tierra, obteniendo que la tenencia parece ser una variable particularmente importante, ya que las parcelas alquiladas por personas físicas o por empresas están valoradas negativamente en relación con las parcelas en propiedad, en igualdad de condiciones. Los valores de la tierra reflejan una combinación compleja de beneficios agrícolas, localización, acceso a los mercados y en términos generales, "calidad" ambiental. Además, la localización, la calidad del suelo y la conectividad a las carreteras y los mercados son importantes para explicar los valores de las tierras agrícolas. Esto concuerda, por ejemplo, con los resultados obtenidos en Chile por Troncoso et al. (2010).

En los últimos años, los precios de las tierras agrícolas han aumentado rápidamente, duplicándose y triplicándose en muchas partes del mundo. Esta reevaluación del valor de la tierra ha sido impulsada por el aumento de los precios de los cultivos y la percepción de escasez, pero incluso a medida que aumenta el valor de los campos, la degradación continúa y las inversiones para prevenirla se están retrasando. La conciencia de los riesgos ambientales se ha movido a la vanguardia de la conciencia global durante los últimos 25 años, sin embargo, esta conciencia no se ha traducido en una acción integral para abordar el problema de la degradación de los suelos, que representa una seria amenaza para la seguridad alimentaria a largo plazo. Esta inacción es principalmente el resultado de un conocimiento limitado de los costos relacionados con la degradación de la tierra y de un apoyo institucional insuficiente. Se necesitan acciones políticas e investigación para resolver esta paradoja de tierras de alto valor y bajos niveles de inversión (Nkonya, 2011).

Según lo manifestado por el Instituto Internacional de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias es más rentable implementar métodos de prevención ahora que intentar tratar tierras severamente degradadas en el futuro. Los científicos biofísicos han diseñado métodos para abordar diferentes formas de degradación de la tierra, pero persuadir a los usuarios para que adopten estos métodos sigue siendo un desafío. Para lograr algunos resultados significativos, las políticas y los programas deben centrarse en abordar y cambiar los patrones de comportamiento que conducen a la degradación. La evidencia empírica muestra que los usuarios de la tierra tienen más probabilidades de prevenir o mitigar la degradación, cuando se benefician directamente de las inversiones necesarias y cuando esos beneficios superan a los de las prácticas actuales continuas que afectan los suelos. Los esfuerzos internacionales para lograr el desarrollo sostenible influyen en gran medida en las leyes y políticas nacionales.

Las instituciones locales sólidas vinculadas verticalmente con instituciones nacionales e internacionales empoderarán a las comunidades locales para gestionar los recursos naturales de manera más sostenible. Los estudios han demostrado que es más probable que las personas cumplan con las regulaciones promulgadas por los consejos locales que con las regulaciones impuestas por las autoridades superiores, por lo que las políticas a nivel nacional deben apoyar a las instituciones locales en la gestión de sus propios recursos naturales (Nkonya, 2011).

CONCLUSIÓN

La producción agropecuaria fue y seguirá siendo una pieza crucial en el crecimiento futuro de Argentina, pero para ello se debe abordar enérgicamente los problemas de productividad a largo plazo, relacionados con la mala gestión de los suelos, tomando conciencia del impacto ambiental.

En la pampa productiva los principales procesos de degradación, como la erosión eólica e hídrica, la pérdida de estructura física, la reducción de fertilidad química, anegamientos por elevación de napas y salinización ya son visibles y evaluables a nivel productivo, pero no así a nivel de costos ecosistémicos ambientales y sociales, siendo un tema pendiente para los investigadores de la comunidad científica de nuestro país.

Para la integración de los recursos naturales a las cuentas nacionales, se debe trabajar en el manejo sostenible de los mismos, incluyéndolos dentro de las cuentas empresariales para que se reflejen en los sistemas de gestión económica.

La generación de conocimientos, la identificación de “costos ocultos” vinculados con la degradación de los suelos y la implementación de métodos de prevención, es más adecuado que remediar tierras severamente degradadas; pero esto sólo se puede lograr con un fuerte soporte institucional de la mano de políticas nacionales avaladas científicamente que apoyen a las comunidades locales que gestionan los recursos naturales de cada región.

Para finalizar diremos que ésta revisión es una importante base para trabajos futuros del grupo interdisciplinario ampliado, compuesto por investigadores de ciencias como química, agronomía, economía, biología, administración rural, ingeniería en sistemas, electromecánica, entre otras, lo que permitirá abordar esta problemática con una visión holística y avanzar en el uso de nuevas herramientas, requeridas para la producción agropecuaria por ambientes, así como profundizar en la determinación de costos, mediante análisis productivos, económicos, físico químicos y biológicos que se relacionan con la depreciación del suelo como recurso fundamental de la bioeconomía.

Referencias

- Casas, R. R. (2015). *Principales procesos de degradación que afectan a los suelos. 1*, 1–17.
- Choumert, J., and Phélinas, P. (2015). Determinants of agricultural land values in Argentina. *Ecological Economics*, 110, 134–140. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.12.024>
- Cisneros, J., Cholaky, C., Cantero, A., and Gonzalez, J. (2012). *Erosión hídrica - Principios y técnicas de manejo* (U. Editora (ed.)).
- Cordone, G., and Trossero, M. (2012). Costo oculto privado y social del sistema productivo La degradación del suelo pampeano. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*.
- Cowie, A. L., Orr, B. J., Castillo Sanchez, V. M., Chasek, P., Crossman, N. D., Erlewein, A., Louwagie, G., Maron, M., Metternicht, G. I., Minelli, S., Tengberg, A. E., Walter, S., and Welton, S. (2018). Land in balance: The scientific conceptual framework for Land Degradation Neutrality. *Environmental Science and Policy*, 79(November 2017), 25–35. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.10.011>
- Encina Rojas, A., and Ibarra, J. (2003). La degradación del suelo y sus efectos sobre la población. *Población y Desarrollo*, 14(25), 5–10.
- Food and Agriculture Organization of the United. (1988). *La erosión del suelo en la República Argentina*.
- INTA. (2003). *El Inta ante la preocupación por la sustentabilidad de largo plazo de la producción agropecuaria argentina*. 1–4.
- Martin, G., and Agüero, S. (2014). *Los pastizales y el deterioro ambiental*.
- Nkonya, E., Gerber, N., von Braun, J., and De Pinto, A. (2011). Economics of Land Degradation. The Costs of

Action versus Inaction. IFPRI Issue Brief 68. *International Food Policy Research Institute*, 68.

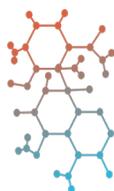
Pengue, W. A. (2006). *Sobreexplotación de recursos naturales y mercado agroexportador, hacia la determinación de la deuda ecológica de la pampa argentina*.

Pengue, W. A. (2010). Suelo virtual y comercio internacional. *Realidad Económica/Instituto Argentino Para El Desarrollo Económico*, 250, 52*74.

Trossero, M. (2020). *Valoración económica y social del contenido de carbono orgánico del suelo: Proyecciones para el Sur de Santa Fe, Argentina*.

Vázquez, M. E., and García, M. G. (2012). Valoración económico-ecológica de la pérdida de nutrientes básicos de los suelos santafesinos. *Revibec: Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 19(0), 29–41.

Otras Especialidades



Análisis energético de proyectos de generación renovable en la red de transmisión de CUYO y COMAHUE

Energy analysis of renewable generation projects in the transmission network of CUYO and COMAHUE

Marcos M. Cea

Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional - Lavaise 610 – Santa Fe - Santa Fe - Argentina
marcoscea28@gmail.com

Damián Cano

Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional - Lavaise 610 – Santa Fe - Santa Fe - Argentina
damian_cano_77@hotmail.com

Juan Marcos Banegas

Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional - Lavaise 610 – Santa Fe - Santa Fe - Argentina
jmbanegas@frsf.utn.edu.ar

Javier Acosta

Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional - Lavaise 610 – Santa Fe - Santa Fe - Argentina
jaacosta@frsf.utn.edu.ar

Pablo Gaspoz

Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional - Lavaise 610 – Santa Fe - Santa Fe - Argentina
pgaspoz@gmail.com

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivos analizar la potencia máxima de generación renovable a ingresar en las redes de transmisión de las regiones de CUYO y COMAHUE y la evaluación de la integración de los parques eólicos y fotovoltaicos en el desplazamiento de generación distribuida térmica convencional.

La metodología empleada parte del análisis de energía de cada uno de los proyectos de generación renovable intermitente. A su vez, se estima la curva de carga anual de las regiones bajo estudio y se indaga su tasa de crecimiento interanual. Finalmente, se evalúan montos de energía No Suministrada en un período de 15 años.

La inserción de la nueva generación optimiza el abastecimiento de la energía mediante el aprovechamiento de

los recursos renovables de la región, de modo que responda a las necesidades de la demanda, minimizando el aporte de energía por generación convencional y de energía No Suministrada por condiciones inadmisibles en la red.

Palabras clave: Generación Renovable; Generación Distribuida Térmica Convencional; Energía No Suministrada

Abstract

The present work aims to analyze the maximum renewable generation power installed in the transmission network of the CUYO and COMAHUE regions and the evaluation of the integration of wind and photovoltaic parks in the displacement of conventional distributed thermal generation.

The methodology used begins with the energy analysis of each of the renewable generation projects. Then, a demand load curve is estimated, and it is investigated how much it will grow in the regions under study. Finally, amounts of Energy Not Supplied are evaluated in a period of 15 years.

In this way, the energy supply is optimized through the potential of the renewable resources of the region, so that it responds to the needs of the demand, minimizing the contribution of energy by conventional generation and of Energy Not Supplied by inadmissible conditions in the net.

Keywords: Renewable Generation, Conventional Thermal Distributed Generation, Power Not Supplied.

Introducción

La continuidad del servicio eléctrico es uno de los aspectos principales de la calidad de los sistemas eléctricos y se refiere a la fiabilidad que se tiene del servicio. Como consecuencia, se tiene que la indisponibilidad del suministro de energía afecta por un lado a los usuarios generando una erogación económica y por el otro, se generan penalizaciones a las distribuidoras debido a la falta de calidad del servicio técnico (Levy y Carrasco, 2020).

Por esta razón, las empresas encargadas del servicio técnico están en constante investigación de alternativas para optimizar el funcionamiento de las redes buscando lograr niveles aceptables de calidad dentro de una gestión sustentable de la red. Es dentro de este marco que, es necesario estudiar cómo se comportan las fuentes de generación renovables en Argentina (Astete Cáceres, 2017).

En un estudio previo (Cea et al., 2021), los autores verificaron la inserción en forma individual y conjunta de proyectos de Generación Renovable (GR), enmarcados dentro de la Resolución 202 E/2016, programas RenovAr y MATER 2.0E (MINEM, 2018). Los resultados, dejan entrever que, sin las obras de infraestructura adecuadas, el acceso a las regiones bajo estudio de los 1194 [MW] de potencia de GR (CAMMESA, ER, 2021), hacen que el impacto favorable en lo que refiere al uso de energías renovables (ER) se vea afectado debido a la dificultad de la red para exportar los excedentes de generación, conduciendo al vertido de energía limpia.

En este marco, se plantean por objetivos del presente trabajo analizar la producción energética individual y global de los distintos proyectos generación renovable intermitente (GRI) a ingresar en la regiones eléctricas de CUYO y COMAHUE, evaluando su impacto en los requerimientos de despacho de generación convencional (GC) y los montos de energía no suministrada (ENS) al sistema para un período de estudio de 15 años. Finalmente, se realiza la comparación técnica de los escenarios base con GC y con aporte de GR.

Desarrollo

Consideraciones adoptadas en el estudio

Una vez verificados los módulos de potencia admisible de GR a ingresar en la regiones de CUYO y COMAHUE (ver Figura 1), se estima de manera teórica, la producción de energía anual a inyectar en el subsistema bajo análisis, para un período de estudio de 15 años.

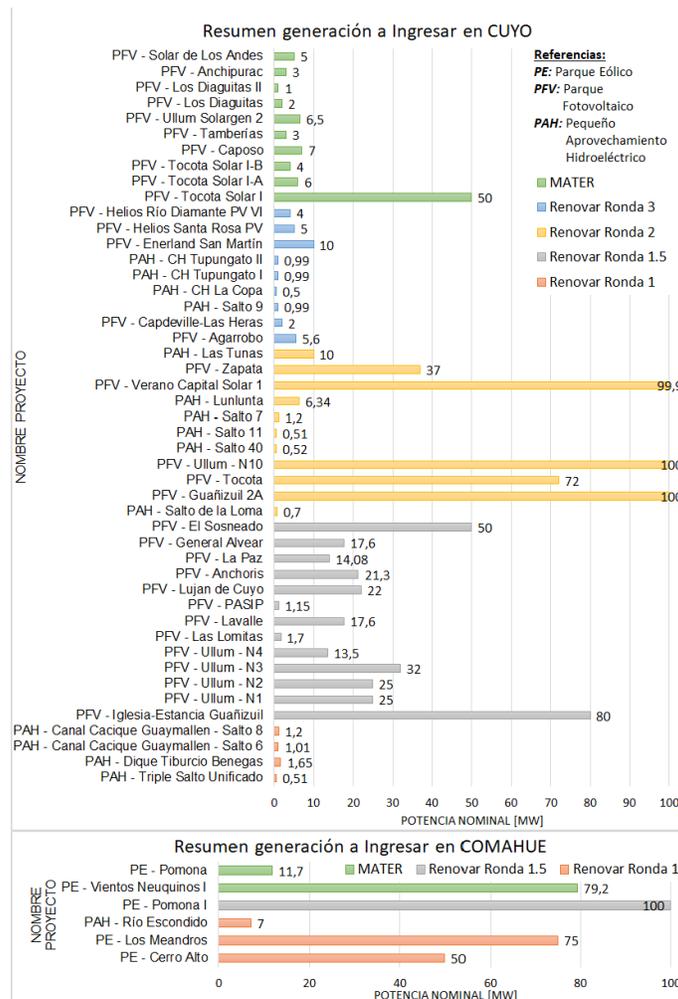


Figura 1. Potencia nominal de los proyectos de GR a ingresar en las regiones eléctricas de CUYO y COMAHUE.

En el caso de los parques fotovoltaicos (PFV), se calcula las curvas de producción de energía anual teniendo presente los siguientes supuestos:

- ✓ Potencia máxima de los diferentes proyectos de PFVs.
- ✓ Coordenadas geográficas de los lugares de emplazamiento de los PFVs.
- ✓ Irradiación promedio del lugar obtenida del Servicio Retrospectivo de la Era Moderna para Investigación y Aplicaciones, versión 2 (MERRA-2), la posición óptima y disposición de los paneles fotovoltaicos (GMAO, s.f.)
- ✓ Tipo de celdas que componen a los paneles, considerándose aquellas celdas del tipo monocristalino.
- ✓ Inclinación los paneles FV, en el caso de estudio, se considera una inclinación de 30° y un azimut de 0°, es decir orientados hacia el Norte.

Para los parques eólicos (PE), para determinar su producción anual de energía, se consideran los siguientes supuestos:

- ✓ Potencia máxima de los diferentes proyectos de PEs.
- ✓ Coordenadas geográficas de los lugares de emplazamiento de los PEs.
- ✓ Velocidades del viento a la altura del buje del aerogenerador. Se extrapolan en altura los valores de velocidades del viento promedio a 10 [m] por sobre el nivel del mar obtenidos del Servicio Retrospectivo de la Era Moderna para Investigación y Aplicaciones, versión 2 (MERRA-2) (GMAO, s.f.)
- ✓ Datos técnicos y curva potencia-velocidad de cada tipo de turbina eólica.

Para la estimación del umbral de ingreso de la GC gestionable y su reemplazo por energía renovable se siguen la siguiente secuencia de actividades:

- ✓ Se analiza el comportamiento de la demanda en las regiones de CUYO y COMAHUE y se determina su evolución durante un año.
- ✓ Mediante simulaciones de flujos de carga se determina la potencia demandada por el subsistema que hace necesario el ingreso escalonado de GC en la región. Se tienen en cuenta niveles de tensión aceptables en barras de 500 [kV] dentro del rango de $\pm 5\%$ y en nodos de 220 [kV] y 132 [kV] dentro el rango $\pm 10\%$.
- ✓ Se determina la demanda máxima abastecida del subsistema que se logra al despachar toda la GC del subsistema bajo análisis.
- ✓ Para un periodo de quince años, se estiman los requerimientos energéticos de GC
- ✓ Para un periodo de quince años se estiman los niveles de ENS, consecuencia de la operación de la red fuera de los límites admisibles.
- ✓ Finalmente se analiza el impacto en el abastecimiento de la demanda, y en la reducción de despacho de GC, para un período de quince años, como consecuencia del aprovechamiento de la generación renovable.

Resultados

Determinación de requerimientos de GC

Para el escenario de demanda máxima, ante el despacho de GC, se obtienen restricciones en la operación por niveles mínimos de tensión en nodos de 500 [kV] interconectados a la ET Choele Choel en la región de COMAHUE y restricciones por sobretensiones en nodos de 132 [kV] conectados a la ET Rodeo San Juan en la región de CUYO, de esta manera, la demanda mínima a partir de la cual se requiere el despacho de GC es de 534,10 [MVA].

En la Tabla 1 se muestran los módulos de GC requeridos para evitar condiciones de operación inadmisibles en el subsistema bajo análisis, tal que originen energía no suministrada (ENS). De los resultados de las simulaciones de flujo de potencia, se deduce que el subsistema presenta condiciones de ENS para niveles de demanda superiores a 3.890,87 [MVA].

POTENCIA DE INGRESO GD	POTENCIA CORTE	MODULO GD
534,10	666,69	21
666,69	1401,87	32
1401,87	2359,00	41
2359,00	3267,61	68
3267,61	3890,87	93

Tabla 1. Escalones requeridos de módulos de potencia de GC.

Requerimientos de GC en el corredor de 132 [kV]

Por simplicidad en la presentación de los datos solamente se muestran los resultados correspondientes a los primeros 4 años de análisis. Para abastecer la demanda de la red de transmisión, en estos años, se requiere el

aporte de GC de aproximadamente 1.314 [GWh] con un total de 34.980 [hs] en servicio. Como puede observarse en la Figura 2, en el transcurso de tiempo analizado, el despacho de GC aumenta en promedio 4.560 [MWh] por año, manteniéndose prácticamente constantes las horas de despacho durante cada año.

Los factores de utilización de la GC gestionable (en términos de la energía operada por el subsistema), van desde 76,6% para el año 2021, hasta un 79,2% para el año 2024. Por otra parte, estos factores puestos en términos de las horas anuales de despacho van desde un 99,83% hasta un 99,84% (ver Figura 3).

El aporte de energía se ve disminuido en un porcentaje acorde con el aumento de la demanda siendo del 2,6% para el año 2021 y llegando a ser del 2,48% para el 2024 como se ve en la Figura 3. De la energía total demandada por el sistema durante los cuatro años, en promedio, el 97,45% es aportada por la red y el 2,55% lo aporta la GC. Esto denota que, al incrementarse la demanda del subsistema, la participación de la GC disminuye, requiriéndose mayores montos de energía del SADI para abastecer la nueva carga.



Figura 2. Energía anual y horas de despacho de GC requeridos para la red.

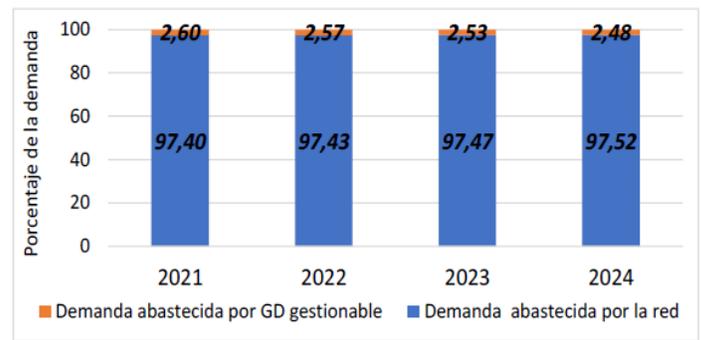


Figura 3. Cubrimiento porcentual de la demanda.

Impacto de la Generación Renovable Intermitente en la red de 132 [kV]

Del análisis de la red, se obtiene un total de 1.011,63 [MW] de GRI factible de ingresar al subsistema CUYO-COMAHUE. Según las velocidades de vientos y de irradiación solar de la región, se obtiene un volumen anual promedio de energía producida de 2.200 [GWh].

La instalación de la GRI tiene como beneficio la reducción en los requerimientos de GC, como puede observarse en la Figura 4. En este aspecto, con los distintos proyectos de GRI logra reducirse un 10,13% la energía generada a partir de GC y 2,5% las horas totales de operación durante un período de 4 años.

En la Figura 5 se puede apreciar la disminución en la energía entregada a la red y el tiempo de operación requerido de GC para el caso sin y con GRI en servicio.

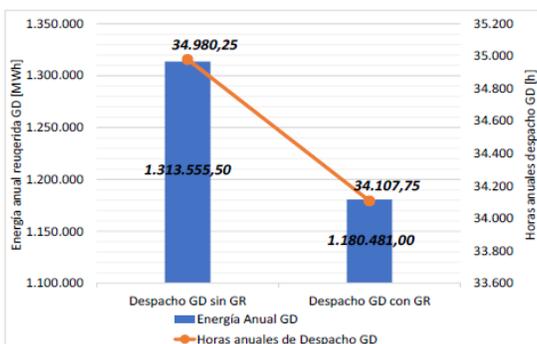


Figura 4. Comparación generación total y horas de servicio de GC

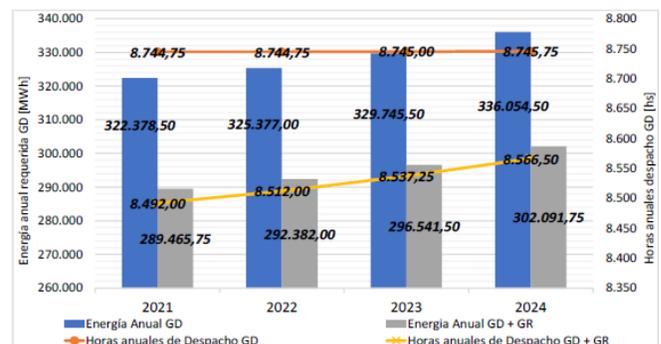


Figura 5. Energía total y horas de despacho de GC con y sin GR

Comparando con la Figura 3, en promedio para un período de 4 años, la inserción de GRI reduce la participación de la GC al 2,26% y la participación de la red al 80,92% promedio para un período de 4 años (ver Figura 6).

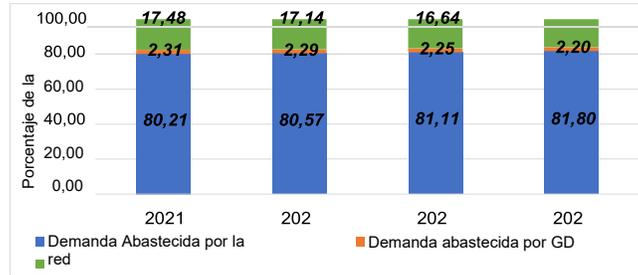


Figura 6. Cubrimiento porcentual de la demanda con los PEs en servicio

En la Figura 7, para el período 15 años, se observa que a partir del noveno año de estudio se origina ENS y se logra reducir la misma aproximadamente un 54% cada año, notándose así los beneficios del aprovechamiento del potencial eólico y solar del área bajo estudio

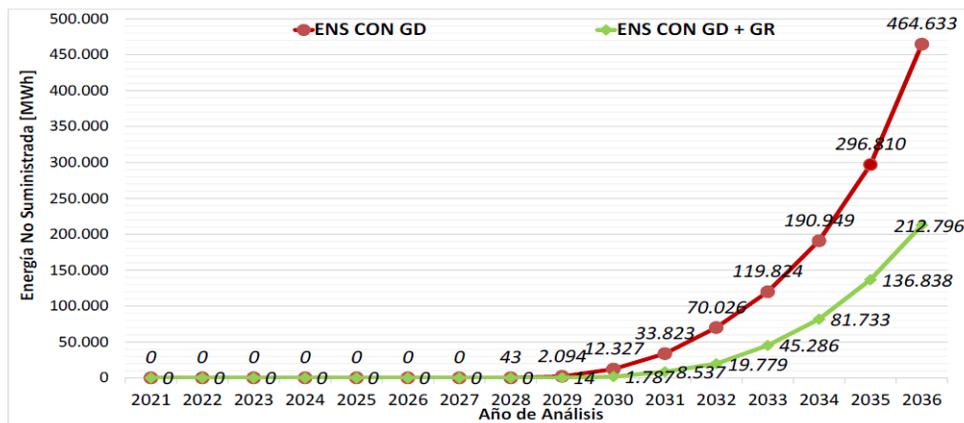


Figura 7. Comparación de ENS para condición de despacho de generación sin y con aporte de GRI.

Conclusiones

Del análisis de la demanda, se verifica que en el corto plazo es suficiente la generación actualmente disponible para operar el sistema dentro de límites admisibles. A partir del noveno año se empieza a operar con ENS durante escenarios de máxima demanda, obligando esto, a que sea necesario tomar medidas sobre las redes, como puede ser la instalación de nueva generación que permita al sistema continuar funcionando dentro de parámetros admisibles, a fin de evitar penalizaciones por demanda no abastecida.

La generación distribuida convencional surge como una buena alternativa en el corto plazo, pero traen aparejados niveles altos en costos de funcionamiento y una gran contaminación en el medio ambiente. Es por esto, que un mayor aprovechamiento del potencial eólico y solar de las regiones trae aparejado ventajas en la disminución de energía aportada por generación convencional, además de beneficios al medio ambiente, debido a la reducción de emisiones de gases contaminantes derivados de la combustión de combustibles fósiles.

Referencias

Cea, M.; Cano, D; Acosta, J.; Banegas, J.M.; Torres, J.L. (2020) "Estudio del impacto en la red de transmisión de

Cuyo y Comahue del ingreso de generación renovable intermitente”. Actas del Congreso de Investigaciones y Desarrollos en Tecnología y Ciencia (IDETEC 2020); ISBN 978-987- 4998-68-2. UTN, Facultad Regional Villa María, Argentina. Evento en modalidad Virtual. 21 a 25 de junio de 2021, pp. 247-258.

Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A. [CAMMESA] (2021). Energías Renovables. Disponible de: <https://cammesaweb.cammesa.com/generacion-real/>

Eduardo Felipe Astete Cáceres (2017). “Evaluación de la energía no suministrada, aplicando sistema de gestión eléctrica a microrredes”. Universidad de Concepción, Chile.

Global Modeling and Assimilation Office [GMAO]. (s. f.). En MERRA-2 tavg1_2d_slv_Nx: 2d,1- Hourly,Time-Averaged,Single-Level,Assimilation,Single-Level Diagnostics V5.12.4, Greenbelt, MD, USA, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC). Recuperado en mayo de 2020 de <http://www.soda-pro.com/web-services/meteo-data/merra>

Levy, A.; Carrasco, J.J. (2020). “Calidad y confiabilidad de los servicios eléctricos en américa latina”. Banco Interamericano de Desarrollo. Mayo 2020. Disponible de: <https://publications.iadb.org/es/calidad-y-confiabilidad-de-los-servicios-electricos-en-america-latina>.

Ministerio de Energía y Minería. Presidencia de la Nación [MINEM]. (2018). Potencia renovable a instalar por tecnología del Programa RenovAr. Disponible de: <https://public.tableau.com/profile/datosenergia#!/vizhome/AdjudicacionesRenovARMINEMArgentina/AdjudicacionesRenovArArgentina>

Análisis y planificación de la gestión del talento humano en grupos de I+D: enfoque basado en el conocimiento.

Analysis and planning of human talent management in R&D groups: knowledge-based approach.

Paula Carolina Garnero

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional San Francisco. San Francisco. Córdoba. Argentina.
pcgarnero@gmail.com

Resumen

La investigación en UTN tiene por objetivo crear, preservar y transmitir conocimientos para la formación plena del hombre como sujeto destinatario de la cultura y la técnica, contribuyendo de esa manera al desarrollo y transformación de la sociedad. En ese sentido, en el marco de una política de generación de conocimientos y vinculación con el medio mediante capacidades tecnológicas, la UTN colabora con la resolución de los problemas de la industria y la sociedad, prestando servicios a empresas, instituciones y organizaciones de la sociedad civil. Este trabajo deja plasmado un análisis interno y externo de la situación actual de los grupos I+D con respecto a la gestión de talentos. Este conocimiento establecerá las bases para el desarrollo a futuro, de un modelo para el crecimiento, comunicación y retención de talentos que impacte y se propague en el resto de los grupos de trabajo de esta casa de altos estudios.

Palabras clave: Grupos I+D- soluciones innovadoras- gestión de talentos

Abstract

Research at UTN aims to create, preserve and transmit knowledge for the full formation of man as a recipient of culture and technology, thus contributing to the development and transformation of society. In this sense, within the framework of a policy of generation of knowledge and linkage with the environment with technological capabilities, the UTN collaborates with the resolution of problems of industry and society, providing services to companies, institutions and organizations of civil society. This work reflects an internal and external analysis of the current situation of the R&D groups with regard to talent management. This knowledge will establish the foundations for the future development of a model for the growth, communication and retention of talents that affects and spreads in the rest of the work groups of our house of higher studies.

Keywords: R&D groups- innovative solutions- talent management

Introducción

La gestión del talento humano se define como las distintas acciones ejecutadas por las organizaciones para atraer, seleccionar, fortalecer y conservar el capital humano. Esta gestión busca destacar a aquellas personas con un alto potencial/perfil, entendido este como talento dentro de espacios estratégicos o no estratégicos de una estructura organizacional (Del Río-Rama *et al.*, 2017).

En relación con esto, Bermúdez Rojo *et al.* (2017) describen como la gestión del conocimiento en grupos de investigación y desarrollo (I+D) de universidades públicas, reside en fortalecer programas de entrenamiento continuo y políticas de innovación que incrementen en los investigadores la creatividad y la inventiva. Sin embargo, estos autores no detallan un plan de acción a llevar a cabo para lograr los objetivos propuestos ni implementaciones a gran escala. De la misma manera, De Marco (2013) determina como la gestión de las personas tiende a organizar las actividades y decisiones relacionadas con la valorización de las personas al interior de las organizaciones educativas o empresariales. Este autor sugiere que las políticas que se apliquen estén referidas tanto a las personas como a las organizaciones, ambos vinculados por la relación laboral. En ese sentido, Cuentas Martel (2018) considera que una gestión universitaria de calidad debería priorizar el capital humano con el que cuenta y planificar estrategias dirigidas a desarrollarlo.

La gestión del talento humano es un enfoque estratégico cuyo objetivo es obtener la máxima creación de valor para la organización mediante un conjunto de acciones dirigidas a disponer en todo momento del nivel de conocimientos, capacidades y habilidades en la obtención de los resultados.

La gestión de los recursos humanos ha ido cambiando en el tiempo para ir respondiendo a los retos que se han planteado en la sociedad, las empresas y las instituciones. Es decir, son los cambios que se han producido en el entorno en el que están inmersas las organizaciones que exigen sistemas de gestión cada vez más avanzados y la gestión de las personas no ha sido una excepción. Estos cambios motivaron a la aparición del enfoque estratégico de los recursos humanos. Esta gestión estratégica presenta como característica el reconocimiento de que las personas son esenciales para el éxito de la organización, principalmente porque pueden ser fuente de ventaja competitiva y conocimientos. Para que un recurso se constituya como ventaja competitiva debe cumplir con las condiciones de ser valioso o relevante, escaso, no imitable, insustituible (Valle Cabrera, 1995).

En ese sentido, las personas son valiosas, escasas en las instituciones, no imitables e insustituibles por ser únicas e irrepetibles. Es por todo esto que, si entendemos por personas con talento aquellas que contribuyen a los resultados de la organización, sea individual o colectivamente, queda claro que existe un vínculo muy estrecho con la estrategia (Jiménez *et al.*, 2008).

La gestión del talento es clave para apoyar las estrategias de la organización. Si la organización exige un alto grado de especialización, tal como las actividades de I+D, el talento se convierte en una prioridad.

Al respecto, la retención del talento aporta ventajas también en un período de crecimiento bajo. Las personas con conocimientos y experiencia necesitan relativamente poca inversión para ser productivas. Incluso ante la mayoría de los cambios en procesos, el tiempo requerido para actualizar conocimientos de los equipos es más corto que la curva de aprendizaje de nuevas incorporaciones, con el riesgo de adaptación implícito que suponen y el costo de reclutamiento y selección. Retener, desarrollar y alinear a los profesionales con los conocimientos y habilidades críticos supone aprovechar los mejores recursos (Hillier-Fry, 2009).

La UTN potencia los vínculos académicos, científicos y humanos a través del intercambio y la comunicación con Universidades, instituciones y asociaciones extranjeras, impulsa la inserción de los estudiantes, investigadores y demás miembros de la comunidad educativa en proyectos especiales de investigación, desarrollo y planeamiento, alentándolos a que se capaciten y especialicen en sus respectivas disciplinas. Esto lo hace a través de programas propios de cooperación y otros, financiados por otras instituciones del ámbito internacional. Los estudiantes que tienen vocación por la investigación pueden participar activamente en estos grupos. Se los instruye y enriquece siendo formados en conocimiento y aptitudes para la comunicación sobre aquellos temas de interés de cada grupo.

Sin embargo, suele ocurrir que al terminar su carrera se desvinculan con la institución, dando lugar a la fuga o pérdida de estos conocimientos y experticias, lo cual conlleva un costo, no sólo de pérdida de saberes sino también económico, debido a que la capacitación continua, implica costo económico y del mismo modo, tiempo. Esta variable se valoriza en términos económicos en función a las capacitaciones realizadas, horas docentes dedicadas a la preparación de ese alumno investigador, viajes a cursos en otras localidades, entre otros costos.

El presente trabajo considera importante articular los objetivos que aspiran alcanzar las personas dentro de las organizaciones con los objetivos internos de las mismas, y de esa manera concertar los diferentes procesos que constituyen la gestión de las personas y sus talentos. El dominio se circunscribirá a los grupos I+D de la UTN Facultad Regional San Francisco con la posibilidad de ser interpolado a todas aquellas áreas que necesiten desarrollar el capital humano, estableciendo acciones dirigidas a garantizar el crecimiento y desarrollo sistémico de las organizaciones a través de la gestión del talento.

Por todo esto, objetivo general de este trabajo es analizar la factibilidad de establecer una herramienta/modelo de optimización de gestión de talento que permita conservar y acrecentar el potencial de los grupos I+D mediante el control de indicadores que aseguren la permanencia y transferencia de conocimiento interno y externo.

Desarrollo

MÉTODO DE ESTUDIO

Este trabajo se constituyó como una investigación aplicada. Se analizó la situación actual de los grupos de I+D de la Facultad Regional San Francisco, para evidenciar necesidades y problemas, a efectos de aplicar los conocimientos adquiridos para cubrir los objetivos planteados.

La información se trabajó y recolectó de una manera estructurada y sistemática mediante encuestas. Esto generó una comprensión del contexto y entendimiento de las respuestas de los participantes, así como la elaboración de conclusiones. Asimismo, se buscaron fuentes primarias obtenidas a partir de entrevistas semiestructuradas, construyendo información pertinente.

Se realizaron dos encuestas. Una dirigida a docentes investigadores (directores e integrantes de grupos I+D) y otra a los estudiantes que integran los mismos. Estas contaban con 5 secciones con un total de 45 preguntas.

El objetivo de las mismas es establecer las métricas necesarias para medir resultados que redunden en controlar la permanencia, crecimiento y transferencia del conocimiento en la institución.

Resultados

La encuesta dirigida a directores fue respondida por 12 investigadores que dirigen Grupos I+D. Mientras que la encuesta dirigida a los integrantes de los grupos fue respondida por 49 investigadores entre docentes y alumnos.

La generalidad de los grupos I+D en la UTN Facultad Regional San Francisco son pequeños en cuanto a la cantidad de integrantes (hasta 5) (Fig. 1).

Por otra parte, la mayoría de los integrantes poseen título de grado. En cuanto a las condiciones laborales, las mismas son muy variadas dentro de los grupos. Esto es en función de que los estudiantes puedan participar de los mismos contando o no con becas estudiantiles (Fig. 2).

La mayoría de los directores de grupo encuestados consideran necesaria la capacitación en relación a la gestión de personas (Fig. 3). Sólo uno cree que no es necesario, y 3 consideran que sería necesario si lo creen preciso.



Figura 1. Cantidad de RRHH en el grupo I+D.

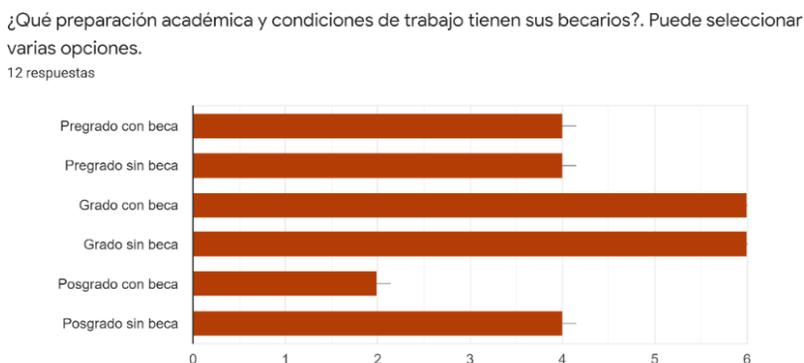


Figura 2. Preparación académica y condiciones laborales de los integrantes de los grupos I+D.

¿Cree usted que los directores de grupo deberían capacitarse en gestión de personas para mejorar su habilidad para trabajar con otras personas, comprenderlas y motivarlas?
12 respuestas

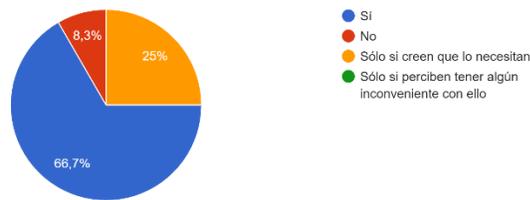


Figura 3. Necesidad de capacitación en gestión de personas por parte de los directores de grupos I+D.

El 75% de los directores coinciden en que los participantes de sus grupos cuentan con un grado de satisfacción muy importante y el 25% coincide en que están medianamente satisfechos con la participación en el grupo. Ningún director manifiesta que los integrantes de sus grupos se encuentren totalmente satisfechos con su participación (Fig. 4). Esto visibiliza la importancia de disponer de herramientas de análisis que nos permitan conocer las necesidades y aspiraciones de las personas que se dirigen o lideran para poder aplicar recursos estratégicos nos ayuden a fomentar los talentos para alcanzar los objetivos grupales e individuales.

¿Qué satisfacción cree usted que tienen los integrantes (docentes/alumnos) de su grupo de formar parte del mismo?
12 respuestas

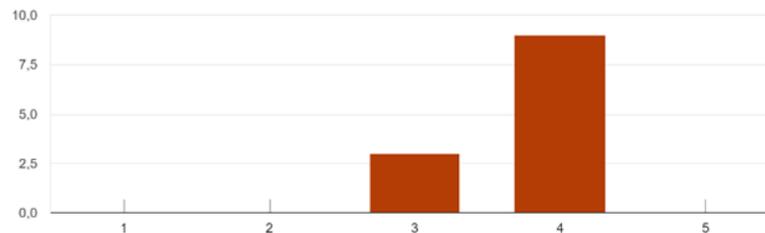


Figura 4. Satisfacción de los integrantes de los grupos I+D de su participación.

Por otra parte, la mayoría de los integrantes de los grupos I+D coinciden en el compromiso y la responsabilidad con que los directores llevan adelante su labor, incluso registran el hecho de que existe una planificación y organización en el trabajo. Además, coinciden en un 57% en que su director es buen comunicador y sólo coinciden en un 46,9% de que su director demuestra poder de resolución. Y el dato que aquí se aprecia como importante es que sólo existe un 30,6% de coincidencia con respecto a la inteligencia emocional en los directores de grupo. De la misma manera coinciden en que la percepción de la agilidad en la toma de decisiones y la visión de conjunto debe optimizarse (Fig. 5).



Figura 5. Cualidades del director del grupo en relación con la gestión.

En base al análisis realizado en los grupos de investigación, es posible establecer que se lograría fortalecer la generación de conocimientos en los grupos I+D, así como también el sentido de pertenencia, mediante la capacitación en gestión de personas, gestión de conocimientos e inteligencia emocional. De la misma manera la implementación de una herramienta/modelo de retención de talentos optimizaría la incorporación de docentes, alumnos y graduados a los grupos I+D. Por otra parte, la vinculación con posgrado mejoraría notablemente porque se generarían nuevos recursos internos que capacitarían en el área de posgrado o tendrían la experiencia para ofrecer asesoramiento a empresas. De este modo, se perfeccionaría el vínculo con el sector social productor de bienes y servicios.

Conclusiones

Por todo lo analizado podemos concluir que es posible y necesario establecer un modelo de optimización de gestión de talento que permita conservar y acrecentar el potencial de los grupos I+D mediante el control de indicadores que aseguren la permanencia y transferencia de conocimiento interno y externo. Mediante la aplicación de este modelo de retención de talentos debería lograrse el fortalecimiento de la generación de conocimientos en los grupos I+D, así como también el sentido de pertenencia para optimizar la incorporación de docentes, alumnos y graduados que deseen desarrollar actividades de I+D. Se buscará que el modelo, trabaje con un producto software desde la Secretaría de Ciencia y Tecnología para dar soporte a la regulación de todas las actividades desarrolladas en I+D.

Además, mediante la aplicación de esta herramienta, se lograría la retención del RRHH graduado (talentos y conocimientos) de la Facultad Regional San Francisco, mejorando notablemente la vinculación con posgrado al generarse los recursos internos que capaciten en el área de posgrado o que tengan la experiencia para ofrecer asesoramiento a la misma y a empresas de nuestra ciudad y región.

Referencias

- Bermúdez Rojo, M.; Boscan Romero, N.; Muñoz Rojas, D.; Vidal Durán, B.; Archila Guio, C. 2017. "Gestión del conocimiento en grupos de I+D: un enfoque basado en los componentes del capital humano". Revista Lasallista de Investigación 14 (1): 133-143.
- Cuentas Martel, S. 2017. "La gestión del capital humano en una unidad académica de educación superior". Revista Educación 27(53): 57-72.

- Del Río-Rama, M.; Maldonado-Erazo, C.; Álvarez-García, J.; Sarango-Lalangui, P. 2017. "Capital Humano vs Gestión del Talento en las Universidades. Revisión Bibliométrica". Revista Espacios 38 (55): 29-44.
- De Marco, F. 2013. Tesis para obtener el título de Especialista en Gestión de la Innovación y la Vinculación Tecnológica. GTec. Centro-Este. Universidad Nacional de Rosario. Rosario, Santa Fe, Argentina.
- Hillier-Fry, C. 2009. Los nuevos retos de la gestión del talento. Harvard Deusto Business Review.
- Jiménez, A.; Hillier-Fry, C.; Díaz, J. 2008. Gestión del talento: una estrategia diferenciada para un entorno global. Harvard Deusto Business Review.
- Valle Cabrera, R. 1995. La Gestión Estratégica de los Recursos Humanos. 2da Ed. Pearson. Prentice Hall.

Calidad en la producción y los servicios. Experiencia de un modelo de Observatorio Universitario en Argentina

Quality in production and services. Experience of a University Observatory model in Argentina

Lucas Gabriel Giménez

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda, Argentina
lgimenez@fra.utn.edu.ar

Adriana Beatriz García

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda, Argentina
abgarciafalcon@gmail.com

Demian Daniel Palumbo

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda, Argentina
demiandanielpalumbo@live.com.ar

Victoria Senia

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda, Argentina
vsenia@hotmail.com

Graciela Armenia Martínez

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda, Argentina
armeniamartinezlaboral@gmail.com

María Milagros Ferraresi

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda, Argentina
mmilagrosferraresi@hotmail.com

María Florencia Gallo

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda, Argentina
mariaflorenciagallos@gmail.com

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar el grado de inserción de las prácticas de gestión de calidad en los sistemas productivos y de servicios, con el propósito de sentar las bases para la creación de un futuro Observatorio Universitario de Monitoreo de la Calidad en la Producción y los Servicios, que oriente propuestas entorno a la formación académica, tanto sea en la creación de nuevos posgrados, como de recursos calificados requeridos por las áreas productivas.

Un factor de relevancia en esta propuesta fue la cobertura nacional de la UTN. Esto significa que, en este marco, se puede recolectar la información de cada región en particular, favoreciendo la visión panorámica sobre la situación en el campo de la producción y de los servicios. El estudio fue liderado por la Facultad Regional Avellaneda, participando del mismo otras Regionales distribuidas en la geografía de nuestro país.

Palabras clave: Observatorio Productivo; Monitoreo; Calidad; Producción y Servicios.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the degree of insertion of quality management practices in production and service systems, in order to establish the foundations for the creation of a future University Observatory for Monitoring of Quality in Production and Services, which guide proposals around academic training, both in the creation of new postgraduate courses, and of qualified resources required by the productive areas.

A relevant factor in this proposal was the national coverage of the UTN. This means that, within this framework, information can be collected from each region in particular, favoring a panoramic view of the situation in the field of production and services. The study was led by the Avellaneda Regional School, participating in it other Regionals distributed throughout the geography of our country.

Keywords: Productive Observatory; Monitoring; Quality; Production and Services.

Introducción

El desarrollo de las áreas industriales y de los servicios asociados a lo largo de la historia ha ido modificando los sistemas de producción y sus procesos. La incorporación de nuevas tecnologías, procesos y productos requieren flexibilidad ante el cambio de paradigmas. Durante las últimas dos décadas se ha incrementado la generación de observatorios de orden social y productivo (A. Marcial, 2009).

Con la finalidad de arbitrar los medios necesarios para propiciar y fortalecer el vínculo entre el sector productivo y de los servicios, el Estado, las organizaciones intermedias y la Universidad (Etzkowitz&Leydesdorff, Loet, 2000), el grupo de investigación UTN Calidad en la Producción y los Servicios - Ca.Pro.Ser.propuso el desarrollo experimental de un Modelo de Observatorio de Gestión de la Calidad, con una metodología de gestión en la cual se procesó la información. Para ello, cada nodo (Regional) participante seleccionó, de acuerdo a pautas predefinidas, los sectores de análisis (cadena de valor) en cada región.

A partir de los datos recabados se elaboró un diagnóstico de la situación en la materia en el ámbito del Sector Productivo y de los Servicios alcanzados en su zona de influencia.

Antecedentes Históricos del Proyecto

El estudio corresponde a la tercera fase de una serie de Proyectos de Investigación y Desarrollo (PID) iniciados en el año 2013, bajo la coordinación de la Facultad Regional Avellaneda, Grupo de investigación UTN Ca.Pro.Ser.

Por sus características se trata de proyecto de tipo “Integrador”, en el que un tema de estudio específico, considerado estratégico a nivel nacional, es abordado por varias Facultades Regionales, asumiendo una de ellas la dirección y coordinación del PID Integrador, y al que aportan en el campo de estudio otros proyectos denominados asociados. Los mismos son ejecutados por el resto de las facultades participantes, quienes realizan los estudios en sus zonas de influencia.

En ese momento se plantearon interrogantes que impulsaron la investigación, relacionados con las ingenierías que se requerirán en un futuro próximo, cuál sería su especificidad, y cuáles las necesidades y limitaciones de las industrias en distintas regiones

del país. El objetivo final fue generar un modelo que sirviera de base para un futuro observatorio de la Universidad Tecnológica Nacional

Brevemente, en la primera fase, conjuntamente con 8 Facultades Regionales, se detectó la necesidad de generar un modelo de análisis y recolección de datos, denominando esta etapa como “Modelización de un Observatorio de Desarrollo Productivo” (Novick, et al., 2007; Porter, 1998). Participaron de la misma, con Avellaneda a la cabeza: Concepción del Uruguay, Delta, Mendoza, Rosario, Resistencia, San Rafael, Villa María. Para ello se diseñó un modelo de encuesta orientada a analizar la situación actual y las proyecciones a futuro de los sectores consultados. Se diseñó, además, un sistema de recolección y tratamiento de datos.

En la segunda fase participaron las Facultades Regionales, Avellaneda (coordinador), San Francisco, Rosario, Concepción del Uruguay, Resistencia, y Chubut. Se amplió el estudio a nuevas cadenas de valor, sumando información al modelo de observatorio. En paralelo, se relevó la oferta académica (grado y posgrado) de la Universidad Tecnológica Nacional y la oferta laboral que reciben los estudiantes y graduados.

En resumen, durante el desarrollo de estas dos fases (I y II) se encuestaron 148 empresas radicadas en la zona de influencia de las Facultades Regionales de: Villa María, San Rafael, San Francisco, Chubut, Resistencia, Concepción del Uruguay, Rosario, Mendoza y Delta, además de la Regional Avellaneda, sede del Grupo UTN Ca.Pro.Ser.- Calidad en la Producción y los Servicios.

Se relevaron las siguientes cadenas de valor: Agroindustria, Industria Avícola, Industrias metalmecánicas, Empresas de San Francisco, Pymes de la zona de Puerto Madryn, Software y Servicios Informáticos, Clúster Eólico, además del Desarrollo de Metodología, entre otras actividades.

Todo este estudio y los antecedentes de investigación del Grupo UTN Ca.Pro.Ser. perteneciente a la Facultad Regional Avellaneda, en el campo de la Tecnología de las Organizaciones y, más específicamente, en gestión de la calidad aplicada a la producción y los servicios, derivó en la necesidad de iniciar una etapa de estudio, fase III.

El objetivo de esta fase fue el desarrollo de bases para un futuro Observatorio Universitario de Monitoreo de la Calidad en la Producción y los Servicios que contará con una fuerte información de base surgida de sectores predominantes, plasmando distintas realidades locales y regionales.

Objetivos y Metodología

Como ya fue mencionado, el objetivo general fue generar las bases para la instalación de un Observatorio dentro de la UTN, apoyándose en nodos constituidos en las Facultades Regionales UTN.

Para el desarrollo y validación del modelo de esta tercera etapa participaron 6 Facultades Regionales (Avellaneda, San Francisco, Haedo, Concepción del Uruguay, San Nicolás, y Venado Tuerto) y definieron 8 sectores de estudios (ver Tabla 1) que se unieron a este desarrollo experimental, incluyendo los estudios realizados en sus zonas de influencia.

Cada nodo aportó a la coordinación del proyecto, ejecutada desde la Facultad Regional Avellaneda, la información recabada para que, a través de la carga en una base de datos, diseñada específicamente para el trabajo, se pueda realizar un análisis individual y transversal a todas las facultades participantes.

Se diseñó un modelo de encuesta, semi estructurada y segmentada, con el objetivo de conocer, entre otros temas, el grado de participación de la Universidad como factor de aporte de conocimiento para el desarrollo de tecnologías (Cantú Delgado, 2014; Delfini, Dubbini, Lugones y Rivero, 2007; Deming, 2013).

Complementariamente se elaboró una guía con instrucciones y aclaraciones sobre cada uno de los puntos de consulta incluidos en la encuesta, además de realizar reuniones destinadas a acordar, con los responsables de los proyectos regionales asociados, la metodología de intervención y capacitación del personal afectado a la realización de las actividades.

Facultad Regional	Rol en el Proyecto	Cadena de Valor Analizada
UTN-FRA Facultad Regional Avellaneda	Coordinación	Industria Metalmecánica del Partido de Avellaneda
	Nodo	Industrias (Unión Industrial de Avellaneda- UIAv)
UTN-FRSFCO Facultad Regional San Francisco	Nodo	Industria Metalúrgica de San Francisco
	Nodo	Industria del Software de San Francisco
UTN-FRH Facultad Regional Haedo	Nodo	Industria Aeronáutica
UTN-FRCU Facultad Regional Concepción del Uruguay	Nodo	Trama Aviar
UTN-FRSN Facultad Regional San Nicolás	Nodo	Industrias de San Nicolás
UTN-FRVT Facultad Regional Venado Tuerto	Nodo	Pymes Región Sur de Santa Fe

Tabla 1. Regionales Participantes y Sectores estudiados

La encuesta buscó detectar qué prácticas, sistemas y herramientas de calidad son aplicados en los sectores explorados y qué competencias son demandas en cada cadena de valor en particular. Con información relevada y la estratificación de los datos se analizó y finalmente se elaboró un diagnóstico de situación.

Los resultados del análisis de la información recolectada facilitan la toma de decisiones respecto de la planificación y su proyección futura en la formación de profesionales y capacitación de otros actores del sector de producción y servicios dentro de la Universidad, basada en datos fehacientes.

El propósito final del estudio es la difusión y transferencia de los productos derivados del observatorio de calidad a los sectores implicados.

Análisis y Resultados

El modelo desarrollado y puesto a prueba permitió generar una metodología de intervención orientada a la generación de un futuro observatorio relacionado con la calidad en la industria y los servicios.

La encuesta asistida diseñada buscó explorar en qué medida se encuentra inserta la calidad y su gestión en las empresas. Dicha encuesta se adaptó a tres formatos para facilitar el acceso, cuidando la confidencialidad de la información y concretar el logro de los resultados:

- a. Encuesta para su realización a través de entrevista presencial,
- b. Encuesta a través de medios de comunicación telefónico,
- c. Encuesta electrónica formulario on-line (Google Forms).

Independientemente del formato de encuesta, en todos los casos se complementó con un instructivo de carga detallado y se capacitó a los encuestadores. Para la recopilación de información, se utilizó una codificación interna que designó de forma única cada encuesta realizada.

Los registros obtenidos, se volcaron a una base de datos creada para tal fin, facilitando así su carga. El método procuró proveer la conformación de esa base de datos y, en consecuencia, el análisis posterior de la situación actual como así también la proyectada sobre las cadenas de valor seleccionadas. Todos estos datos sirven para realizar el estudio de modelización, enfocándose en su importancia en el ámbito regional, y posibilitando el análisis transversal a nivel nacional.

La encuesta semiestructurada y segmentada diseñada para ser aplicada por los Grupos Regionales, se compone de 96 campos en los que se alojaron las respuestas a preguntas cerradas con elección única, múltiple y mixta, además de campos orientados a respuestas de tipo cualitativo y cuantitativo.

Para ello, se elaboraron 41 preguntas que abarcaron distintos aspectos concernientes a dos escenarios, la situación actual y proyecciones a futuro, corto y mediano plazo, en lo que respecta a la Gestión de Calidad en las Empresas.

En esta tercera fase del proyecto, se realizaron encuestas a un total de 181 empresas correspondientes a distintas cadenas de valor previamente seleccionadas por las Facultades Regionales que lo integran.

Puntualmente, para el caso de estudio de la muestra analizada por la Coordinación del proyecto, se seleccionó como cadena de valor prioritaria a las empresas metalmecánicas del Partido de Avellaneda, por su importancia a nivel local. Del universo, compuesto por un total de 175 empresas metalmecánicas, obtuvimos una tasa de respuesta del 60%, es decir, 105 industrias. A continuación, presentamos a modo de ejemplo, algunos de los análisis realizados a nivel sectorial y sus conclusiones sobre las 105 industrias analizadas (Figura 1):

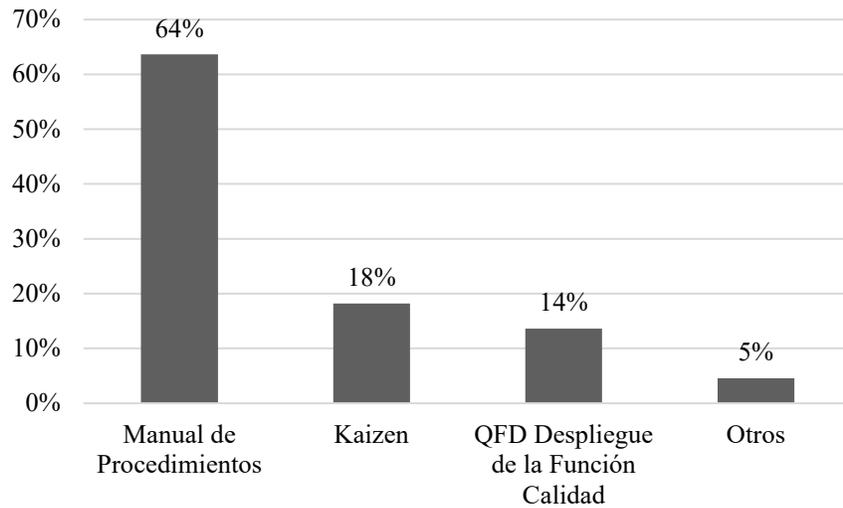


Figura 1-Metodologías aplicadas por las empresas

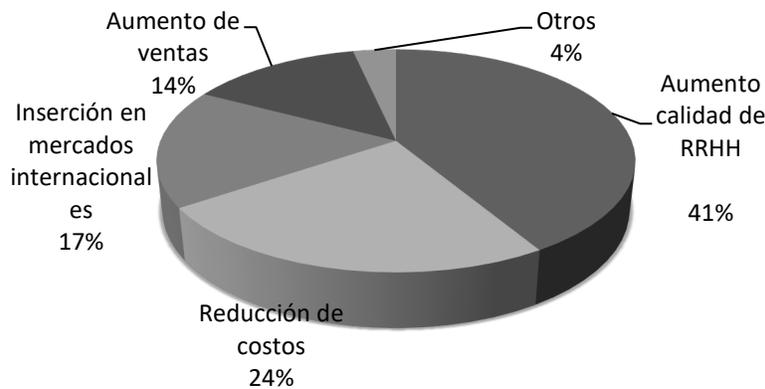


Figura 2 - Beneficios generados a la empresa

Ambas figuras corresponden al análisis realizado sobre las 105 industrias metalmeccánicas del Partido de Avellaneda.

Resultados del Análisis Transversal

En lo que respecta al análisis transversal, se pudo observar que el 53% de las empresas encuestadas consideran que se debería aplicar o incrementar el uso de herramientas de calidad en las áreas de administración, comercial y de seguridad e higiene.

Por otro lado, resulta de interés resaltar que muchas de las empresas expresaron la importancia de emplear este tipo de herramientas en líneas de desarrollo e innovación (I+D+i), y los beneficios que genera la aplicación de la gestión de la calidad y sus herramientas (Gráfico 2) aunque, contrariamente a lo declarado, se observa una baja presencia de áreas o departamentos destinados de investigación y desarrollo en las empresas encuestadas.

Conclusiones

La experiencia obtenida en el trabajo desarrollado aportó, entre otras cosas, una mirada más cercana de las problemáticas en cuestión de gestión de la calidad que sobrellevan las industrias del sector bajo estudio.

De este modo, se amplió el universo de conocimiento sobre el sector industrial y de servicios, facilitando en el ámbito de la Universidad, a través de las distintas Regionales que intervinieron en este estudio, acentuar la inclusión de conocimientos específicos en el campo de la calidad y la tecnología de las organizaciones tanto en sus diseños curriculares, por ejemplo en la Maestría en Ingeniería en Calidad, que se dicta en la Facultad Regional Avellaneda de la UTN, como en la oferta de formación orientada a diferentes actores de las cadenas productivas y de los servicios, y la intensificación de la promoción de actividades de investigación y desarrollo en el campo de la tecnología de las organizaciones.

Se considera que los logros alcanzados derivados de la ejecución del Proyecto, entre otras cosas, pueden facilitar el posicionamiento de la Universidad, a través de un futuro Observatorio, como un centro de apoyo al desarrollo de las empresas en la zona de influencia de cada Facultad Regional, donde en base a determinados requisitos relacionados con la inserción de la calidad en las industrias u otros factores consultados en la encuesta, guíe y fomente estas prácticas.

Referencia

A.Marcial, N. (2009). ¿Qué son los observatorios y cuáles son sus funciones? *Innovación Educativa*, 5-17.

Cantú Delgado, H. (2014). *Desarrollo de una cultura de calidad*. New York: Mc Graw Hill.

Delfini, M., Dubbini, D., Lugones, M., & Rivero, I. N. (2007). *Innovación y empleo en tramas productivas de Argentina*. Buenos Aires: Univ Nac Gral Sarmiento y Prometeo Libros.

Deming, W. E. (2013). *Calidad, productividad y competitividad*. Madrid: Díaz de Santos.

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, Loet. (2000). The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university-industry-government relations. *Research Policy*, 109-123.

Novick, M., Palomino, H., Beccaria, A., Bisang, R., Castillo, V., Cimoli, M., y otros. (2007). *Estructura productiva y empleo: Un enfoque transversal*. Buenos Aires: Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social.

Porter, M. (1998). Clusters and the New Economics of Competition. *Harvard Business Review*, 77-90.

Confinar pilas agotadas en hormigón

Confine dead batteries in concrete

Edgardo Remo Benvenuto Pérez

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Argentina.
remoben@hotmail.com

Micaela A. Sanmartino

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco, Argentina.
msanmartino@facultad.sanfrancisco.utn.edu.ar

Carlos D. Fissore

Instituto Provincial de Educación Técnica IPET 264, San Francisco, Argentina.
carlosdanielfissore@gmail.com

Resumen

Las pilas y baterías químicas agotadas son residuos peligrosos, es un serio problema ambiental porque son muy contaminantes. Están formadas, por ejemplo, por mercurio, cadmio, níquel, litio, cinc, plomo, sustancias peligrosas para la salud y el ambiente. En general, es nula la gestión de las mismas y se mezclan con los residuos comunes. En el trabajo se propone confinar pilas y baterías agotadas en hormigón, lo que significa aislarlas del medio ambiente. Se destaca que no se incluyen los acumuladores de plomo (Pb), la contaminación con Pb es muy importante y no se aborda en el presente trabajo. Se han investigado los efectos en algunas propiedades del hormigón al agregar y mezclarlo con pilas y baterías. La conclusión del trabajo es que agregando 1 % máximo en volumen de pilas y baterías agotadas al hormigón sus propiedades no varían apreciablemente.

Palabras clave: Confinar, pilas, baterías, hormigón.

Abstract

Exhausted chemical cells and batteries are hazardous waste, it is a serious environmental problem because they are highly polluting. They are formed, for example, by mercury, cadmium, nickel, lithium, zinc, lead, substances that are hazardous to health and the environment. In general, their management is null and they are mixed with common waste. In the work it is proposed to confine depleted cells and batteries in concrete, which means isolating them from the environment. It should be noted that lead (Pb) accumulators are not included, contamination with Pb is very important and is not addressed in the present work. The effects on some properties of concrete by adding and mixing it with batteries have been investigated. The conclusion of the work is that adding a maximum 1% by volume of depleted cells and batteries to the concrete, its properties do not vary appreciably.

Keywords: Confine, batteries, concrete.

Introducción

Los términos pila o batería significan, en general: pila no es recargable, batería es recargable. Pese a ser evidente que son muy convenientes las baterías recargables, las pilas no recargables se continúan usando en varios dispositivos por distintos motivos.

El uso de las pilas y baterías actualmente es muy amplio y diverso, en muchos dispositivos se usan pilas y baterías que, inevitablemente, se agotan y hay que desechar.

En nuestro país, según la Ley 24051^[1], residuo peligroso es todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general. En particular son considerados peligrosos los residuos indicados en el Anexo I o que posean alguna de las características enumeradas en el Anexo II de la mencionada ley.^[2]

Se ha investigado si en Argentina se realiza un reciclado o existe algún proyecto o propuesta para el destino final de las pilas y baterías agotadas, la información que se ha obtenido respecto a qué hacer con las pilas y baterías agotadas es que son muy contaminantes (residuos peligrosos), no se deben mezclar con los residuos comunes y se deben guardar. Obviamente, la cantidad de pilas y baterías agotadas aumenta y es evidente que si se guardan y acumulan debe ser en lugares que se garantice que no tiene contacto con el medio ambiente. [3] Considerando que el reciclado de las pilas y baterías no es simple ni barato, se propone hacerlo de una forma semejante a los residuos nucleares que se originan por el uso de sustancias radiactivas en, por ejemplo, pruebas nucleares, centrales nucleares, medicina nuclear. Son muy peligrosos para la biósfera y no es posible reciclar ni neutralizar, luego se entierran en montañas o lugares aislados y se sellan o confinan con hormigón, se aíslan del medio ambiente. Este método para los residuos nucleares es esencial para justificar la propuesta del trabajo que es confinar pilas agotadas en hormigón. Luego se amplía el tema con la descripción de cementerios nucleares que agregan más argumentos. El proyecto de confinar pilas en hormigón se llama ProyPH.

Desarrollo

La primera etapa imprescindible es separar las pilas y baterías agotadas de todos los otros desechos y residuos. Desde el año 2012 en la UTN San Francisco se realiza una campaña de separación de pilas, se instalan recipientes para que todas las personas que concurren a la Facultad coloquen las pilas y baterías agotadas (se excluyen los acumuladores de Pb). Se destaca que se observó un resultado muy irregular en el cumplimiento del ProyPH por las personas que concurrían a la Facultad, obviamente para que la separación fuera correcta, todas las personas que concurrían a la Facultad (estudiantes, docentes, no docentes, etc.) debían colocar las pilas y baterías agotadas en los recipientes. En general, se encontraron pilas y baterías sueltas y también, por ejemplo, en recipientes, bolsas, botellas, y otros desechos.

Se realizaron varias experiencias cuantitativas para comparar propiedades del hormigón con y sin el agregado de pilas y baterías: Resistencia a la compresión (Rcompr), Análisis de agua líquida y Corrosión de Fe.

Resistencia a la compresión: es una propiedad básica del hormigón. El ensayo se realiza en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica de la UTN San Francisco donde los obradores envían las probetas de prueba para medir la Rcompr.

La probeta es cilíndrica de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, para realizarla se sigue un protocolo: se coloca en el molde 10 cm de hormigón, se apisona con un palo, luego 10 cm más, nuevamente apisonar y los últimos 10 cm, el palo y el alisado superior. Aproximadamente a las 24 hs. se abre el molde, la probeta ya se puede manipular y se sumerge en agua. El hormigón fragua aprox. el 95 % en 28 días, la probeta está lista para el ensayo de la Rcompr. El volumen de la probeta es aprox. 5,3 litros L. Para comparar la Rcompr del hormigón sin y con pilas se agregan distintos porcentajes en volumen (% V) de pilas y baterías agotadas.

Se realizaron ensayos exploratorios con distintos porcentajes % hasta adoptar un % en V de pilas agotadas aprox. del 1 %.

Las probetas para la experiencia con 1 % en V se realizan: los V de las pilas AAA son aprox. 3,4 cm³ y los de las pilas AA 7,4 cm³, luego si el V de la probeta es 5.300 cm³, el V de pilas a agregar es 53 cm³: 4 pilas AA y 7 pilas AAA. El hormigón es H 21 de la empresa local Passamonte confeccionada por computadora, tiene 18,0 % de cemento (en masa), 5,0 % de agua, el resto piedra y arena en partes iguales (38,5 % c/u).

Los resultados se muestran en la tabla 1. Se destaca que los valores numéricos son expresados en cifras significativas.

Probeta	Rcompr (kg/cm ²)
Probeta 1 sin pilas	224,4
Probeta 2 con 1 % pilas agotadas	249,2
Probeta 3 con 1 % de pilas agotadas	184,7

Tabla 1: Resultados experiencia con hormigón H21 (Rcompr = 210 kg/cm²).

Las probetas pueden ser distintas aunque se confeccionen simultáneamente (repetibilidad), las causas pueden ser, por ejemplo, que el hormigón no es un sistema homogéneo, la velocidad de fraguado es distinta, es una velocidad de reacción química que depende de muchas variables que justifican los resultados. Si las probetas no son realizadas simultáneamente, los resultados experimentales comparados son importantes (reproducibilidad: Tabla 3).

Análisis de agua líquida: al ofrecer y difundir el ProyPH se han presentado algunas objeciones, por ejemplo, que el hormigón es poroso y si tiene pilas el agua líquida pasa y extrae (lixiviación) contaminantes de las pilas.

En el año 2018 se realizaron algunas experiencias en Devoto (Córdoba), una importante fue investigar si el hormigón es poroso y el agua líquida puede extraer (lixiviar) componentes de las pilas y baterías. Se describe la experiencia realizada en octubre de 2018 en la planta de hormigón de Devoto. El objetivo fue investigar la posible lixiviación de los componentes de las pilas y baterías confinadas en hormigón por agua líquida, o sea la extracción por el agua líquida de sustancias de las pilas y baterías confinadas en hormigón.

Se analiza el agua líquida donde fraguan las probetas de hormigón usadas para medir la Rcompr. El protocolo para las probetas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura es: llenar los moldes, desmoldar 1 día después y sumergir en agua, sacar a los 27 días y analizar el agua donde fragua cada probeta. También medir la Rcompr.

La experiencia consiste en hacer 2 probetas sin pilas, 2 con pilas y colocar cada una en baldes separados con agua. Simultáneamente se llenan 2 baldes con agua líquida sin probetas. El agua usada es la misma.

A los 28 días se tienen 6 muestras de agua líquida separadas: 2 de agua sin probetas (blanco), 2 de probetas sin pilas y 2 de probetas con pilas.

Se analizan los cationes K^+ (ac), Zn^{2+} (ac), Pb^{n+++} (ac), Fe^{n+} (ac), Cr^{n+} (ac). [(ac) significa disolución acuosa].

Se indican datos de la experiencia realizada en Devoto (Córdoba):

Hormigón: cantidades aproximadas y % en masa: piedra (grande): 300 kg (41 %); arena gruesa 280 kg (38 %); cemento: 100 kg (14 %); agua líquida: 50 kg (7 %) (aprox. H21).

Se mide la densidad media Dm del hormigón de las probetas: DmHorm = 2,2 kg / L

Volumen de una probeta: Vprob. = 5,3 L ; masa de una probeta: Mprob. = 11,7 kg

En cada probeta con pilas se mezclaron 6 pilas AA. Vpilas. = 7,4 cm³ x 6 = 44 cm³

El porcentaje % de pilas confinadas en volumen: % V = 0,83 % (% en masa / V = 0,38 %)

La Tabla 2 indica los resultados de los análisis de los 5 cationes en cada muestra. Los análisis se realizaron en CEPROCOR.

Cada ensayo es por duplicado y las concentraciones están expresadas en µg / L.

Cationes (ac)	Agua líquida	Hormigón SIN pilas	Hormigón CON pilas
Zn	< 15 - < 15	< 15 - ND	ND - < 15
Cr	< 0,6 - < 0,6	12 - 15	12 - 13
Fe	< 30 - < 30	< 30 - 70	< 30 - 128
Pb	ND - ND	ND - < 2	ND - ND
K	4,3 - 4,7	201 - 205	198 - 220

Tabla 2: Análisis de agua realizados por CEPROCOR.

Se analizan los resultados:

* **Zn**: sin diferencias en las 6 muestras (ND; no se detecta).

* **Cr**: diferencia entre Cr en agua y Cr en hormigón pero igual SIN y CON pilas.

Los valores son del catión total: Cr³⁺ (ac) y Cr⁶⁺ (ac)

* **Fe**: sin diferencias en 4 muestras, pero 2 resultados no coherentes: 1 SIN y 1 CON pilas aumentan.

Los valores son del catión total, Fe²⁺ (ac) y Fe³⁺ (ac)

* **Pb**: sin diferencias en las 6 muestras (ND: no se detecta).

* **K**: diferencia entre K en agua y K en hormigón pero semejante SIN y CON pilas

Se destaca que las probetas de hormigón estuvieron sumergidas en agua líquida *mientras el hormigón fraguaba*, o sea mientras se iba endureciendo. Por lo tanto, si el hormigón ya está fraguado, la lixiviación es más improbable.

También se midió la Rcompr. de las probetas hechas en octubre del 2018 en Devoto para las experiencias de lixiviación, 2 probetas sin pilas y 2 con pilas. La Tabla 3 muestra los resultados.

Probeta	Rcompr (kg/cm ²)
Probeta 1 sin pilas	224,1
Probeta 2 sin pilas	196,1
Probeta 3 con 1 % pilas agotadas	216,5

Probeta 4 con 1 % de pilas agotadas	189,8
-------------------------------------	-------

Tabla 3: Rcompr experiencia realizada en Devoto.

Valores de Rcompr promedio sin pilas y con pilas:

Resultados promedios de Rcompr H 21 (Rcompr **210 kg/cm²**)

* Probetas sin pilas (4): **217,5 kg/cm²**

* Probetas con 1 % de pilas (4): **210,0 kg/cm²**

Se concluye que se puede agregar 1 % máximo en volumen V de pilas y baterías agotadas al hormigón y la Rcompr. no varía apreciablemente.

Un concepto importante es que volúmenes de hormigón usados en la construcción son muy grandes, agregando como máximo 1 % en V (o menos) de pilas, la cantidad de pilas y baterías agotadas que se separan y confinan es muy grande.

Corrosión: otro tema es el hierro Fe que contiene el hormigón armado, el Fe es acero oxidable. Se hicieron experiencias de corrosión del Fe en probetas sin y con pilas con barras de Fe. El objetivo es evaluar la corrosión en el Fe y en las pilas confinadas en el hormigón armado.

La planta fabril de MACOSER SA en el Parque Industrial San Francisco tiene una cámara de niebla salina para ensayos de corrosión, se solicita al gerente de MACOSER Sr. Roberto Macchieraldo el uso de la cámara de niebla salina. Se realizaron en octubre del 2014 experiencias de corrosión del Fe confinado en hormigón con y sin pilas agotadas. Las probetas fueron confeccionadas por C. Fissore y E. Benvenuto, las experiencias en la cámara de niebla salina supervisadas por la Ing. Carolina Gioino. Las probetas, según protocolo se desmoldan a las 24 hs., se sumergen en agua, y a los 30 días se sacan las probetas del agua.

Las 4 probetas se colocan en la cámara de niebla salina que es un equipo normalizado para ensayos de corrosión. La niebla salina consiste en 60 L de agua desmineralizada con 3 kg de NaCl (droga de laboratorio) disueltos. La disolución acuosa se inyecta como niebla con una bomba en la cámara a 34 °C.

Las 4 probetas se mantienen en la cámara durante 46 hs. y luego se rompen para observarlas.

No se observa corrosión de las barras de Fe en ningún caso, con o sin pilas y tampoco se observan corrosión en las pilas agotadas confinadas. Se considera que el resultado de la probeta con 10 cm de Fe sin confinar es importante, en las mitades confinadas no se observa corrosión, si en los 10 cm sin confinar. En ningún caso se observa corrosión en las pilas agotadas confinadas.

Esta experiencia es importante para refutar que el hormigón es poroso, que en un piso el agua pasa por el hormigón y extrae (lixiviación) componentes de las pilas. Esta conclusión se complementa con el informe del análisis de agua.

Confinamientos realizados.

En el año 2014 la empresa MACOSER SA que se encuentra en el Parque Industrial de San Francisco (Córdoba) acepta construir el piso de un depósito de aprox. 2.000 m² con pilas (0,15 m espesor). Las pilas y baterías agotadas fueron provistas por la Municipalidad de San Francisco. Se agregan en el piso aprox. 1.500 litros L de pilas y baterías (aprox. 0,5 % en V). Hasta la fecha no se han observado inconvenientes.

En el año 2018 la empresa Micrón Fresar de San Francisco construye en su Planta Akron 2 un piso de 250 m² y decide colocar pilas y baterías agotadas en el piso que tiene un espesor de 15 cm, el volumen V aproximado del piso es 37,5 m³. Se adopta el método de agregar las pilas y baterías agotadas en las hormigoneras a usar en los pisos, las pilas se mezclan con el hormigón. Es importante señalar que las pilas y baterías agotadas a agregar pueden ser de cualquier tipo y estado (se excluyen las baterías con plomo), pero *deben estar separadas y no juntas, por ejemplo, ni en bolsas o en botellas*. Se menciona que al medir el volumen aproximado de pilas y baterías agotadas, por ejemplo, en un balde, queda un volumen muerto que eventualmente se podría llenar con plásticos no reciclables triturado. El hormigón es H 21 (Passamonte), los porcentajes en masa son aproximadamente 48 % piedra, 32 % arena, 14 % de cemento, 6 % agua. En el piso de hormigón se colocan mallas de hierro.

Durante toda la operación no se observaron ni presentaron inconvenientes, es muy importante que los operarios de la obra no expresaron ni presentaron ningún problema ni objeción. En total, se agregaron 280 L (450 kg) de pilas agotadas a 47 m³ (47.000 L) de hormigón: porcentaje de pilas: 0,6 % de pilas en volumen (valores aproximados en cifras significativas).

Se tienen fotos y videos de las operaciones. Hasta ahora, no se ha observado ningún problema.

El 21 de julio de 2018 en la UTN San Francisco ese construyó el piso de la entrada exterior, se calcula su volumen aprox. $\approx 1\text{m}^3$ (1000 litros) y se decide colocar pilas agotadas en el piso. Se mezclan con el hormigón aprox. **10 litros (16 kg)**. Se observa si, por ejemplo, las pilas se ven, o hay inconvenientes en la operación. Las pilas agotadas a agregar al hormigón deben estar separadas y no juntas, por ejemplo, en una bolsa. Se agregaron 10 litros de pilas y baterías agotadas recolectadas en la UTN, el tamaño máximo fue AA. El hormigón es aprox. 3 – 2 – 1 – 0,5: 3 partes de piedra, 2 de arena, 1 de cemento, 0,5 agua líquida. En el piso no se colocaron mallas de hierro. Durante toda la operación no se observaron ni presentaron inconvenientes, es muy importante que los operarios no plantearon ningún problema.

Cementerios de residuos nucleares.

Los efectos eternos de Hiroshima y Nagasaki son la punta del iceberg porque desde 1946 se han realizado cientos de pruebas de bombas nucleares por EEUU, Gran Bretaña, hasta 1962 en la atmósfera en las islas Marshall del Océano Pacífico, Francia hasta 1996 en las islas Mururoa del Pacífico, la URSS en el Océano Ártico al norte de Rusia.

Los EEUU detonó la primera bomba H (de fusión) Ivy Mike, en octubre de 1952, la nube radioactiva de la explosión dio vueltas alrededor de la Tierra, por ejemplo, fue detectada en Santa Fe (Argentina) y nadie ahora sabe dónde está. En febrero de 1954 EEUU detonó su mayor bomba H, Castel Bravo. La URSS detonó su primera bomba H en agosto de 1953.

En 1958, EEUU detonó la bomba Cactus (relativamente pequeña), dejó un cráter que luego fue usado como depósito de los residuos nucleares muy contaminantes. Fue cubierto con un sarcófago o cúpula de hormigón de 115 m de diámetro y 46 cm de espesor, está en la isla Runit, la cúpula fue terminada en 1980. En Chernobyl el sarcófago se hizo primero rectangular y luego parabólico.

La bomba H más grande detonada hasta ahora es la ZAR (URSS) en octubre de 1961.

Se llaman bolas de fuego a las que se forman en el instante de la explosión y luego se expanden. En google hay figuras que comparan las bolas de fuego de la ZAR, Castel Bravo, ojivas nucleares de los cohetes intercontinentales Minuteman (EEUU), bomba Peacekeeper (EEUU), Fat Man arrojada sobre Nagasaki. Por ejemplo, el diámetro de la bola de fuego de la ZAR (bomba H) es de 4.600 m y la de Nagasaki (bomba de fisión) 200 m.

Actualmente la cúpula de hormigón de la Isla Runit se está rajando, cuando se construyó hace 40 años (1980) *obviamente la objeción de la porosidad y paso del agua a través del hormigón fue desestimada*, además los residuos nucleares están directamente sobre el piso de la Tierra !!?. Es muy probable que pronto (o ya) se produzca una catástrofe ambiental.

La URSS detonó más de 400 bombas nucleares entre 1949 y 1989 en una zona cercana a Moscú, llamada “El Polígono”, ha provocado graves efectos en sus habitantes, ahora es inhabitable.

Se menciona que las ciudades de Hiroshima y Nagasaki fueron reconstruidas y habitadas en pocos años. Chernobyl, la ciudad cercana Pripiat y un radio de más de 20 km son inhabitables.

Conclusiones

Se puede agregar 1 % máximo en volumen V de pilas y baterías agotadas al hormigón sin cambiar apreciablemente las propiedades del hormigón. Un concepto importante es que volúmenes de hormigón usados en la construcción son muy grandes, agregando 1 % en V (o menos) de pilas y baterías agotadas, es posible que se confinen casi todas las pilas y baterías agotadas que se separan y recolectan evitando que se mezclen con los residuos sólidos urbanos.

Las justificaciones de esta propuesta, además de las experiencias y mediciones realizadas, están basadas en varios argumentos y análisis lógicos:

- * el porcentaje de inertes (piedra y arena) en el hormigón es elevado, por ejemplo, en el hormigón H 21 (3 partes de arena - 3 de piedra - 1 de cemento: 3/7), es aprox. el 85 %, por lo tanto el 1 % de pilas y baterías agotadas es relativamente mínimo.

- * los volúmenes de hormigón que se consumen para las construcciones son muy grandes, se estima que aún colocando menos de 1 % en V de pilas y baterías agotadas, se pueden confinar una gran cantidad de pilas y baterías agotadas.

- * el hormigón al fraguar tiene una consistencia pétreo y no es poroso.

Según el tipo de hormigón, por ejemplo, sin o con hierros, sin o con vibración, el método de colocar pilas y baterías en la mezcla puede ser distinto, pero el más simple y eficiente es agregarlas directamente a la hormigonera donde se mezclan.

La propuesta es colocar las pilas y baterías en, por ejemplo, pisos, contrapisos, cordones cunetas, pavimentos. Eventualmente se puede considerar colocarlas en otros lugares y agregar menos de 1 % en volumen. No se propone agregar pilas en estructuras resistentes.

Si un problema subjetivo no demostrado es que el agua líquida extrae componentes (en la Tabla 2 se muestra lo contrario y la cúpula de la isla Runit lo confirma), se deberían agregar pilas en pisos de hormigón en lugares con techo.

Es imprescindible que las objeciones a esta propuesta sean lógicas y se fundamenten en experiencias cuantitativas, hasta ahora el Proyecto PH solo ha recibido objeciones subjetivas, algunas ilógicas y ninguna con fundamentos experimentales por escrito.

Las Municipalidades deberían recibir las pilas y baterías agotadas, en caso de recibir las, deben informar dónde y cómo guardan estos residuos peligrosos. Esta propuesta se ha presentado con información escrita desde el año 2013 en varias localidades, por ejemplo, San Francisco, Devoto, Frontera, Villa Nueva, Porteña, Tecnópolis. En todos los casos se mostró interés pero en ningún caso se ha recibido respuesta. El 17 de abril del 2017 se presentó una nota al secretario de Infraestructura y Servicios Públicos de la Municipalidad de San Francisco Ing. Oscar Enrico solicitando una respuesta por escrito respecto al tema con dos consultas:

- * informar por escrito los argumentos técnicos y/o criterios adoptados para no aplicar la propuesta.

- * el destino de las pilas agotadas que tiene la Municipalidad.

Hasta la fecha no se ha recibido ninguna respuesta.

Las objeciones a esta propuesta deben estar basadas en argumentos lógicos, además deben incluir otras propuestas, si no se confinan pilas en el hormigón, explicitar la propuesta alternativa, los argumentos lógicos y las experiencias que fundamentan la propuesta alternativa.

Suponiendo que se realiza la primera etapa de separación de las pilas agotadas de todos los otros residuos, si las pilas se guardan en algún depósito o contenedor, se debe garantizar que de ninguna forma las pilas se conecten con el medio ambiente, el contenedor contiene el 100 % de pilas (no el 1 % en hormigón).

Para reducir la cantidad de pilas agotadas es muy importante usar pilas recargables en todos los dispositivos que funcionen con cualquier tipo de pilas o baterías recargables. Las pilas recargables son convenientes ecológica y económicamente. Se debe continuar con la investigación repitiendo las experiencias realizadas y agregar otras, por ejemplo, con distintos tipos de hormigón que el H21, probetas fraguadas en agua líquida, en otras construcciones.

Referencias

- [1] HONORABLE CONGRESO DE LA NACIÓN ARGENTINA. *Ley 24051*
<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-24051-450>
- [2] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Residuos Peligrosos*
www.argentina.gob.ar/ambiente/observatorioresiduos/peligrosos
- [3] INTI. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. *Residuos Electrónicos*
(www.inti.gob.ar/publicaciones/residuoselectronicos)

Desarrollo de un Sistema de Control y Medición de Potencia Mecánica de un Freno de Corrientes Parásitas para ensayos de Motores Eléctricos de hasta 5 kW.

Development of a Mechanical Power Measurement and Control System of an Eddy Current Brake for Testing of Electric Motors up to 5 kW.

Feck Franco

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe - Argentina
francofeck@gmail.com

Basilio Tomás

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe - Argentina
tomass_07-@hotmail.com

Verón Franco

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe - Argentina
franco1020@hotmail.com.ar

Resumen

El presente proyecto se encuentra orientado a realizar la automatización del sistema de medición y control de potencia mecánica, que se le aplica al eje de un motor eléctrico bajo ensayo, en un freno electromagnético de corrientes parásitas. Para ello, se implementan microcontroladores marca "Arduino". Dicho freno es utilizado en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas y Electrotecnia de la UTN Facultad Regional Santa Fe para determinar el rendimiento y/o diferentes parámetros de un motor eléctrico con potencias de hasta 5 [kW].

Palabras clave: Arduino, Automatización, Freno, Motor eléctrico, Eficiencia.

Abstract

This project is aimed at automating the mechanical power measurement and control system, which is applied to the shaft of an electric motor under test in an electromagnetic brake with eddy currents. For this, "Arduino" brand microcontrollers are

implemented. Said brake is used in the Laboratory of Electrical and Electrotechnical Machines (LAMEyE) to determine the performance and / or different parameters of an electric motor with powers of up to 5 [kW].

Keywords: Arduino, Automation, Brake, Electric Motor, Efficiency.

Introducción

Resulta bien conocida la problemática ambiental, que actualmente puede poner en jaque un futuro sustentable para las generaciones venideras. Las emisiones antropógenas de gases de efecto invernadero, han aumentado desde la era preindustrial. Estos son causantes de cambios climáticos, que han impactado en los sistemas naturales y humanos. La generación de energía eléctrica, es uno de los mayores aportantes de gases en relación con los otros tipos de emisores. Una de las medidas claves de su mitigación, incluye la mejora en la eficiencia de los equipos de consumo, y los cambios de comportamiento de la población (Pachauri R. K. et al., 2014: 4-29).

El cincuenta y ocho por ciento de la demanda eléctrica, la conforman residencias y comercios (Secretaría de Energía Argentina, 2020: 1). Los consumos más interesantes en estos sectores son los refrigeradores, lámparas, motores eléctricos y equipos de aire acondicionado comerciales y residenciales (Tanides C. G., 2004: 20), siendo los motores monofásicos el principal componente de demanda de los refrigeradores y equipos de aire acondicionado. De allí surge la importancia de los etiquetados de eficiencia de motores eléctricos.

Para conocer la eficiencia de motores eléctricos, se debe realizar un ensayo que consiste en aplicarle potencia mecánica de frenado al eje, en donde se mide de potencia mecánica útil y la potencia eléctrica consumida, con lo cual a través de su relación es posible la obtención del rendimiento. El presente trabajo, se enfoca en la mejora del sistema de la medición de potencia mecánica en el eje del motor. Cabe mencionar, que la realización de los procedimientos de ensayos en forma manual, resulta lento, tedioso y requiere presencia permanente del operador durante todo su desarrollo con el objeto de realizar ajustes, lo cual genera imprecisiones que afectan los resultados del ensayo. En búsqueda de solucionar esta problemática, se pretende desarrollar un sistema de medición y control semi-automático que requiera menor presencialidad del operario y tiempo de ensayo. Los sistemas de control electrónicos basados en plataformas electrónicas digitales, son una tecnología madura y de amplia aplicación en ambientes industriales (O. E. Amestica et al., 2019: 1), debido a su pequeño tamaño, el bajo costo de adquisición, bajo consumo energético y el amplio abanico funcional. Los programas abiertos, tienen la libertad de usufructuarlos, ejecutarlos, copiarlos, distribuirlos o mejorarlos sin la necesidad de solicitar permisos. En este sentido, el ampliamente popular y conocido microcontrolador “Arduino”, es actualmente el que reúne dichas características, y que a su vez resulta ser el de mayor desarrollo y simplicidad de programación (Zulma Cataldi et al., 2007: 4-10). Cuenta también con una biblioteca que contiene diversas librerías, las cuales permiten compatibilidad con un amplio número de periféricos, resultando conveniente para lo requerido en el presente proyecto, siendo a su vez, permeable al surgimiento de posibles mejoras.

Desarrollo

El freno electromagnético consiste en un electroimán con el núcleo en forma especial, montado en un dispositivo que puede bascular – ver figura 1 -.

El electroimán se alimenta con corriente continua, y dentro de él gira un disco de cobre o aluminio macizo, en el cual se inducen corrientes parásitas que generan una fuerza contraria al sentido al que gira el disco. Estas fuerzas son tanto mayores, cuanto mayor es la velocidad “n” (RPM) con que gira el disco y la corriente inyectada (proporcional al flujo magnético) en el electroimán.

El dispositivo basculante tiene una barra en cada extremo. Un extremo se mueve entre dos topes y suele disponer un nivel de burbuja para verificar que el dispositivo esté centrado, y una pesa de equilibrado que gira en un tornillo.

El otro extremo está fijado mediante una cuerda o cadena a una celda de carga, enviando una señal proporcional a peso aplicado a un controlador, y cuya magnitud de peso es posible observarse en una un “display”, en unidades de [kg].

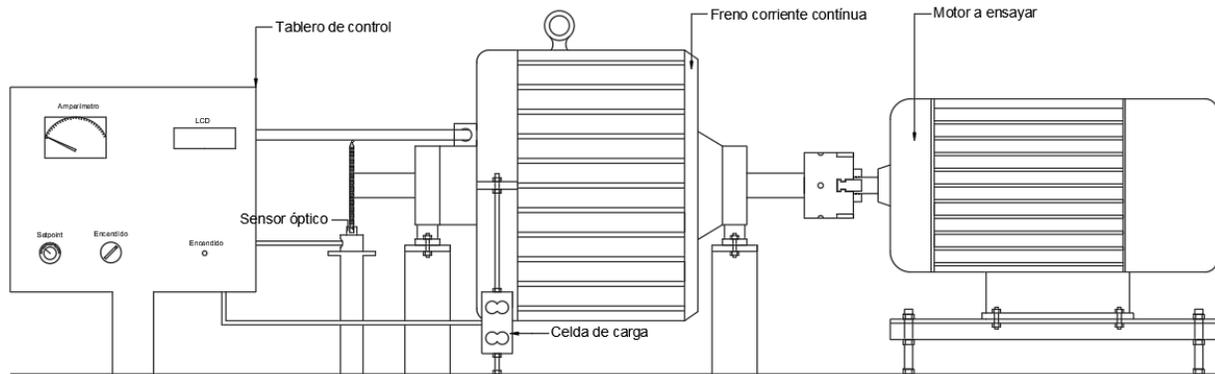


Figura 1. Esquema constructivo del freno de corrientes parásitas utilizado

Luego por intermedio de una ecuación matemática (1), resulta posible calcular y determinar la potencia mecánica aplicada al eje del motor bajo ensayo.

$$P_{mec} \text{ (Watts)} = 1,027 \cdot Q(\text{kg}) \cdot L(\text{m}) \cdot n(\text{rpm}) \quad (1)$$

La constante de 1,027, es un factor para compatibilizar unidades y que la potencia sea arrojada en watts. En la figura 2, se exponen los datos nominales del freno implementado.

Varimatic Freno electromagnético	
Mod: 2DM 140 200	Nº: D0709111901
CV: 5,5	RPM: 1500
Volts CC: 29	Amp. Cal: 5
Rod 1:	Rod: 6306 Z
Fabricante VARIMAK S.A.	Industria Argentina

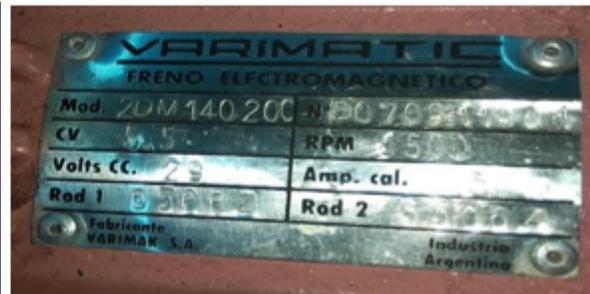


Figura 2. Datos de placa freno existente

El sistema completo consiste en cuatro microcontroladores – ver figura 3 –, los cuales cumplen las funciones de:

- (1) Control de Fuente
- (2) Medidor de Potencia
- (3) Medidor de la velocidad
- (4) Medidor de peso

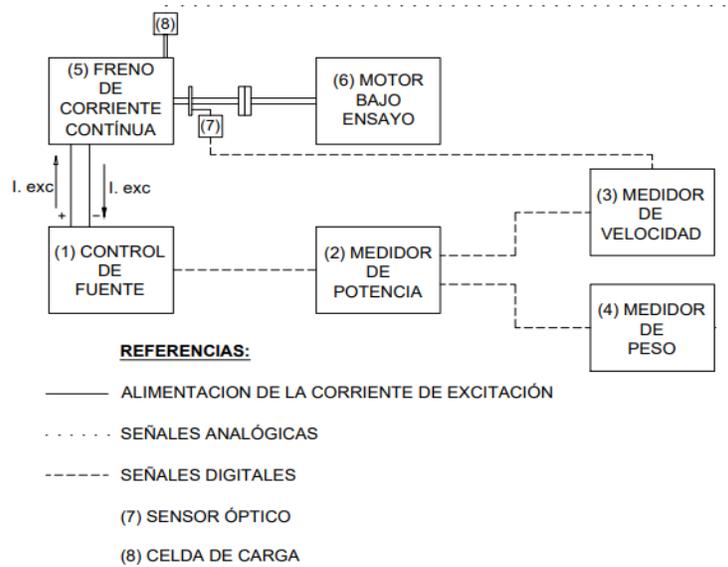


Figura 3. Esquema de interconexión de los componentes del sistema de medición

El módulo Control de fuente (1) mediante una modulación por ancho de pulsos (PWM) y una fuente de corriente continua, realiza el control de la corriente de excitación que alimenta el electroimán del freno de corrientes parásitas (5). Se dispone de una modalidad de funcionamiento manual y otra automática. En modo manual, se regula la excitación mediante un potenciómetro, con un indicador de escala porcentual respecto de la corriente máxima permitida, mientras se visualiza la potencia mecánica real aplicada en el freno, a través del Medidor de Potencia (2). En lo que respecta al modo automático, el valor deseado de potencia es insertado a través de un teclado numérico, cuya magnitud es comparada con la del medidor, y según la magnitud de “off-set” calculado, se incrementa o disminuye la corriente de excitación. El tipo de control escogido ha sido un “PID”.

El Medidor de potencia (2), recibe los datos necesarios de los módulos Medidor de Velocidad (3) y Medidor de Peso (4), para realizar el cálculo de la potencia mecánica real.

El Medidor de Velocidad (3) recibe una señal del Sensor Óptico (7), durante la interrupción que la rueda dentada provoca entre el emisor y receptor. La rueda contiene sesenta ranuras, con lo cual cuando se contabilizan sesenta interrupciones, corresponde a una revolución. Contabilizando la cantidad de interrupciones que se ocasionaron en un segundo, se puede obtener la cantidad de vueltas que realiza el motor en un minuto.

El Medidor de Peso (4) recibe de una celda de carga (8), una diferencia de potencial proporcional al peso aplicado.

En la imagen de la figura 4, es posible apreciar el circuito real entre los diferentes módulos del sistema.

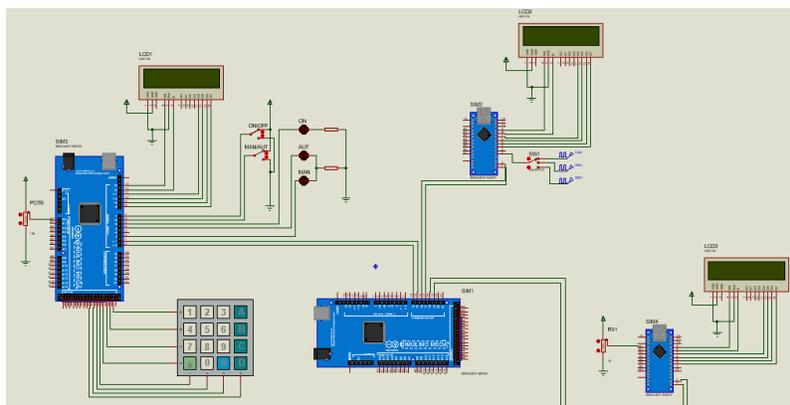


Figura 4. Esquema multifilar del sistema completo

La comprensión de las lógicas de programación de cada módulo, se exponen resumidamente en los siguientes diagramas de flujo de las figuras 5 a la 8:

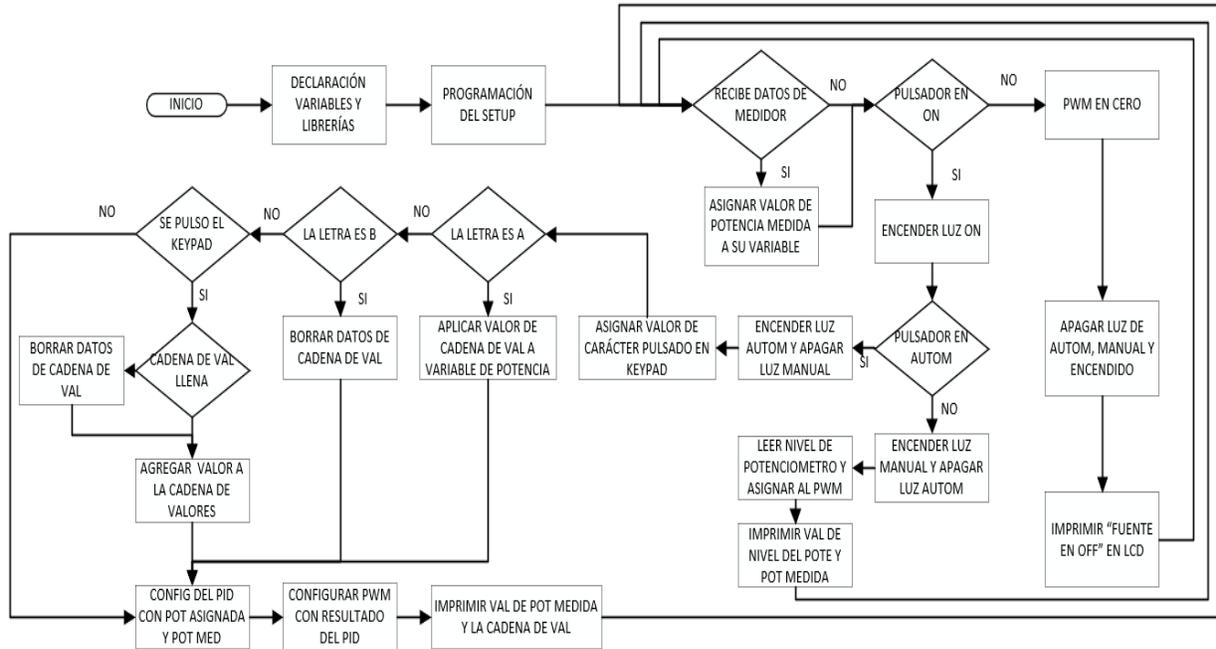


Figura 5. Flujograma del funcionamiento del módulo “Fuente (1)”

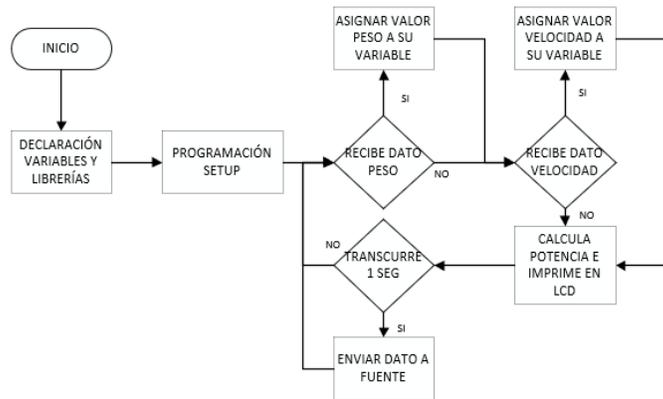


Figura 6. Flujograma del funcionamiento del módulo “Medidor Potencia (2)”

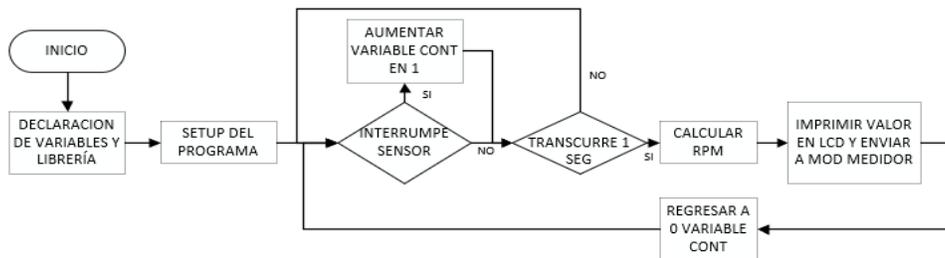


Figura 7. Flujograma del funcionamiento del módulo “Medidor de velocidad (3)”

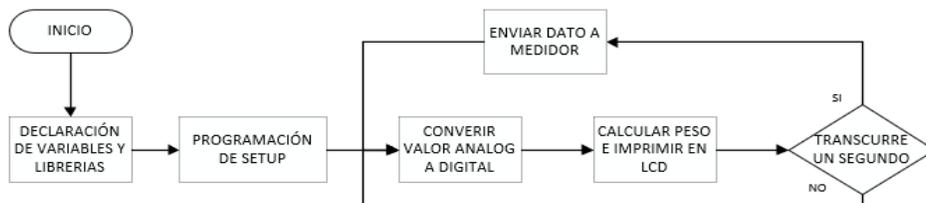


Figura 8. Flujograma del funcionamiento del módulo “Medidor de Peso (4)”

Conclusiones

Teniendo en cuenta la influencia directa que vincula el cuidado medioambiental con el aumento de la eficiencia energética, en este caso particular la de motores eléctricos, resulta de gran importancia la mejora de los sistemas de ensayos que permiten su estimación. Dicho esto, con el presente trabajo se ha podido obtener un sistema para la medición de la potencia mecánica, con una mayor performance, respecto a la que se disponía originalmente. Esto ha sido posible mediante la implementación de programas de uso libre y con un bajo costo, tal como ofrece la firma Arduino. Las mejoras obtenidas, han sido la obtención de una mayor precisión, reducción de la duración y un mejor aprovechamiento de los tiempos de operación del ensayo.

El conocimiento de la eficiencia en motores, es un primer gran paso hacia una mejora en las prestaciones de los motores eléctricos y el cuidado del medioambiente.

Cabe mencionar que se deja abierta la posibilidad de realizar futuros trabajos, en los cuales sea posible el desarrollo de un sistema de adquisición de datos de las variables de energía eléctrica consumida por el motor, cuya magnitud es otra de las cuales repercute directamente en la correcta determinación del nivel de eficiencia.

Referencias

- Amestica O. E., Melin P. E., Duran-Faudez C. R. y Lagos G. R. (2019) “An Experimental Comparison of Arduino IDE Compatible Platforms for Digital Control and Data Acquisition Applications”, 1.
- Cataldi Z. y Salgueiro F. (2007) “Software libre y código abierto en educación”, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, 4-10.
- Pachauri R. K. et al. (2014) “Cambio climático 2014, informe de síntesis”, IPCC, Grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, 4-29.
- Secretaría de Energía (2020) “Balance Energético Nacional”. Min. Economía, Argentina. <<https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>>.
- Tanides C. G. (2004) “Etiquetado en eficiencia energética y valores de consumo máximo”, Avances en Energía Renovables y Medio Ambiente, 8 (2), 20.

Descubrimiento de asteroides. Programa Internacional IASC.

Asteroids discoveries. International program IASC.

Hugo Madonna

Grupo I + D GOAs, Universidad Tecnológica Nacional. Argentina
hugocesarfeliciano@gmail.com

Mauricio Casalis

Grupo I + D GOAs, Universidad Tecnológica Nacional. Argentina
mauriciocasalis@gmail.com

Nicolás Rocchia

Grupo I + D GOAs, Universidad Tecnológica Nacional. Argentina
nicolasrocchia@gmail.com

Resumen

El Observatorio Astronómico de la Universidad Tecnológica Nacional UTN Facultad Regional San Francisco participa en el programa internacional on-line “Colaboración Internacional de Búsqueda Astronómica” (International Astronomical Search Collaboration IASC) de búsqueda y descubrimientos de asteroides. En junio de 2018 se forma el Grupo I + D (Investigación y Desarrollo) Observatorio Astronómico GOAs de la Facultad Regional San Francisco. El trabajo describe el descubrimiento de 2 probables nuevos asteroides por el GOAs: en enero de 2021 se informó que un asteroide reportado en 2020 era un probable nuevo asteroide, el 2020-OP43 y en marzo de 2021 otro asteroide fue denominado como otro probable nuevo asteroide 2021-FD10. La participación en el Programa IASC continúa sin interrupciones desde 2018.

Palabras claves

Búsqueda, asteroides, descubrimientos.

Abstract

The Astronomical Observatory of the National Technological University UTN San Francisco Regional College participates in the international on-line program "International Astronomical Search Collaboration IASC" for the search and discovery of asteroids. In June 2018, the I + D Group (Research and Development) GOAs Astronomical Observatory of the San Francisco Regional School was formed. The work describes the discovery of 2 probable new asteroids by the GOAs: in January 2021 an asteroid reported in 2020 was reported as a probable new asteroid, the 2020-OP43 and in March 2021 another asteroid was named as another probable new asteroid. 2021-FD10. Participation in the IASC Program continues uninterrupted since 2018.

Keywords

Search, asteroids, discoveries.

Introducción.

El Observatorio Astronómico de la UTN San Francisco funciona sin interrupciones desde 1980 realizando actividades rutinarias de atención al público y a escuelas. Realiza otras actividades, por ejemplo, divulgación, visitas a escuelas, en

caso de eventos, por ejemplo, cometas, eclipses, conjunciones, ofrece actividades públicas especiales. Desde junio de 2018 participa en el proyecto internacional on line de búsqueda de asteroides, “Colaboración Internacional de Búsqueda Astronómica” (International Astronomical Search Collaboration IASC). Su director es el Dr. Patrick Miller de la Universidad de Hardin – Simmons, Abilene, Texas, Estados Unidos. El IASC organiza campañas y envía fotos a los inscriptos, estas son tomadas por el telescopio Pan-STARRS de 1,8 m de diámetro ubicado en Haleakala, Hawai. Con ellas los integrantes del GOAs intentan descubrir asteroides MBAs (Main Belt Asteroides, Asteroides del Cinturón Principal, aquellos con órbitas entre Marte y Júpiter) y/o TNOs (Trans-Neptunian Objects: Objetos Trans-Neptunianos). Estos últimos se hallan más lejos que Neptuno, el último planeta del Sistema Solar. Los asteroides no son visibles a simple vista. Desde junio de 2018 la participación en las campañas de búsquedas de asteroides en el programa IASC es continua, también durante el año 2020 y 2021 porque la búsqueda es en forma on-line.

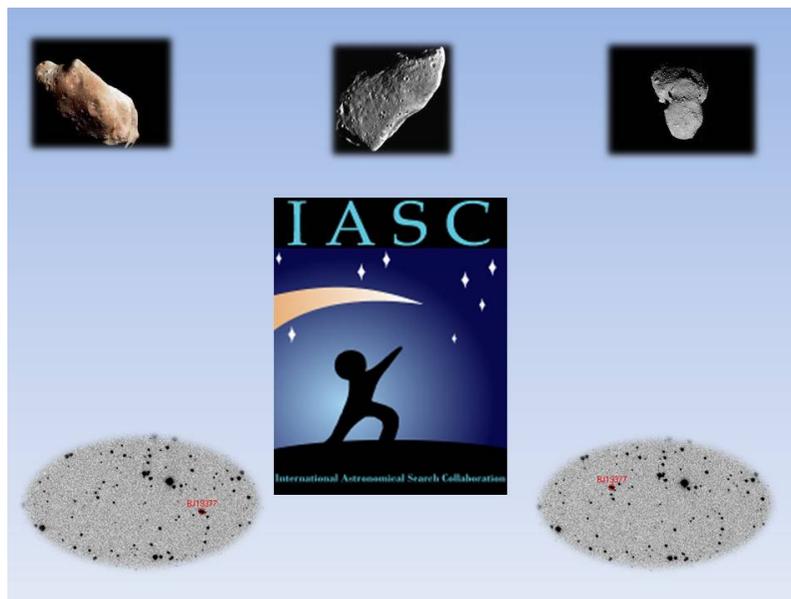


Figura 1: Logo del IASC

Desarrollo.

Los asteroides son cuerpos compuestos por sustancias rocosas y/o metálicas, cuyos tamaños oscilan entre pocos metros y cientos de kilómetros. El primer asteroide lo descubrió por casualidad el astrónomo italiano Giuseppe Piazzi en 1801. Bautizado como Ceres, al principio se celebró como el planeta perdido y recibió el estatus de planeta. Sin embargo con el descubrimiento de Pallas, Juno y Vesta entre 1802 y 1807, quedó claro que se trataba de un nuevo tipo de objetos que más adelante se clasificarían como asteroides. Ceres es lo suficientemente grande para tener una forma esférica, su diámetro es aproximadamente de 1.000 Km. Hoy es un planeta enano según la Unión Astronómica Internacional (IAU). Las órbitas de algunos asteroides cruzan la órbita de la Tierra, por lo que teóricamente pueden llegar a colisionar con nuestro planeta (se llaman NEO: Orbitas Cercanas a la Tierra).

Para detectar los asteroides se utiliza un programa que llama Astrométrica, el cual permite realizar mediciones astronómicas de posición, brillo y otras variables de objetos que se encuentran en una imagen. En el caso de la detección de asteroides se utilizan un set de cuatro fotos capturadas del mismo sector del cielo pero en distintos instantes de tiempo, el set es ingresado al programa, donde es analizado para detectar las estrellas de referencias y posicionar las imágenes en el sector del cielo correspondiente para poder medir coordenadas, luego se busca objetos que sean conocidos, en este caso aparecen señalados en rojo todos los asteroides que han sido catalogados o son provisionales, luego se juntan las cuatro imágenes formando un video, del cual se determina el movimiento de algún objeto, ya que las estrellas no se mueven, están fijas en el video, pero los asteroides se mueven en líneas rectas con un brillo parecido en cada una de las fotos, una

vez detectado el asteroide no señalado se procede a codificarlo con nuestro código que es ASFXXXX, se realiza un reporte del análisis y se lo envía al IASC.

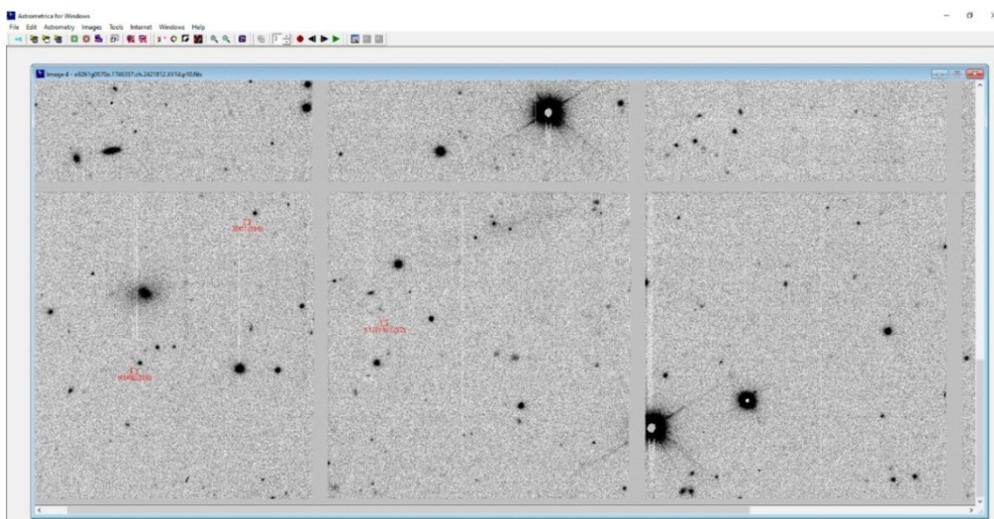


Figura 2: muestra de fotos enviadas por el telescopio Pan-STARRS

Desde junio de 2018 hasta la fecha se han reportado 370 asteroides de los cuales han sido clasificados y publicados como preliminares 134 en la página de IASC. Preliminar significa la primera observación original de un nuevo asteroide. El asteroide debe observarse por segunda vez dentro de los 7 a 10 días posteriores a su descubrimiento por algún Observatorio que puede ser el de Hawai u otro. Si es así, el Minor Planet Center MPC cambia el descubrimiento a provisional, o sea un probable nuevo asteroide.

En el programa IASC participan todos los integrantes del Observatorio, pero en el reporte de cada asteroide se indican los descubridores.

En 2021, el IASC comunica al Observatorio que al asteroide reportado por Mauricio Casalis y Nicolás Rocchia en la campaña de julio - agosto del 2020 (nombrado como **ASF 0256**) se le ha otorgado el estado de **descubrimiento provisional** por el Minor Planet Center MPC, organismo perteneciente a la Unión Astronómica Internacional IAU. Este asteroide está en la base de datos del MPC con la denominación **2020 OP43**. Se debe esperar algunos años para que se otorgue el crédito definitivo del descubrimiento al Grupo GOAs, esto se debe a que se tienen que realizar más observaciones para determinar completamente su órbita. La espera tiene una razón: se trata de descartar la posibilidad de que el hallazgo sea una recuperación de algún asteroide perdido por incertidumbre en su órbita. Finalizados estos estudios, el asteroide será numerado, catalogado por la IAU y los descubridores podrán darle un nombre.

Características del probable nuevo asteroide 2020 OP43:

Periodo: 3,26 años en dar una vuelta al Sol. *Distancias:* en el perihelio (más cerca del Sol): 2,062 UA (1 UA = distancia Tierra – Sol \approx 150 millones de Km), en el afelio (Más lejos el Sol): 2,331 UA. *Brillo* \approx magnitud 20. (A simple vista se pueden ver objetos hasta magnitud 6, valores mayores son invisibles a simple vista).

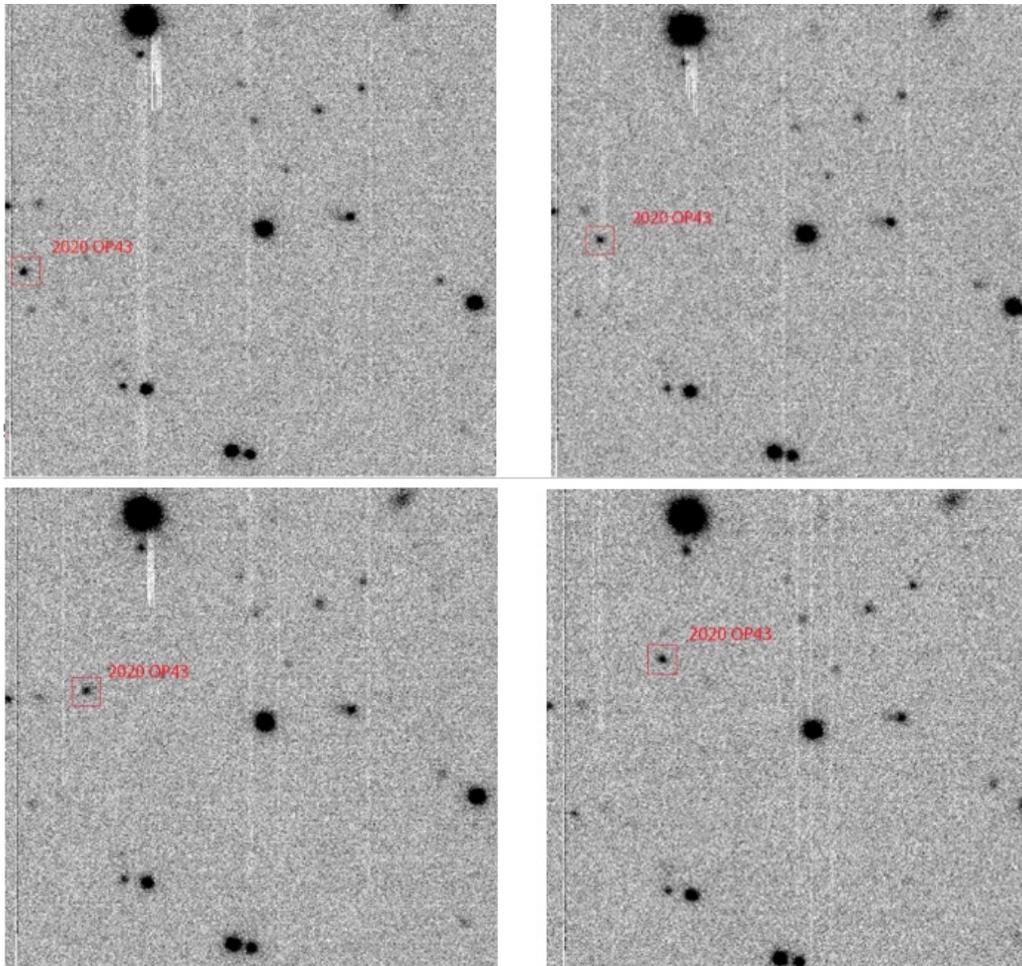


Figura 3: fotos del telescopio Pan-STARRS utilizadas para el descubrimiento del 2020 OP43

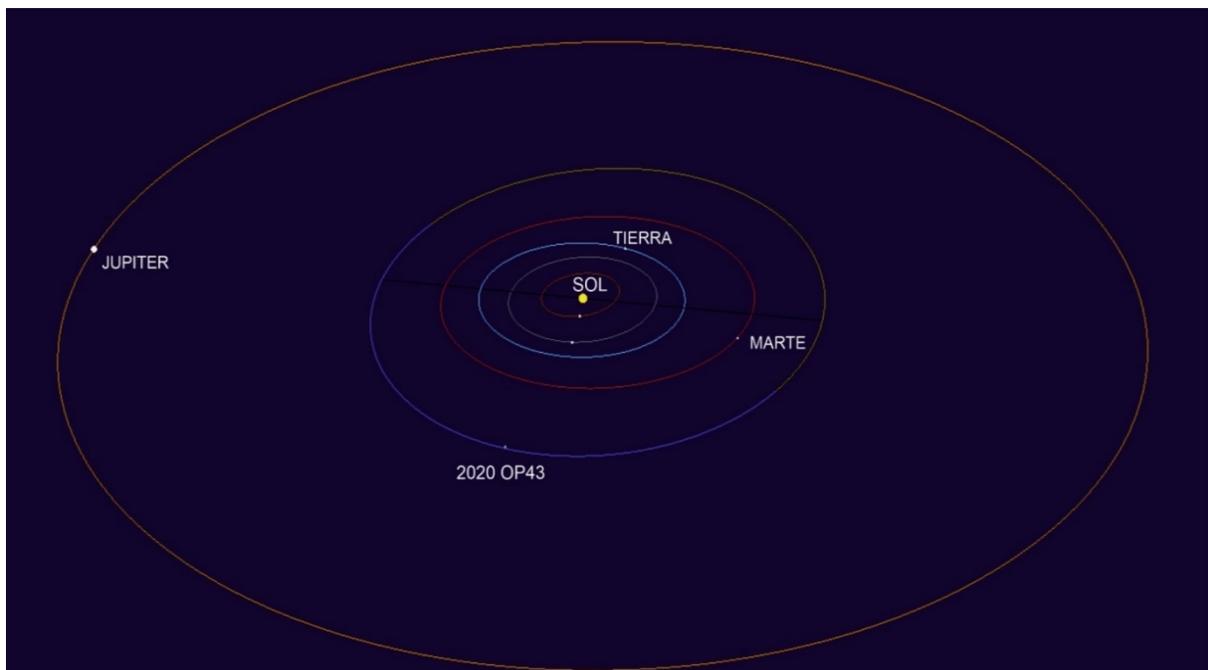


Figura 4: órbita del asteroide 2020 OP43



Figura 5: foto de los descubridores del 2020-OP43

La figura 5 muestra a Nicolás Rocchia y Mauricio Casalis con los certificados del IASC.

Características del probable nuevo asteroide 2021 FD10:

Periodo: 3,47 años en dar una vuelta al Sol. *Distancias:* en el perihelio (más cerca del Sol): 1,90 UA (1UA = Distancia Tierra-Sol \approx 150 millones Km), en el afelio (Más lejos del Sol): 2,68 UA. *Brillo* \approx magnitud 21.

Descubridores provisionales: Mauricio Casalis, Nicolás Rocchia y Hugo Madonna.

Conclusiones.

Desde marzo de 2020 no se han podido realizar actividades con público en el Observatorio, pero si otras actividades, por ejemplo, la participación on line en el Programa IASC, muy importante para el Grupo GOAs, los integrantes la realizan en sus domicilios. También durante 2020 y 2021 se publicaron en la página de la UTN y en facebook del Observatorio notas de divulgación para actividades en casa. Mensualmente se publica un mapa del cielo que se difunde por la página de la UTN, facebook y distintos medios, por ejemplo, radios, el canal local, gráficos.

La búsqueda de asteroides con el Programa IASC continúa en 2021.

Detección de cadenas de fuerza en tolvas

Detection of force chains in hoppers

Gabriel Darío Puccini

Laboratorio de Métodos y Simulaciones Computacionales, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rafaela, Acuña 49, Rafaela, Santa Fe, Argentina
gabriel.puccini@frra.utn.edu.ar

Sergio Eduardo Bertone

Laboratorio de Métodos y Simulaciones Computacionales, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rafaela, Acuña 49, Rafaela, Santa Fe, Argentina

Matías Eduardo Peralta

Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Ruta Nacional N° 34 km 227,6 Rafaela, Santa Fe, Argentina

Agustín Cabaña

Laboratorio de Métodos y Simulaciones Computacionales, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rafaela, Acuña 49, Rafaela, Santa Fe, Argentina

Resumen

Las fuerzas en los medios granulares se transmiten a través de los contactos entre partículas, fenómeno conocido como "cadenas de fuerza". Estas cadenas se han observado en experimentos de atascos en tolvas en dos dimensiones, aunque la explicación de la aparición de estas estructuras complejas y su descripción cuantitativa ha sido profundamente elusiva. Una pregunta abierta refiere al papel que desempeñan tales estructuras en los atascos y a su relación con la movilidad de los granos. En este trabajo se estudia un agregado de partículas obtenido a partir de simulaciones de elementos discretos para una tolva de laboratorio. Se analizan las estructuras espaciales que resultan bajo la condición de atasco. Este problema se aborda considerando los materiales granulares como redes espaciales: los nodos representan partículas y los enlaces representan fuerzas de contacto. Se utiliza una generalización de los métodos de detección de comunidades. Las características espaciales encontradas proporcionan información sobre la estructura y la escala espacial de las cadenas de fuerza.

Palabras clave: cadenas de fuerza, modularidad, teoría de redes, simulaciones DEM

Abstract

Granular media transmit forces through particle-to-particle contacts, a phenomenon which is known as "force chains". These chains have been observed in two-dimensional hopper jamming experiments, although the explanation for the occurrence of these complex structures and their quantitative description has been deeply elusive. An open question concerns the role of such structures in hopper jamming and their relation to grain mobility. In this work an aggregate of particles obtained from discrete element simulations for a laboratory hopper is studied. The resulting spatial structures under the jam condition is analyzed. This problem is addressed by considering granular materials as spatial networks in three dimensions, in which nodes represent particles and

links represent contact forces. A generalization of community detection methods is used to extract the structure of the system. The spatial features found provide information on the structure and spatial scale of the force chains.

Keywords: force chains, modularity, network theory, DEM simulations

Introducción

Los sistemas granulares están formados por un agregado de partículas que interactúan entre sí solo por fuerzas de contacto. Uno de los problemas más desafiantes consiste en entender los atascos que ocurren luego de que unas pocas partículas fluyan a través del orificio de una tolva cuando su tamaño es menor que un tamaño crítico. Estudios experimentales y simulaciones computacionales muestran que los atascos se producen por la formación de arcos sobre la abertura. Sin embargo, a pesar de la intensa investigación teórica y experimental, no existe un entendimiento básico de las propiedades estáticas y dinámicas que rigen la formación de los atascos (Arévalo & Zuriguel, 2016).

Otro rasgo distintivo de estos sistemas que permanece pobremente entendido es la distribución heterogénea de las fuerzas de contacto que forman las denominadas cadenas de fuerza (Krishnaraj & Nott, 2020). El término "cadenas de fuerza" surge en los sistemas de dos (2D) y tres dimensiones (3D) por la aparición de cadenas de partículas que transmiten la fuerza de una partícula a otra a lo largo de la cadena. Aunque resulta una idea intuitivamente simple de entender, no existe una definición cuantitativa del concepto. Tampoco existen técnicas estandarizadas que permitan identificar cadenas de fuerza y sus propiedades específicas. Recientemente se ha propuesto una técnica que usa herramientas de la teoría de redes complejas con el propósito de identificar aquellos agregados de partículas de un sistema granular que forman una red de cadenas de fuerza (Bassett et al., 2015). El método está basado en la maximización de la modularidad para la detección de comunidades (Newman, 2004). Sin embargo, a diferencia de la modularidad usada en la teoría de redes, el método incorpora el modelo geográfico nulo para identificar aquellas comunidades de partículas que están más densamente conectadas por fuerzas de contacto fuertes que las esperadas por su proximidad geográfica.

En este trabajo se usa la modularidad para extraer la estructura de cadenas de fuerza a partir de las redes de fuerzas que se forman en una tolva en un estado atascado. Además se aplica un factor de ramificación que permite optimizar la resolución en la cual las estructuras detectadas son máximamente ramificadas. Se encuentra que las estructuras de las cadenas de fuerza en dos y tres dimensiones presentan arquitecturas diferentes. Además, los arcos que producen los atascos poseen una ramificación que se extiende más allá de su estructura local en las proximidades de la abertura.

Métodos

1.-Tomografía

Se realizó la tomografía de una tolva de laboratorio con fondo plano (también denominado silo) de dimensiones 0.17 m de diámetro y 0.35 m de altura (ver Figura 1-A). El material del silo es cartón rígido de 5 mm de espesor y con una densidad aproximada de 700 kg/m^3 . La base plana del silo está compuesta de discos de cartón con abertura de salida en el centro de 20 mm de diámetro. La tolva contenía granos de soja con un diámetro equivalente a esferas del mismo volumen igual a $d_p = (6.6 \pm 0.3) \text{ mm}$, y densidad $\rho = (1220 \pm 2) \text{ kg/m}^3$. Se utilizó un tomógrafo industrial de rayos X de la marca General Electric modelo Phoenix V Tome SX de fuente micro con foco variable. Las muestras se portaron en un soporte compuesto por una base tipo plato de material impreso y paredes de material lignocelulósico, el volumen efectivo de la tomografía fue aproximadamente 2600 cm^3 . En el seteo del equipo se utilizó un voltaje de 90 kV, una corriente de 120 μA (microampere), se tomaron 1500 imágenes, una magnificación de 1,4 y un voxel de 142 μm (micrómetros).

2.-Simulaciones DEM

Se utilizaron modelos basados en el Método de Elementos Discretos (DEM, *Discrete Element Method*) para simular el proceso de llenado y descarga de granos de soja en un silo de las mismas características que la tolva de laboratorio. Los granos de soja se modelaron como partículas esféricas de diámetro igual a 6.6 mm y densidad $\rho = 1220 \text{ kg/m}^3$. El proceso de calibración del modelo requiere la realización de comparaciones entre las variables que predice dicho modelo y el valor de las mismas medido en un experimento. Para esto se llenó la tolva con soja hasta una altura de 0.30 m y se contó el número de granos descargados a través de tres orificios de salida de 16, 18 y 20 mm de diámetro. Se realizaron simulaciones con el modelo ajustando los parámetros de fricción partícula-partícula y partícula-pared hasta obtener un número de partículas descargadas similar al observado en el experimento. Para la detección y caracterización de las cadenas de fuerza se realizaron simulaciones DEM del proceso de llenado y posterior descarga de la tolva para un diámetro de orificio igual a 20 mm obteniéndose además los valores de fuerzas normales y tangenciales entre partículas. Se simularon 10 procesos distintos de llenado de 2×10^4 partículas para obtener diferentes posiciones de las partículas en el dominio de simulación. Todas las simulaciones se realizaron usando Liggghts.

3.-Extracción de las cadenas de fuerza

La teoría de redes proporciona un conjunto de herramientas para representar sistemas complejos y es especialmente adecuada para sistemas de partículas. Los nodos de la red representan las partículas que están conectados entre sí por fuerzas de contacto que se representan como los enlaces de la red. Una red abstracta con n nodos se representa por la matriz de adyacencia A con elementos $A_{ij} = 1$ si i y j están conectados, de otro modo $A_{ij} = 0$. Para representar una red de fuerzas se debe definir una nueva matriz de adyacencia B , donde los elementos de esta matriz deben estar ponderados por las magnitudes de las fuerzas normales entre las partículas, es decir, $B_{ij} = f_{ij}/\text{mean}(f)$.

La representación del sistema de partículas como una red permite extraer las cadenas de fuerza con los métodos usados comúnmente para la detección de comunidades, es decir, grupos de nodos que están densamente conectados entre ellos, pero débilmente conectados entre grupos. A diferencia de esta noción topológica de comunidad, aquí interesa la detección de comunidades como cadenas de fuerza, es decir, grupos de partículas que están interconectados por fuerzas de contacto más intensas que las esperadas por su proximidad geográfica. Para obtener las cadenas de fuerza a partir de la red de fuerzas, se deben identificar aquellas comunidades en la red que maximicen la modularidad:

$$Q = \sum_{ij} [B_{ij} - \gamma P_{ij}] \delta(c_i, c_j), \quad (1)$$

donde c_i es la comunidad donde el nodo i es asignado, la delta de Kronecker $\delta(c_i, c_j) = 1$ si el nodo i y el nodo j son asignados a la misma comunidad $c_i = c_j$. P_{ij} es la ponderación del enlace que conecta el nodo i con el nodo j bajo un determinado modelo nulo. En este trabajo se usa el modelo geográfico nulo dado por $P_{ij} = \rho A_{ij}$ donde ρ el valor medio de las fuerzas entre las partículas. γ es un parámetro de resolución que permite explorar la arquitectura de las fuerzas entre partículas en la red. Por ejemplo, una red con una distribución de fuerzas no uniforme debería proporcionar una única comunidad para un valor de γ cercano a cero, mientras que una colección de comunidades para valores elevados de γ . Para valores intermedios de γ , la maximización de Q provee comunidades compuestas de un número de partículas entre uno y el número total de partículas y están caracterizadas por unas fuerzas entre partículas que son mayores que la fuerza media. Estas comunidades representan las cadenas de fuerza de un sistema de partículas. Debido a que la maximización de Q es un problema del tipo NP-completo, el tiempo de cómputo depende críticamente del número de partículas. En este trabajo se usa un algoritmo del tipo Louvain para la maximización de la modularidad dada en la Ec. (1) para diferentes valores del parámetro de resolución γ , desde $\gamma = 0$ a $\gamma = 3$ con incrementos de 0.2.

4. Caracterización de las cadenas de fuerza

Para cuantificar la arquitectura de las redes de fuerza de cada comunidad se utilizó el factor de ramificación del sistema de partículas, dado por:

$$R = 1 - \frac{1}{n} \sum \frac{r_c s_c}{s_{max}} \quad (2)$$

donde r_c es el valor de la correlación de Pearson entre la matriz de distancias euclídeas y la matriz de distancias de saltos (también denominada distancia topológica) calculada para todos los posibles pares de nodos de una comunidad c , s_c es el número de partículas en cada comunidad c , s_{max} es tamaño de la comunidad de mayor tamaño, y n es el número total de comunidades. El factor de correlación de Pearson r_c caracteriza aquí la presencia de ramificaciones en la geometría de la red de fuerzas de cada comunidad. Así, una correlación perfecta ocurre cuando la distancia euclídea es igual a la distancia topológica. Esto ocurre en cadenas lineales o en cadenas cerradas con forma de anillo. Por otro lado, estructuras de cadenas más complejas que incluyen espacios, ramificaciones y bucles tienen una distancia topológica mayor que la distancia euclídea.

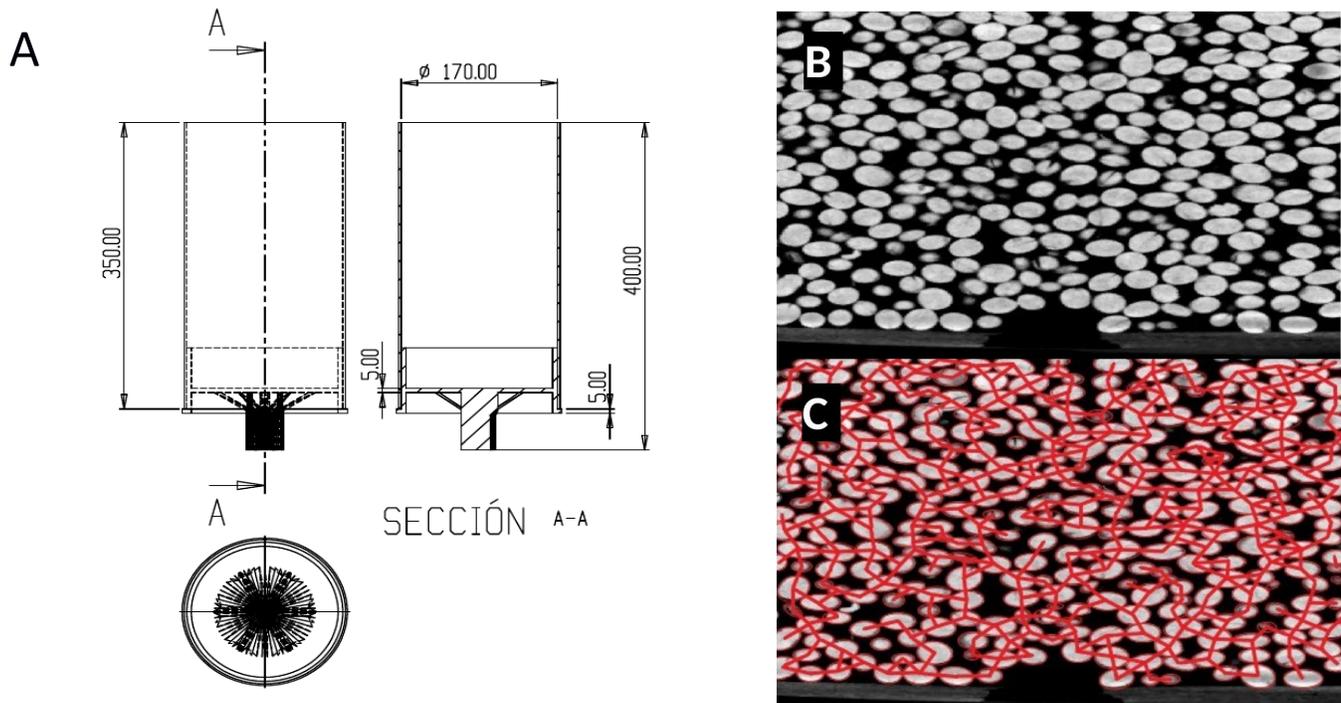


Figura 1. (A) Esquema de la tolva de laboratorio. (B) Corte vertical de una vista tomográfica de una tolva de laboratorio conteniendo granos de soja. (C) Los segmentos en color rojo representan la red de fuerzas.

Resultados

La Figura 1-B es una vista tomográfica de la tolva de laboratorio en estado atascado. Se muestra un corte vertical que pasa por el centro de la tolva donde se observa el atasco producido en la proximidad del orificio. Los segmentos en color rojo que se muestran en la Figura 1-C ilustran la arquitectura de la red de fuerzas producidas por las fuerzas de contacto. Cada segmento representa el enlace entre dos partículas solo si ellas están en contacto físico entre sí.

Con el propósito de caracterizar la estructura de las cadenas de fuerza observadas en la Figura 1 se sigue el procedimiento descrito en Métodos. En la Figura 2-A se muestra el cálculo del factor de ramificación del sistema (R) en función el parámetro de resolución usando las fuerzas extraídas de las simulaciones DEM de una tolva en estado atascado para un diámetro de orificio de 20 mm. Se selecciona una región 3D de tamaño 100 mm de altura y 50 mm de radio que contiene aproximadamente 800 partículas. Se observa que el factor de ramificación presenta una meseta para un rango de valores de γ entre 0.8 y 2.0 (ver curva en color azul. Las barras de error indican el error estándar del promedio sobre 10 simulaciones). Esto significa que las comunidades tienen forma de cadenas ramificadas para un amplio rango de valores sin la presencia de un máximo local. Para comprender la estructura espacial de las cadenas detectadas se restringió el dominio de análisis. Se seleccionaron dos agregados de partículas que aproximan una región 2D: un conjunto compuesto de 1.0 diámetro de partícula (d_p) de espesor (curva roja) y

la otra de 2.5 diámetros de partícula (curva verde). Se observan máximos para diferentes valores del parámetro de resolución, $\gamma = 0.6$ y $\gamma = 1$ para respectivamente, 1.0 dp y 2.5 dp.

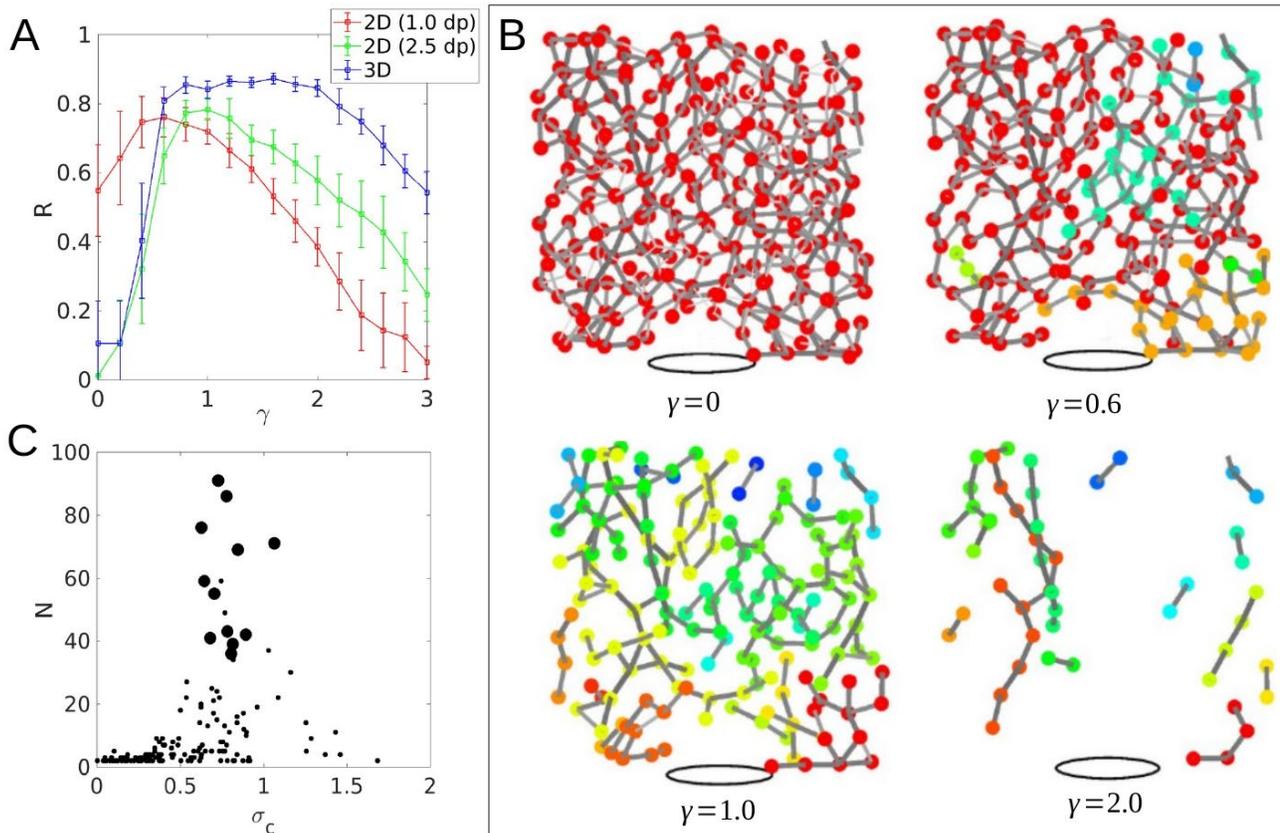


Figura 2. (A) Factor de ramificación en función del parámetro de resolución para diferentes agregados de partículas. (B) Estructuras de comunidades detectadas para distintos valores del parámetro de resolución. (C) Número de partículas en función de la fuerza media de cada comunidad.

En la Figura 2-B se muestra un ejemplo de las comunidades obtenidas para diferentes valores del parámetro de resolución para la región 2D de 2.5 dp (no se muestran las comunidades compuestas de una única partícula). Cada comunidad está indicada con un color diferente. Se debe observar que para pequeños valores de γ las comunidades son dominadas por estructuras compactas (valores pequeños de R), mientras que para grandes valores de γ se obtienen comunidades dominadas por estructuras lineales. Se puede identificar el valor óptimo $\gamma = 1$ que maximiza el factor de ramificación sistémico. También se observa que los atascos están constituidos por arcos que se forman sobre la abertura. Sin embargo, el tamaño de las comunidades parece indicar que el arco está soportado por cadenas ramificadas que se extienden por toda la red (ver cadena en color amarillo para $\gamma = 1$ y cadena en color anaranjado para $\gamma = 0.6$). Para cuantificar este resultado, en la Figura 2-C se grafica el número de partículas (N) que compone cada comunidad en función del valor medio de fuerza total normalizada para cada cadena (σ_c). Los datos corresponden a los agregados de 2.5 dp para las 10 simulaciones correspondientes a $\gamma = 1$. Los puntos de mayor tamaño indican las cadenas cuyos arcos que están ubicados directamente sobre el orificio. Se observa que estas comunidades están compuestas por cadenas ramificadas que contienen el mayor número de partículas. Además, están caracterizadas por una fuerza media σ_c comprendida entre 0.6 y 1.1.

Conclusiones

En este trabajo se aplicaron herramientas de la teoría de redes complejas para extraer la estructura de las cadenas de fuerza a partir de las fuerzas de contacto obtenidas de simulaciones DEM de una tolva conteniendo 2×10^4 partículas esféricas. Aunque estas investigaciones han sido preliminares, se encontró que la arquitectura de las cadenas de fuerza del sistema 3D son

estructuralmente más complejas e irreducibles que aquellas obtenidas en una región 2D. También se encontró que los arcos que se forman sobre la abertura tienen una ramificación que se extiende más allá de su estructura local en la proximidad del orificio. Si bien no está claro el grado de participación de las distintas partículas que componen la cadena para la formación y sustentación del arco, los resultados sugieren que incluso un arco formado por una cadena de partículas interactuando con fuerzas fuertes no sería estable sin la participación de sus partículas vecinas.

Referencias

- Arévalo, R., & Zuriguel, I. (2016). Clogging of granular materials in silos: Effect of gravity and outlet size. *Soft Matter*, 12(1), 123-130.
- Bassett, D. S., Owens, E. T., Porter, M. A., Manning, M. L., & Daniels, K. E. (2015). Extraction of force-chain network architecture in granular materials using community detection. *Soft Matter*, 11(14), 2731-2744.
- Krishnaraj, K. P., & Nott, P. R. (2020). Coherent Force Chains in Disordered Granular Materials Emerge from a Percolation of Quasilinear Clusters. *Physical Review Letters*, 124(19), 198002.
- Newman, M. E. J. (2004). Fast algorithm for detecting community structure in networks. *Physical Review E*, 69(6), 066133.

Efectos del trabajo virtual en el personal no docente de la UTN-San Francisco

Effects of virtual work on non-teaching staff at the San Francisco National Technological University

Germán Yennerich

Universidad Tecnológica Nacional, Argentina / Universidad Nacional de Villa María, Argentina
gyennerich@frc.utn.edu.ar

Alberto Toloza

Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
atoloza@frsfco.utn.edu.ar

César Mina

Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
cesarmina65@gmail.com

Myriam Bengtson

Universidad Tecnológica Nacional, Argentina
myriambengtson@hotmail.com

Resumen

En octubre de 2020, surgió la necesidad de realizar un análisis exploratorio, sobre cómo la cuarentena afectaba a los trabajadores no docentes de la Facultad Regional San Francisco. Se decidió hacer un estudio a través de una encuesta, en el marco del Proyecto de Investigación 7889 de la Universidad Tecnológica Nacional: “Clima Organizacional y Ergonomía en la Industria y la Escuela”. Resultados de la misma fueron, en la parte laboral, la mayoría ansía retornar al puesto presencial y una minoría preferiría seguir con el trabajo virtual. En la parte afectiva, la mayoría tiene sentimientos depresivos, atribuibles al aislamiento, pero con un porcentaje por debajo de la población argentina. En la parte física, aumentaron los dolores, sobre todo en cabeza, cuello y columna, la mayoría piensa que por malas posturas. Para mejorar la situación, solicitan mayor capacitación y mejorar los canales de comunicación institucionales.

Palabras clave: Trabajadores – Virtualidad – Universidad Fuente: Open Sans/Arial, 10pt. Se deberá incluir de tres a cinco palabras clave

Abstract

In October 2020, the need arose for an exploratory analysis on how the quarantine affected non-teaching workers at the San Francisco Regional Faculty. It was decided to carry out a study through a survey, within the framework

of the Research Project 7889 of the National Technological University: “Organizational Climate and Ergonomics in Industry and at School”. Results of the same were, in the labor part, the majority yearn to return to the face-to-face position and a minority would prefer to continue with virtual work. In the affective part, the majority have depressive feelings, attributable to isolation, but with a lower percentage than the Argentine population. In the physical part, the pain increased, especially in the head, neck and spine, most think that it was due to bad posture. To improve the situation, they request more training and improve institutional communication channels.

Keywords: Workers – Virtuality – University

Introducción

Por el Decreto N° 297/20, el Gobierno Nacional dispuso el aislamiento social, preventivo y obligatorio, desde el 20 de marzo del 2020 y que se extendió prácticamente, con algunas variantes, durante todo el 2020 y gran parte del 2021. Desde el punto de vista laboral esto significó un imprevisto y urgente cambio de situación, los trabajadores debían permanecer en sus domicilios, y en aquellos puestos donde la actividad se podía realizar a distancia, debieron implementar el teletrabajo con sus equipos desde sus hogares. En el caso de los trabajadores de la Facultad Regional San Francisco de la Universidad Tecnológica Nacional, los docentes recibieron múltiples propuestas de capacitación en la enseñanza virtual, además de contar ya desde antes con un Campus Virtual, para conectarse con el alumnado de manera virtual. En cambio, los trabajadores no docentes manifiestan no haber recibido suficiente capacitación, ni contaban con una práctica previa en el trabajo virtual. Es por ello que el sector no docente comenzó a manifestar desmotivación con la nueva situación, lo que llevó a realizar el presente estudio. Se trata de establecer las causas de dicho malestar, qué consecuencias tiene en el aspecto laboral, afectivo y físico, y qué cambios podría realizar la institución para mejorar la situación. Sobre la Universidad argentina, existen estudios sobre el efecto de la cuarentena en estudiantes (Godoy et al., 2020), y en docentes y estudiantes (Yennerich et al., 2021: 259-266), pero no sobre los no docentes, por lo que este informe aporta la novedad de estudiar un segmento de la población universitaria que en general no es objeto de estudio.

Desarrollo

Al realizarse el presente estudio en el marco de la citada cuarentena, la encuesta se realizó de manera virtual. Se dividieron las preguntas en cuatro partes: datos personales, situación laboral, afectiva, física y propuestas de mejoras:

ENCUESTA SOBRE EFECTOS DE LA CUARENTENA EN NO DOCENTES

Marque la opción o las opciones correctas cuando pueden ser más de una.

Edad:

18 a 28: 28 a 38: 38 a 48: 48 a 58: 58 a 68: 68 a 78:

Sexo:

Masculino:

Femenino:

Qué es lo que más extraña del tiempo anterior a la cuarentena (puede más de una):

Trabajar presencialmente: Visitar familiares: Visitar amigos: La actividad física: La
actividad recreativa: La actividad escolar: No extraño nada: Otra:

Qué le gusta de la cuarentena (puede más de una):

Trabajar a distancia: Tener la familia en casa:
Fijar los horarios: Tener más tiempo libre:
No me gusta nada: Otra:

¿Recibió capacitación para trabajar a distancia?

Sí: No:

¿Dispone de un lugar tranquilo y cómodo para trabajar y concentrarse?

Sí: No:

¿Dispone de tecnología con aplicaciones y conexión satisfactorias para trabajar?

Sí: No:

¿Considera que tiene los conocimientos suficientes para trabajar a distancia?

Sí: Medianamente: No:

Durante la cuarentena:

¿Mantiene los mismos horarios de las comidas?:

Sí: No:

¿Aumentó de peso?

Sí: No: No lo sabe:

Realiza actividad física:

Más que antes: Menos que antes: Igual: Nunca hice:

Tiene problemas para conciliar o mantener el sueño durante 7/8 horas:

Sí: No: Siempre los tuve:

¿Ha tenido o tiene algún/os problema/s nuevos de salud?

Sí: No:

¿Ha tenido o tiene dolores en alguna parte del cuerpo?

Sí: No:

Si los ha tenido, podría indicar el lugar o los lugares:

Cabeza: Cuello: Tronco: Brazos: Piernas: Otro/s:

¿Podría relacionar esos dolores con malas posturas?

Sí: En parte: No:

¿Se emociona más frecuentemente?

Sí: No:

¿Se puede conectar frecuentemente con sus afectos más importantes?

Sí: No:

Considera que hay demasiadas discusiones en su familia:

Sí: No:

¿Le cuesta más trabajo iniciar actividades? ¿Se siente desmotivado?

Sí: No:

¿Fuma?

Sí: No:

Si fuma. ¿Aumentó su consumo de tabaco?

Sí: No:

¿Bebe frecuentemente alcohol?

Sí: No:

Si bebe. ¿Aumentó su consumo de alcohol?

Sí: No:

Según su opinión, cómo podría ayudar la Institución a mejorar su trabajo y su vida en la cuarentena (puede ser más de uno):

Implementar capacitaciones:

Organizar espacios de reflexión:

Mejorar los canales de comunicación:

Otro/s, describa cuál/es:

Esta encuesta fue enviada a través de la Plataforma Google Forms, a los 44 trabajadores no docentes de la Facultad Regional San Francisco de la UTN. Fue respondida por 36 lo que constituye una muestra representativa del total de trabajadores no docentes de la Facultad.

Conclusiones

La mayoría de los encuestados tiene entre 38/48 años, y un 70 % pertenece al sexo femenino.

Situación laboral

Respecto a las nuevas condiciones de trabajo impuestas por la cuarentena en este año 2020, la mayoría (60%) extraña el trabajo presencial y, fuera de lo laboral, visitar familiares y amigos. En cuanto a la positivo de la nueva situación, la mitad de los encuestados remarca el tener a la familia en la casa, y respecto a lo laboral, un 30 % prefiere el trabajo en casa. Esto es importante porque a la hora de retomar el trabajo presencial, puede haber tareas que se puedan realizar en el domicilio y se cuenta entonces con personal predispuesto a trabajar en la casa.

Dificulta el trabajo en la casa, el hecho de que la mayoría (80%) manifiesta no haber recibido capacitación al respecto, dato que se relaciona con el hecho de que también la mayoría considera que no tiene suficientes conocimientos para trabajar a distancia.

Situación afectiva

El principal problema de la nueva situación desde el punto de vista emocional, es la depresión por la falta de contacto personal con familiares, amigos o compañeros de trabajo. Si bien es importante remarcar que se mantienen las relaciones vía electrónica. Gran parte de los encuestados manifiestan sensaciones de depresión, sentimiento lógico por el aislamiento. Durante la pandemia, en la Argentina el malestar psicológico afecta al 75 % de la población (Etchevers et al, 2020: 24), mientras que, de los encuestados, el 56 % dice estar más deprimido. Como ya se dijo el aislamiento favorece la depresión, en el caso de personas con predisposición a deprimirse, el efecto es más grave y sería bueno buscar ayuda profesional para estos casos. En los casos menos graves, planificar actividades, hablar con amigos o familiares, realizar juegos con la familia, limitar los noticieros, y no contar los días como los presos, realizar actividad física, ayuda a combatir la depresión. También un 30% se siente desmotivado para trabajar, a nivel nacional la desmotivación laboral en cuarentena, se encuentra en un 60 % de los empleados (Grant Thornton, 2020) Esto también se relaciona con la falta de capacitación en el manejo de la nueva situación laboral

Situación física

La mayoría manifiesta haber aumentado de peso, sin embargo, un 70 % dice hacer igual o más ejercicio físico con el trabajo no presencial. Puede ser que esto se explique por el aumento de la ingesta de alimentos. El 70 % de la población argentina padece problemas para dormir (Royal Philips, 2021), entre los encuestados sólo el 36 %. Sí hay quejas por dolores físicos, un 80 % los padece. La mayoría en cabeza, cuello y columna

El 70 % lo atribuye a malas posturas. La cuarentena aumentó el sedentarismo, de ahí los dolores por malas posturas, debería haber un diseño ergonómico del puesto y recreos (5 minutos cada hora) donde el trabajador se pare y camine. No se nota excesivo consumo de tabaco y alcohol, que están por debajo de los valores de la población general, que para el tabaco es del 22% (INDEC, 2018), y para el alcohol, el consumo aumentó con la cuarentena, en un 45 % ,(Camarotti et al., 2020), en la población general.

Propuestas de mejoras

Los encuestados reclaman mayor capacitación, para enfrentar la nueva situación. También que se implementen canales de comunicación nuevos, de forma tal que se puedan expresar rápidamente los problemas y sugerencias que surjan de las presentes condiciones tan cambiantes. Con capacitación aumentará ese 30 % que disfruta de trabajar a distancia.

Referencias

Camarotti, A., & Jones, D., (2020). El consumo de alcohol en tiempos de cuarentena. Buenos Aires, Argentina: Área de Salud y Población. Instituto Gino Germani. Recuperado de: <https://www.conicet.gov.ar> > el-cons...

- Etchevers, M., Garay, C., Putrino, N., Grasso, J., Natalí, V., & Helmich, N., (2020). Salud Mental en Cuarentena. Relevamiento del impacto psicológico a los 7-11, 50-55, y 115-124 días de cuarentena en población argentina. Buenos Aires, Argentina: Observatorio de Psicología Social Aplicada, Facultad de Psicología, Universidad de Buenos Aires. Recuperado de: <http://www.psi.uba.ar/opsa/#informes>
- Godoy, J., & López Steinmetz, L., (2020). El impacto de la cuarentena en la salud mental de los estudiantes. Córdoba, Argentina: Instituto de Investigaciones Psicológicas, Facultad de Psicología, Universidad Nacional de Córdoba. Recuperado de: www.unciencia.unc.edu.ar
- Grant Thornton, (2020). International Business Report. Recuperado de: <https://www.forbesargentina.com>
- INDEC, (2018). IV Encuesta Nacional de Factores de Riesgo. Recuperado de: <https://indec.gob.ar> > ftp
- Royal Philips, (2021). En busca de soluciones: Cómo el COVID 19 modificó el sueño en todo el mundo. Recuperado de: <https://www.philips.com.ar> > press
- Yennerich, G., Toloza, A., Cerutti, G., Pogliano, N., & Castellano, I. (2021). Consecuencias ergonómicas en la evolución de la interfaz persona-máquina. Congreso de Investigaciones y Desarrollos en Tecnología y Ciencia, IDETEC 2021. Recuperado de: <http://idetec.frvm.utn.edu.ar/#/libroActas/>

Especies: Contar o Medir

Species: Count o Measure

Edgardo R. Benvenuto Pérez

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco - Argentina
remoben@hotmail.com

Micaela A. Sanmartino

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco - Argentina
msanmartino@facultad.sanfrancisco.utn.edu.ar

Resumen

El trabajo es el resultado de detectar que, en general, la diferencia entre los conceptos fundamentales para las Ciencias Naturales de contar o medir no están desarrollados. Se define el término especie: cualquier sistema que se detecta, identifica, tiene un nombre y se puede contar. Son fundamentales los conceptos de contar o medir propiedades de una especie, por ejemplo, contar la cantidad o número de personas en una habitación, medir la masa de una persona. Otro concepto fundamental es el de sistema: parte del Universo que se elige para estudiar, el resto es el medio ambiente. Según el sistema, las especies que contiene se pueden contar directamente y/o indirectamente. Medir exige aplicar un proceso de medición. Los objetivos son aclarar teórica y experimentalmente la diferencia entre los conceptos y las operaciones de contar o medir. Se indican varios ejemplos en las Ciencias Naturales donde se aplican los conceptos de contar o medir.

Palabras clave: Especies, contar, medir.

Abstract

The work is the result of detecting that, in general, the difference between the fundamental concepts for the Natural Sciences of counting or measuring are not developed. The term species is defined: any system that is detected, identified, has a name and can be counted. The concepts of counting or measuring properties of a species are fundamental, for example, counting the number or number of people in a room, measuring the mass of a person. Another fundamental concept is that of a system: part of the Universe that is chosen to study, the rest is the environment. Depending on the system, the species it contains can be counted directly and / or indirectly. Measuring requires applying a measurement process. The objectives are to clarify theoretically and experimentally the difference between the concepts and operations of counting or measuring. Several examples are indicated in the Natural Sciences where the concepts of counting or measuring are applied.

Keywords: Species, count, measure.

Introducción

El trabajo desarrolla a continuación conceptos elementales sobre contar o medir. Luego describe actividades experimentales aplicando los conceptos teóricos.

Es importante explicitar el significado del término especie, es un sistema que tiene un nombre que lo identifica unívocamente, por ejemplo, persona, hoja (planta o papel), átomo, molécula. También definir propiedades, por ejemplo, masa, volumen, velocidad, posición [3], [1].

Las operaciones de contar o medir son imprescindibles y fundamentales en el método científico, que exige experiencias objetivas (contar o medir) en un sistema.

La operación o proceso de contar experimentalmente especies en un sistema se puede realizar directamente, o indirectamente con un proceso de medición.

La operación de medir cualquier propiedad de un sistema exige aplicar un proceso de medición, que incluye, por ejemplo, instrumento, operación, elección de unidad de medida. El valor numérico que se obtiene depende de la unidad y tiene incertidumbre o desconfianza: cifras significativas si es una única medición o expresión estadística si se obtienen 3 o más valores. Para cada propiedad medida hay tantos valores numéricos como unidades, pero todas tienen igual significado. Con un proceso de medición de una propiedad de un sistema se obtiene siempre un valor numérico (magnitud) con incertidumbre o desconfianza conocida. El valor numérico depende de la unidad [u] elegida:

$$X \text{ (magnitud)} = \text{Nro. [u]}.$$

Si se realiza una única medición se obtiene un valor de alta desconfianza que se expresa con cifras significativas (la incertidumbre es + / - una unidad en la última cifra). Para disminuir la incertidumbre o desconfianza de deben realizar varias mediciones y aplicar Estadística Básica. Se obtiene el valor más probable y su incertidumbre o desconfianza (desviación estandar) [1].

Desarrollo

Se describen conceptos y actividades experimentales de contar o medir.

La operación de contar directamente es posible cuando la especie es un cuerpo observable y/o que se puede manipular, por ejemplo, personas, hojas de papel, huevos.

El resultado de contar directamente especies de un sistema es un número entero fijo sin incertidumbre, por ejemplo, 12 de huevos (sistema) en un recipiente, 1 cuaderno de 30 hojas (sistema). Ambos resultados son números enteros sin incertidumbre o desconfianza (“exactos”) y se pueden expresar de una única forma: 12 huevos, 30 hojas de papel.

La operación de contar indirectamente se presenta cuando las especies de un sistema se pueden identificar pero, por ejemplo, su forma, constitución, cantidad muy elevada, causan que prácticamente no sea posible contarlas directamente, por ejemplo, los porotos de soja en 250 gramos, un frasco lleno de clavos. Se puede proponer que no se pueden contar directamente los 12 huevos iguales, pero se pueden contar indirectamente mediante el proceso de medición de medir masas o pesos. Se señala que al usar balanzas digitales, se mide el peso pero el valor indicado es la masa en la unidad seleccionada, por ejemplo, gramos. Se pesa 1 huevo (**m₁ g / huevo**), luego los 12 huevos (sistema: **m₁₂ g**). El valor numérico depende de la balanza, de la unidad elegida y del límite de apreciación o detección de la balanza, por ejemplo, 0,00 g o 0,000 g.

Cuando se realiza una sola medición, el valor tiene una incertidumbre o desconfianza de +/- 1 en la última cifra leída (cifras significativas). La cantidad de huevos se obtiene (1)

$$\frac{m_{12} \text{ g}}{m_1 \text{ g/huevo}} = R \text{ huevos} \tag{1}$$

El resultado R tiene siempre incertidumbre o desconfianza (división entre 2 valores con incertidumbre o desconfianza), además es muy probable que el resultado R no sea un número entero lo que no tiene sentido físico, por lo tanto se redondea al valor entero más cercano que tiene incertidumbre o desconfianza. En este caso, se puede calcular el error absoluto, relativo y porcentual de R porque al contar directamente se conoce el valor exacto y entero (12) de huevos en el sistema.

Se pueden realizar experiencias simples con sistemas con distintos tipos de especies que se identifican y tienen un nombre, por ejemplo: esferas de distintos tamaño y material (metal, vidrio), fósforos, granos de arroz, porotos de soja, monedas, caramelos, clavos.

Los sistemas se clasifican:

A: en general, las especies en el sistema se pueden contar directamente, por ejemplo, huevos, caramelos, esferas de distinto tamaño y material (metal, vidrio), con un número no mayor de 40 especies. Un sistema didáctico útil es 1 cuaderno con hojas de papel no mayor de 25 hojas.

B: un sistema formado por especies difíciles de contar directamente, por ejemplo, arroz, porotos de soja, en general, con una elevada cantidad de especies, por ejemplo, 500 gramos de clavos o de caramelos, aunque se podrían contar directamente si fueran pocas especies.

Un sistema B es, por ejemplo la cantidad o número de porotos de soja en 250 g. En este caso se puede obtener el número de porotos de soja (sistema) midiendo la masa (m_{sistema} g), la masa de un poroto (o mejor el promedio de la masa de 10 o 20 porotos: m_1 g/poroto). La cantidad de porotos se obtiene (2):

$$N^{\circ} \text{ de porotes} = \frac{m_{\text{sistema}}}{m_1} \quad (2)$$

El proceso de medición tiene incertidumbre y desconfianza, es muy probable que el resultado matemático sea un número no entero que no tiene sentido físico, luego se debe redondear para obtener un número entero.

Se pueden realizar experiencias de contar y medir suponiendo que las municiones son, por ejemplo, átomos, moléculas, iones, protones, neutrones.

Para las experiencias, aparte de los sistemas, se necesitan únicamente por lo menos 2 balanzas digitales con distintas capacidades y límites de apreciación o detección.

Todos los sistemas formados por especies identificadas tienen un número entero de especies que puede ser exacto (contar directamente) o con incertidumbre o desconfianza (contar indirectamente).

Los conceptos de exacto, valor más probable, preciso, límite de apreciación o detección, error absoluto, relativo, porcentual, desviación estándar, son fundamentales e imprescindibles para comprender y analizar cualquier dato o información numérica.

Los conceptos de contar o medir son fundamentales para algunas especies elementales en las Ciencias Naturales, por ejemplo, moléculas, átomos, iones, protones, neutrones, fotones, electrones, masa de un átomo: Masa Atómica Física MAF, Masa Atómica Química MAQ, masa de una molécula [2], [4].

Los conceptos contar o medir se aplican, por ejemplo:

- confusión entre masa atómica química MAQ o masa atómica física MAF (medir con incertidumbre o desconfianza) y número de "masa" A (contar indirectamente A nucleones = Z protones + N neutrones, N, Z y A números enteros).

- ley gravimétrica de las proporciones múltiples de Dalton, justificación experimental de la teoría atómica clásica: medir masas y contar átomos indirectamente.

- rayos X característicos de un átomo: ley de Moseley: $\nu^{1/2}$ (medir frecuencia) = $A(Z - 1)$ (contar protones indirectamente).

- ley de Faraday de la electrólisis: m (medir masas) = $k \cdot q$ (contar electrones indirectamente).

- número de Avogadro: N_A especies (contar indirectamente) = 1 mol de especies (medir masas) = cantidad o número de átomos en **0,012 kg de $^{12}_6\text{C}$** .

Actualmente N_A es la unidad fundamental de cantidad de sustancia o especies del SI, se define:

$$N_A \text{ especies} = 1 \text{ mol de especies} = 6,02214076 \cdot 10^{23} \text{ especies.}$$

Se define especie: es cualquier sistema que se identifica y tiene un nombre (el Sistema Internacional SI no dice especies sino unidades elementales).

Todas las especies están formadas por sustancias. En Química es fundamental el concepto de sustancia: tipo o clase de materia según propiedades intensivas físicas y/o químicas microscópicas y/o macroscópicas.

Conclusiones

Los conceptos de especies, contar o medir son fundamentales para las Ciencias Naturales.

Nunca se deben omitir al abordar cualquier Ciencia Natural, especialmente Física, Química, las definiciones y conceptos de especie y magnitud, contar o medir, significado de un resultado numérico de medir (magnitud), incertidumbre o desconfianza, cifras significativas, límite de apreciación o detección, exacto, nociones de estadística, valor más probable, preciso, error absoluto, relativo, porcentual, desviación estándar, todos son fundamentales para comprender y analizar cualquier dato o información numérica.

La omisión es causa de conceptos básicos incorrectos, por ejemplo, confundir la masa atómica química que se encuentra en las Tablas Periódicas (medir) con el número de masa de un núcleo (contar nucleones), los dos datos se refieren a conceptos totalmente distintos. Se menciona que llamar número de masa A al número o cantidad entera de nucleones es, por lo menos, incoherente e ilógico.

Los desarrollos teóricos y actividades experimentales del trabajo deben aclarar los conceptos y las diferencias entre contar o medir.

Referencias

[1] Alonso – Finn, Física, (1971), Fondo Ed. Interamericano, México.

[2] Chang R., Química, (2002), McGraw – Hill, México, 2002

[3] Nekrasov B., (1975), Química General, Ed. MIR, Moscú

[4] Pauling L., (1971), Química General, Ed. Aguilar, Madrid.

Evaluación de la vulnerabilidad del acuífero Pampeano frente a diferentes escenarios climáticos en la ciudad de Rafaela, Santa Fe (Argentina)

Evaluation of the vulnerability of the Pampeano aquifer to different climatic scenarios in the city of Rafaela, Santa Fe (Argentina)

Milagros Márquez

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Rafaela (Argentina)
milagrosfmarquez@gmail.com

Lara Tascón

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Rafaela (Argentina)
tasconlaraf@gmail.com

Dr. Ing. Juan Nittmann

Grupo de Investigación en Aplicaciones de Métodos Numéricos en Ciencia e Ingeniería (GIAMNCI)
Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Rafaela (Argentina)
juannittmann@hotmail.com

Resumen

El estudio de la problemática hídrica en zonas urbanas y periurbanas es uno de los principales desafíos actuales que merece un abordaje profundo para evitar desastres naturales futuros. El estudio del funcionamiento del medio hidrogeológico y la cuantificación de los procesos que intervienen en el mismo son fundamentales para prevenir impactos ambientales negativos que afectan de manera directa e indirecta a la sociedad. Una de las técnicas más adecuadas para prevenir impactos ambientales en acuíferos es la evaluación de la vulnerabilidad frente a diferentes escenarios climáticos. El área de estudio de este trabajo comprende el casco urbano de la ciudad de Rafaela y alrededores, tomando el límite a unos 2-4 km del sector periurbano. En el área de estudio los registros de precipitación anual muestran una tendencia de crecimiento en donde la relación de la precipitación con la recarga / descarga del primer acuífero (fm. Pampeano) que subyace el área de estudio son de principal interés para entender el funcionamiento hidráulico e hidrodinámico y luego poder establecer medidas de acción en la prevención de potenciales fuentes de contaminación generada por una falta de planificación territorial. La metodología utilizada para el desarrollo del trabajo comprende dos etapas. La primera consiste en la elaboración de un modelo conceptual hidrogeológico del funcionamiento hidráulico del acuífero Pampeano y la segunda etapa comprende la evaluación de la vulnerabilidad del acuífero mediante medidas in situ y procesamiento geomático mediante la utilización de Sistemas de Información Geográfica (GIS) integrados al modelo DRASTIC. Los mapas de

vulnerabilidad generados se ajustarán a una adecuada variación paramétrica contrastando diferentes escenarios climáticos.

Palabras Clave: Vulnerabilidad – Acuífero Pampeano – DRASTIC – GIS

Abstract

The study of water problems in urban and peri-urban areas is one of the main current challenges that deserves a thorough approach to avoid future natural disasters. The study of the functioning of the hydrogeological environment and the quantification of the processes involved in it are essential to prevent negative environmental impacts that affect society. One of the most appropriate techniques to prevent environmental impacts on aquifers is the assessment of vulnerability to different climate scenarios. The study area of this work comprises the urban area of the city of Rafaela, taking the boundary about 2-4 km from the peri-urban sector. In the study area, the annual precipitation records show a growth trend where the relationship between precipitation and the recharge/discharge of the first aquifer (Pampean fm.) that underlies the study area are of main interest to understand the hydraulic and hydrodynamic functioning and then be able to establish action measures to prevent potential sources of contamination generated by a lack of territorial planning. The methodology used for the development of the work comprises two stages. The first consists of the development of a conceptual hydrogeological model of the hydraulic functioning of the Pampean aquifer and the second stage involves the evaluation of the aquifer's vulnerability through in situ measurements and geomatic processing using Geographic Information Systems (GIS) integrated to the DRASTIC model. The vulnerability maps generated will be adjusted to an appropriate parametric variation by contrasting different climate scenarios.

Keywords: Vulnerability – Pampeano Aquifer – DRASTIC – GIS

Introducción

La presión demográfica sin una planificación territorial adecuada causa impactos ambientales negativos en el medio ambiente (Giampietro, 1997). En Argentina, la contaminación en las grandes ciudades es crítica y afecta los recursos naturales violando los principios de sustentabilidad ambiental. Entre los factores biofísicos más afectados y de menor visibilidad se encuentran los acuíferos, de alta importancia social ya que son los encargados de proteger, almacenar y transportar el agua subterránea (Auge, 2006). El estudio del comportamiento hidrogeológico en áreas urbanas es complejo debido a las alteraciones que genera, en el ciclo hidrológico, la impermeabilización de la superficie, la explotación de acuíferos para consumo de la población o de la industria, así como las variaciones en la recarga debido a pérdida de la red de suministros, de drenaje pluvial y/o cloacal (Lerner, 2002). En la ciudad de Rafaela, el 100 % de sus habitantes se abastecen de agua proveniente de fuente subterránea y un 20 % aún no está conectado a la red de desagües cloacales por lo que utiliza el pozo negro como medio de tratamiento del efluente líquido domiciliario (Boidi, 2003). La dinámica hídrica local ha cambiado los últimos años producto de las variaciones climáticas regionales y globales generando un ascenso en los niveles freáticos y problemas graves en la población. Los sistemas acuíferos se ven afectados en cuanto a su calidad y cantidad, pero la dificultad de su medición no permite incluirlos adecuadamente en la planificación urbana ambiental. Una manera de poder anticiparse a la protección del agua subterránea es incluir en la gestión hídrica el concepto de vulnerabilidad de acuíferos, entendiéndose como tal a la susceptibilidad de un acuífero de ser afectado adversamente por una carga contaminante (Foster, 1987). La vulnerabilidad se puede considerar como una propiedad referida exclusivamente al medio hidrogeológico (tipo de acuífero, profundidad, recarga, conductividad hidráulica) sin tener en cuenta la incidencia de las sustancias contaminantes (vulnerabilidad intrínseca) o se puede considera la carga y tipo de contaminante además del comportamiento del medio (vulnerabilidad específica) (Custodio, 1995; Auge, 2004). La geología e hidrogeología local se puede describir ordenada en el sentido de las edades crecientes observando en la culminación de la columna estratigráfica a los sedimentos pampeanos (acuífero Pampeano), depósitos cuaternarios (Pleistoceno) de origen eólico y fluvial constituidos por loess y limo loessoide con CaCO₃ concrecional

que en su sección superior, de 53 m de espesor, contiene a la capa freática, mientras que la base es un estrato limo arcilloso de 7 m de potencia que se comporta como acuitardo, y es límite con la formación Puelche (acuífero Puelche), de origen fluvial, formada por arenas amarillentas cuarzosas de grano fino a mediano correspondientes al periodo transicional Neogeno-Cuaternario (Pleistoceno Inferior-Plioceno) (Boidi, 2003; Auge, 2004). El paquete sedimentario conformado por el acuífero Pampeano y Puelche se denomina hidrogeológicamente como sección epiparaniana y es el portador de aprovisionamiento de agua subterránea en todo el territorio provincial (Fili y Tuchneider, 1977). En Rafaela la variable externa que condiciona directamente la vulnerabilidad del acuífero pampeano es el agua importada de red proveniente de una captación del acuífero Puelches en la ciudad de Esperanza. En sectores con red de agua potable y cloacas, el agua importada que se infiltra y recarga al acuífero Pampeano es aproximadamente el 20 % de agua suministrada. La situación es más crítica en sectores sin red de cloacas en donde gran parte del agua suministrada percola a la capa freática (Boidi, 2003). Para abordar correctamente un estudio de vulnerabilidad en áreas urbanas y periurbanas es necesario realizar una conceptualización del medio que logre explicar el comportamiento hidrodinámico del sistema y luego desarrollar mapas de vulnerabilidad ante diferentes escenarios de variación paramétrica (Diaz et al., 2009).

Desarrollo

Este trabajo comprende dos actividades principales, elaboración del modelo conceptual del funcionamiento hidrodinámico y evaluación de la vulnerabilidad del acuífero Pampeano. A continuación, se detalla la metodología seguida en cada una.

1-Elaboración del modelo conceptual: se siguió una metodología clásica adaptada de Auge (2004), que comprende:

- Recopilación y análisis de información bibliográfica. Recopilación de información meteorológica e hidrodinámica del acuífero Pampeano.
- Muestro de pozos. Se realizaron campañas de reconocimiento y muestreo de pozos del acuífero Pampeano. En cada lugar de muestreo se midieron los parámetros siguientes: nivel estático, pH, conductividad, temperatura del agua y del aire. Se extrajeron muestras de agua para la determinación de nitratos. Las salidas de campo se realizaron en colaboración con becarios e investigadores afectados al trabajo.
- Sistematización, procesamiento y análisis de la información. Se elaboró una base de datos geoespacial vinculada con información meteorológica, topográfica e hidrogeológica con el objeto de generar mapas específicos.
- Integración de la información. Mediante la integración de la información sistematizada se generó el modelo conceptual de funcionamiento hidrodinámico acuífero Pampeano en el área de estudio.

2-Evaluación de vulnerabilidad: a modo de referencia se siguió, para la elaboración de ciertas tareas, el marco metodológico general propuesto por Daly y Warren (1998). En primer lugar, sobre la base del modelo hidrodinámico, se evaluó la vulnerabilidad del acuífero Pampeano mediante el método DRASTIC (Aller et al., 1987). Este método calcula la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos mediante índices que van de 1 a 10 de acuerdo a las características y el comportamiento de las variables consideradas en el acrónimo DRASTIC: D(Depth - Profundidad del agua freática), R(Recharge - Recarga Neta), A(Aquifer - Litología del Acuífero), S(Soil - Tipo de Suelo), T(Topography - Topografía), I(Impact - Litología de la zona no saturada) y C(Hydraulic Conductivity - Conductividad Hidráulica del acuífero). Luego se realizó un mapa de vulnerabilidad promedio por zonas que permitió realizar comparaciones relativas.

A continuación, se presentan los resultados considerando tres tipos de recargas para abarcar diferentes escenarios y tomando como base de comparación los puntos 17 y 34 para los cálculos en los escenarios climáticos hipotéticos debido a sus valores de profundidad del nivel freático.

- Recarga 1 = 58,80 mm (calculada en el balance hídrico)
- Recarga 2 = 30 mm
- Recarga 3 = 100 mm

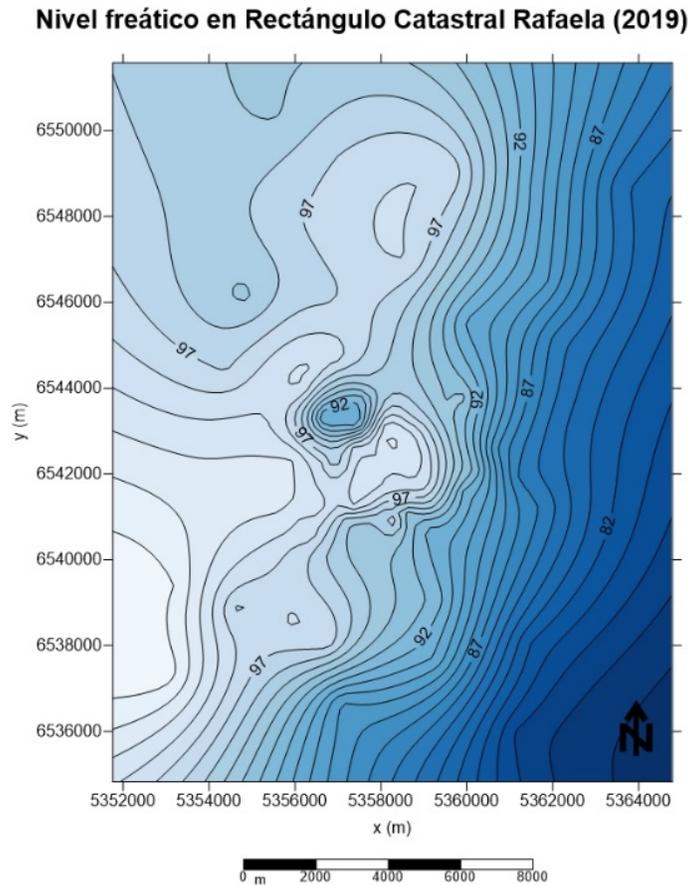


Figura 1. Isolíneas del Nivel Freático en el Rectángulo Catastral 2019

Tabla 1. Método DRASTIC para cada punto considerado una recarga de 58,80 mm.

Punto	X	Y	Z	DRASTIC
P1	5351775,40	6536807,10	5,10	88
P2	5354317,40	6537357,40	5,70	88
P3	5356939,30	6536879,10	4,30	98
P4	5362134,20	6534863,20	1,00	103
P5	5354606,10	6538355,70	7,00	88
P6	5358452,20	6537665,30	4,10	98
P7	5361035,10	6537171,50	4,50	98
P8	5352353,90	6539865,80	3,00	98
P9	5355897,40	6539249,30	5,90	88
P10	5362681,20	653730,70	1,00	103
P11	5352539,10	6540899,50	4,20	98
P12	5358944,50	6540350,90	3,50	98
P13	5361602,80	6540245,90	1,90	98
P14	5362939,40	6539384,40	1,00	103
P15	5353121,50	6543989,30	2,80	98
P16	5357109,80	6542924,80	2,70	98
P17	5357906,00	6541999,50	8,00	88
P18	5361682,50	6541737,40	1,40	103
P19	5363226,40	6541019,10	1,00	103
P20	5358247,50	6543855,20	2,60	98

Punto	X	Y	Z	DRASTIC
P21	5361138,50	6543855,20	3,00	98
P22	5363896,40	6544553,10	1,00	103
P23	5353722,90	6547105,60	9,00	88
P24	5358610,00	6545729,00	1,60	98
P25	5358871,40	6547256,50	2,80	98
P26	5361468,50	6546726,10	4,10	88
P27	5356512,60	6548757,60	1,30	103
P28	5359121,60	6548281,10	2,30	98
P29	5364325,50	6547265,30	2,40	98
P30	5354965,40	6551472,00	1,60	98
P31	5359058,40	6550684,50	2,40	98
P32	5364738,90	6549595,20	1,10	103
P33	5356236,60	6547086,50	2,20	98
P34	5356742,10	6545722,10	1,00	103
P35	5355218,90	6544187,50	1,80	98
P36	5355675,00	6542525,10	3,20	98
P37	5354521,90	6540770,00	4,20	98
P38	5355459,30	6536912,10	2,90	98
P39	5358483,30	6536642,30	1,90	98
P40	5360526,70	6535845,30	1,30	103

Tabla 2. Método DRASTIC para los puntos 17 y 34 con una recarga de 30 mm y 100 mm.

Recarga	Punto	X	Y	Z	DRASTIC
30	17	5357906,00	6541999,00	8,00	80
	34	5356742,10	6545722,10	1,00	95
100	17	5357906,00	6541999,00	8,00	100
	34	5356742,10	6545722,10	1,00	115

Para el cálculo detallado vamos a considerar los puntos P17 y P34 teniendo en cuenta la recarga igual a 58,80 mm.

$$DRASTIC = (Dr * Dw) + (Rr * Rw) + (Ar * Aw) + (Sr * Sw) + (Tr * Tw) + (Ir * Iw) + (Cr * Cw) \quad \text{ECUACIÓN 1}$$

Punto P17:

Dr	Rr	Ar	Sr	Tr	Ir	Cr
7	3	2	7	10	1	2

$$DRASTIC (P17) = (7 * 5) + (3 * 4) + (2 * 3) + (7 * 2) + (10 * 1) + (1 * 5) + (2 * 3) = 94 \quad \text{ECUACIÓN 2}$$

Resultado menor a 100 por lo que la vulnerabilidad del acuífero es insignificante.

Punto P34:

Dr	Rr	Ar	Sr	Tr	Ir	Cr
10	3	2	7	10	1	2

$$DRASTIC (OW35) = (10 * 5) + (3 * 4) + (2 * 3) + (7 * 2) + (10 * 1) + (1 * 5) + (2 * 3) = 109 \quad \text{ECUACIÓN 3}$$

Resultado entre 101 y 119 por lo que la vulnerabilidad del acuífero se encuentra muy baja.

Conclusiones

Como se demuestra en el mapa de isolíneas (Figura 1) el flujo del agua subterránea en el rectángulo catastral que comprende al área de estudio adopta el sentido oeste - este, significando una mayor profundidad de los niveles freáticos en el sector oeste (recarga del acuífero) y una cercanía del mismo con la cota geográfica en el sector este (menores profundidades del nivel freático). Relacionado esta hipótesis con la vulnerabilidad del acuífero calculado por el método DRASTIC mediante todos los parámetros que lo fundamentan (Tabla 1) se demuestra que existe una variación de los parámetros en puntos extremos. En conclusión, cuando el nivel freático se encuentra cerca de la superficie (en este caso, zona este) el acuífero Pampeano tiende a ser más vulnerable frente a una posible contaminación del agua subterránea.

Referencias

Aller L., Bennet T., Lehr J., Petty R., Hackett G. 1987. DRASTIC: a standardized system for evaluating groundwater pollution potential using hydrogeologic setting. U.S. EPA(600-2-87-036). 451 pp.

Auge M. 2004. Vulnerabilidad de acuíferos. Revista Latino-Americana de Hidrogeología. (4):85-103 pp.

- Auge M. P. 2004. Hidrogeología Ambiental. Servicio Geológico y Minero Argentino. Dirección de Geología Ambiental y Aplicada. SEGEMAR. 131 pp.
- Auge, 2006 Boidi M. A. 2003. Aspectos hidrogeológicos urbanos y sanitarios en la ciudad de Rafaela. Secretaria de Obras Públicas y Privadas. Municipalidad de Rafaela. 79 pp.
- Custodio E. 1995. Consideraciones sobre el concepto de vulnerabilidad de los acuíferos a la polución. II Seminario Hispano – Argentino sobre Temas Actuales de Hidrología Subterránea. Serie Correlación Geológica. (11): 99-122 pp.
- Daly D., Warren W. P. 1998. Mapping groundwater vulnerability: the Irish perspective. En: Robins N. S. (ed.). Groundwater Pollution, Aquifer Recharge and Vulnerability. Geological Society, London, Special Publications. (130):179-190 pp.
- Diaz E. L., Romero E. C., Boschetti N. G., Duarte O. C. 2009. Vulnerabilidad del agua subterránea en la cuenca del Arroyo Feliciano. Entre Ríos. Argentina. Boletín Geológico y Minero. 120 (4): 533-542 pp.
- Fili M. P., Tujchneider O. C. 1977. Características geohidrológicas regionales del subsuelo de la Provincia de Santa Fe (Argentina). Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral. 8:105-113 pp.
- Foster S. 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution, risk and protection strategy. TNO Comm. On Hydrog. Research. Proceed. And Information. (38): 69-86 pp.
- Giampietro M. 1997. Socioeconomic pressure, demographic pressure, environmental loading and technological changes in agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment. (65): 201-229 pp.
- Lerner D. N. 2002. Identifying and quantifying urban recharge: a review. Hydrogeology Journal. 10:143-152 pp.

Impacto de Generación Distribuida Renovable en la Operación del Sistema Interconectado Provincial de Entre Ríos

Impact of Distributed Renewable Generation on the Operation of the Provincial Interconnected System of Entre Ríos

Marcos Cea

Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional - Lavaise 610 - Santa Fe - Santa Fe - Argentina
marcoscea28@gmail.com

Agustín Solari

Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional - Lavaise 610 - Santa Fe - Santa Fe - Argentina
agustinsolari17@gmail.com

Diego López

Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional - Lavaise 610 - Santa Fe - Santa Fe - Argentina
dclopez@frsf.utn.edu.ar

Juan Fernández

Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional - Lavaise 610 - Santa Fe - Santa Fe - Argentina
jpfernan@frsf.utn.edu.ar

Pablo Marelli

Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional - Lavaise 610 - Santa Fe - Santa Fe - Argentina
pamarelli@frsf.utn.edu.ar

Irene Steinmann

Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE), Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional - Lavaise 610 - Santa Fe - Santa Fe - Argentina
isteinma@frsf.utn.edu.ar

Resumen

Se analiza la producción energética individual y global de distintos proyectos de generación renovable gestionable y no gestionable ideados para el sistema interconectado provincial de Entre Ríos, con la finalidad de verificar su impacto en los niveles de Energía No Suministrada -consecuencia de la operación de la red fuera de los límites admisibles-, las pérdidas activas del subsistema y la energía demandada al sistema argentino de interconexión.

A su vez, se propone una ampliación de la infraestructura de red de alta tensión que tienda a disminuir los montos de Energía No Suministrada y mejorar la calidad del producto técnico. La incorporación de generación renovable

impacta significativamente en las condiciones de operación de la red, destacándose reducciones anuales del 65% en los niveles de energía no abastecida, 19% aproximadamente en las pérdidas Joule de la red y valores en torno al 22% en la compra de energía al sistema argentino de interconexión.

Palabras clave: Generación Renovable, Energía No Suministrada, Sistema Interconectado, Infraestructura de Red

Abstract

The individual and global energy production of different manageable and non-manageable renewable generation projects designed for the provincial interconnected system of Entre Ríos is analyzed, in order to verify their impact on the levels of Non-Supplied Energy - consequence of the operation of the network. out of the admissible limits-, active losses of the subsystem and in the energy demanded from the Argentine interconnection system.

In turn, an expansion of the high-voltage network infrastructure is proposed that tends to reduce the amounts of Non-Supplied Energy and improve the quality of the technical product.

It should be noted that the incorporation of renewable generation has a significant impact on the operating conditions of the network, highlighting annual reductions of 65% in the levels of non-supplied energy, approximately 19% in the Joule losses of the network and values of around 22% in the purchase of energy from the Argentine interconnection system.

Keywords: Renewable Generation, Energy Not Supplied, Interconnected System, Network Infrastructure

Introducción

La inserción de Generación Distribuida (GD) en la red de distribución puede impactar de forma positiva como negativa, dependiendo de sus características y las del sistema. Además, con el avance de la tecnología, su definición implica el uso de las energías renovables, lo que contribuye a reducir las emisiones de CO₂ (Endesa Fundación, 2014). Es por esto, que se presentan grandes desafíos técnicos que requieren un estudio detallado, con el fin de evitar posibles problemas relacionados con la calidad del servicio técnico (armónicos, problemas transitorios, energía no abastecida, entre otros.), a su vez, la introducción de este tipo de tecnología debe posibilitar la operación de la red dentro de márgenes admisibles.

En un estudio previo (Cea et al., 2020), los autores verificaron la inserción en forma individual y conjunta de posibles proyectos de Generación Distribuida Renovable (GDR), sobre las redes de distribución de Media Tensión (MT) en 33 [kV], abastecidas por los corredores de 132 [kV] “Salto Grande-Los Conquistadores” y “Gran Paraná-El Pingo” pertenecientes a la Empresa de Energía de Entre Ríos S.A. (ENERSA). Para ello, se consideraron dos tipos de GDR: centrales térmicas a biogás (CTB) y parques fotovoltaicos (PFV).

Los resultados de simulaciones de flujos de potencia dejan entrever, que, de la potencia total teórica, es decir, la suma de potencias individuales de GDR admitidas por cada uno de los nodo analizados, el subsistema admitiría en forma individual 224,5 [MW], de los cuales aproximadamente el 95% corresponde a PFVs y el otro 5% a CTBs. Pero del análisis en conjunto de los proyectos propuestos, se destaca que el principal factor limitante de la potencia total admisible en el SIP se debe a la capacidad de los elementos que componen el subsistema, ya que se observan sobrecargas en LMT y en transformadores. También se manifiestan problemas de tensión en barras de carga, debido a sobretensiones y fluctuaciones de tensión por variaciones rápidas de potencia. En este último aspecto, los PFVs constituyen la tecnología a la cual se le debe limitar en mayor cuantía los módulos de potencia. En la Fig. 1 se resumen la potencia máxima admitida por ET de 132 [kV], discriminado según el tipo de fuente de GDR (PFV o CTB).

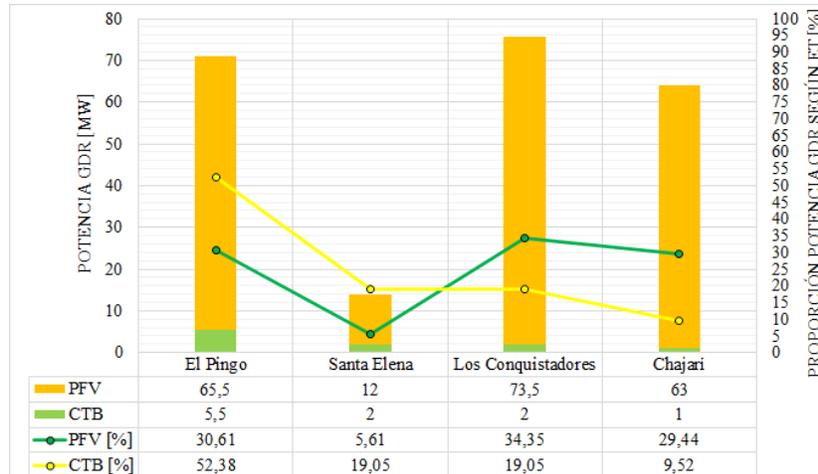


Figura 1. Potencia total admitida por ET de 132/33/13,2 [kV]

Partiendo del estudio previo, se plantea por objetivo, estimar los niveles de producción de energía anual que generarán los proyectos de PFVs y las CTBs definidas y verificar su impacto en los niveles de Energía No Suministrada (ENS) del sistema para un período de estudio de 10 años, comparando escenarios con y sin la nueva GDR. A su vez, proponer las obras de expansión en AT de la red para el período de estudio y analizar los posibles beneficios de la GDR en el retraso y/o reformulación de tales obras.

Desarrollo

Niveles de Producción Energética Anual, ENS y Pérdidas Activas de la Red

Definidos los módulos de potencia admisible de GDR, se estima de manera teórica, la producción de energía anual a inyectar en el SIP, para un período de estudio de 10 años.

En el caso de los PFV, se calcula las curvas de producción de energía anual haciendo uso del software PVSyst 6.7., para lo cual se debe tener presente los siguientes supuestos:

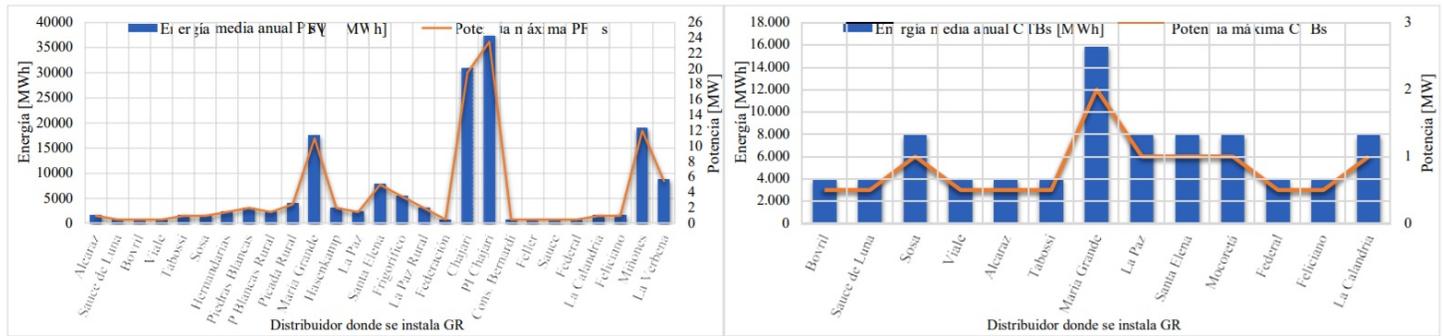
- ✓ Potencia máxima de los proyectos definida según estudios en régimen permanente
- ✓ Coordenadas geográficas de los lugares de emplazamiento de los PFVs
- ✓ Irradiación del lugar, la posición óptima y disposición de los paneles fotovoltaicos,
- ✓ Tipo de celdas que componen a los paneles, considerándose aquellas celdas del tipo monocristalino.
- ✓ Inclinación los paneles FV, en el caso de estudio, se considera una inclinación de 28° y un azimut de 0°, es decir orientados hacia el Norte

Al evaluar las curvas de producción de energía anual de las CTBs, se debe tener presente las paradas de mantenimiento programadas y las condiciones de estacionalidad que poseen las distintas materias primas ganaderas utilizadas para la producción de biogás. Por lo tanto, para el desempeño de las CTBs se asume un factor de disponibilidad de 0,9, lo cual se traduce en 876 hs en las que cada central está fuera de servicio.

Resultados

Producción anual media de energía de GR

En la Figura 2, se presentan los resultados de la estimación de generación media anual de energía para la GR. En la Figura 2-a se observa que la producción energética de los PFVs varía desde 789 [MWh] para proyectos de 0,5 [MW] a 37.278 [MWh] para módulos de potencia de PFV de 23,5 [MW]. Mientras que, en la Figura 2-b, se observa que para las CTBs se tiene una energía anual promedio de 6.368 [MWh].



a) Energía media anual PFVs b) Energía media anual CTBs

Figura 2. Producción anual de energía de GDR

La evolución de la demanda en el subsistema en estudio se considera creciente para un período de 10 años, con una tasa de crecimiento interanual promedio del 4% (Guía de Referencia, Enersa, 2018). Esto se traduce en incrementos de los niveles de ENS por perfiles de tensión no admisibles, pérdidas activas en la red, y mayor necesidad de compra de energía al SADI. Sin embargo, con la incorporación de GDR se observa una clara reducción en dichos indicadores de operación del SIP (ver Figura 3 y Figura 4).

Con la inserción de la GDR en el SIP, se disminuye en promedio 245.961 [MWh] de energía requerida al SADI por año, es decir, el aporte energético del conjunto de proyectos de GDR es de aproximadamente un 28% de la energía anual demandada por el SIP.

Con la incorporación de la GDR se logra reducir aproximadamente un 72% los niveles de ENS del subsistema actual en condiciones normales de operación, como se puede observar en la Figura 3. Sin embargo, en condiciones de emergencia – fallas en ETs o en LAT – los niveles de ENS no se modifican, ya que los criterios de diseño de la GDR no contemplan su operación en isla. Por otro lado, se puede inferir que, con la inyección de energía proveniente de la GDR, las pérdidas activas en la red disminuyen aproximadamente un 19%, pasando a representar, en promedio, un 10% de la energía operada en el SIP, contra un 12% correspondiente al caso Base (ver Figura 4).

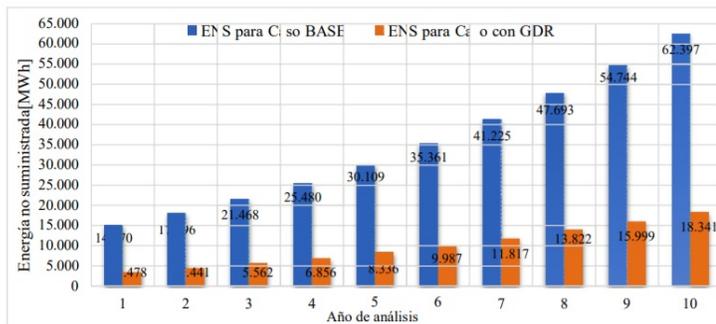


Figura 3. Evolución de la ENS para Condición de Operación Normal. Período 2020-2030

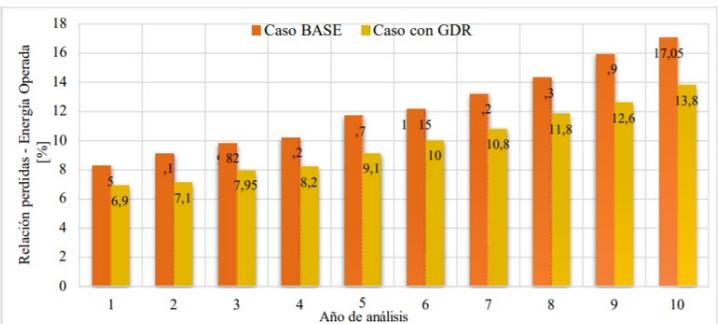


Figura 4. Evolución de las Pérdidas Activas de la Red. Período 2020-2030

Se propone la ampliación de la infraestructura de la red de manera tal que tienda a disminuir los niveles de ENS debido a problemas de subtensión. En este sentido, se evalúa la inserción de una obra de 132 kV, destacando que, si bien no es la única obra necesaria, representa la más importante para mejorar la calidad del producto técnico del subsistema en estudio. La propuesta se divide en tres etapas, a saber:

- 1°. Construcción de una ET de 132/33/13,2 [kV], ubicada en localidad de La Paz. La ET se prevé para dos transformadores de 40 [MVA]. Sin embargo, inicialmente la ET dispondrá de un solo transformador 132/33/13,2 kV de 15/15/15 [MVA].
- 2°. Construcción de una ET 132/33/13,2 [kV] en la localidad de Federal, con la misma configuración de la ET La

Paz y una LAT de 132 [kV] que vincula las ETs La Paz y Federal, con conductores 240/40 Al/Ac, disposición coplanar triangular y longitud de traza de 84 [km].

3º. Construcción de un campo de salida en 132 [kV] en la ET Federal y una LAT de 132 [kV], con conductores 240/40 Al/Ac, disposición coplanar triangular y longitud de traza de 52 [km]. Esta línea interconecta las ETs Federal y Los Conquistadores.

Con la incorporación de la nueva infraestructura a la red, los niveles de ENS - en condiciones de operación normal - disminuyen un 6% respecto a los valores actuales, pero resultan mayores a los obtenidos con GDR. Para simplificar la presentación de los resultados, en la Figura 5, se presentan agrupados los resultados de ENS para condición de operación normal y de emergencia, se observa que se logra una reducción de los niveles de ENS en un 65% con el ingreso de la GDR - a pesar de que en condiciones de emergencia no se modifica dicho parámetro - mientras que con las obras propuestas la reducción es de un 10%.

Por otro lado, como consecuencia de tener mayor cantidad de LATs, las pérdidas activas del SIP aumentan, representando un 16% aproximadamente de la energía operada en el SADI, como se puede ver en la Figura 6 .

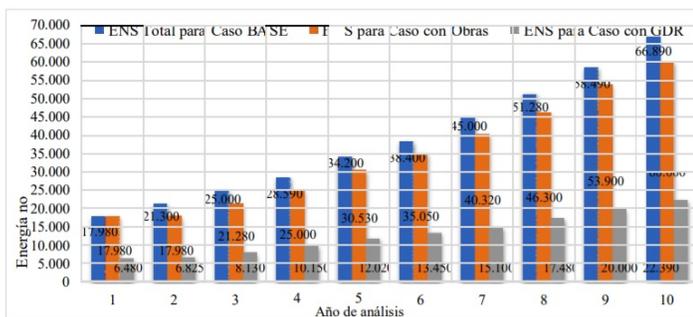


Figura 5. Comparación ENS Total – Condición normal más emergencia de red –. Período 2020-2030

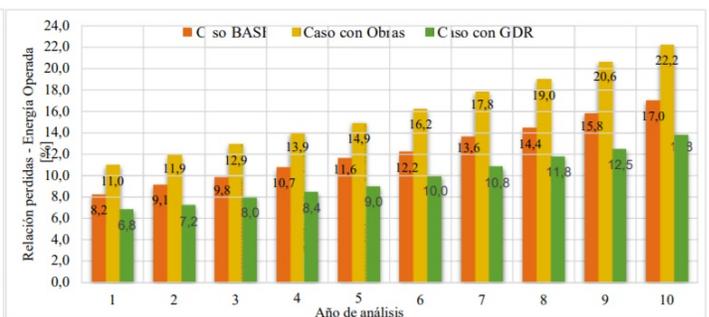


Figura 6. Comparación Pérdidas Activas – Condición normal más emergencia de red –. Período 2020-2030

Conclusiones

Los resultados obtenidos de la evaluación del SIP permiten inferir que la GDR impacta significativamente en la reducción de los niveles de ENS, en las pérdidas activas del SIP y en el volumen de energía requerida al SADI, observándose reducciones anuales del 65% para los niveles de ENS (equivalentes a MUSD 75,8), del 19% para las pérdidas activas (valorizado en MUSD 1,4) y del 22% en la compra de energía al SADI (obteniéndose ahorros de aproximadamente MUSD 8,2 anuales). Por lo tanto, se puede concluir que la incorporación de proyectos de GDR en el SIP trae consigo grandes beneficios, tanto técnicos como económicos en la operación del SIP.

Finalmente, cabe destacar que los estudios y metodologías de análisis propuestos en este trabajo resultan aplicables a los sectores de planificación y operación de empresas distribuidoras y transportistas de energía eléctrica, ya que permiten establecer bases metodológicas para analizar, en cualquier punto del sistema eléctrico, la inserción de un proyecto de generación renovable

Referencias

Cea M., Manassero U., Cano D., Fernández J. P., Steinmann I., Gaspoz P. (2020). "Dimensionamiento de módulos de generación distribuida renovable a incorporar en redes de subtransmisión en 33 kV". Actas de IX Seminario Nacional Virtual "Energía y su uso Eficiente". Evento de modalidad virtual, organizado por la UTN, Facultad Regional Pacheco, provincia de Buenos Aries, Argentina, 26 al 27 de noviembre 2020, 43-44.

Endesa Fundación (2014) Generación distribuida. Noviembre 2014. Disponible en:

<https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-generacion-distribuida>

La Gestión de la Calidad como herramienta para una producción limpia y sustentable en la industria del Hormigón elaborado

Quality Management as a tool for a clean and sustainable production in the prepared Concrete industry

Claudia Beltramone

Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Materiales y Calidad – UTN-Facultad Regional Córdoba, Argentina
cbeltramone@frc.utn.edu.ar

Cristian di Gioia

Centro de Investigación, Desarrollo y Transferencia de Materiales y Calidad – UTN-Facultad Regional Córdoba, Argentina
claudiabeltramone@gmail.com.ar

Resumen

El concepto de “Producción Limpia” está relacionado con el desarrollo sostenible y la sustentabilidad; la “Producción Limpia” surge desde la ingeniería de la Calidad como producto de procesos de Mejoramiento Continuo, Aseguramiento de la Calidad y de la Gestión de la Calidad; gestionando los riesgos para la población humana y el medio ambiente cuando se trabaja adecuadamente el concepto de "partes interesadas". La investigación está orientada al estudio de la problemática de empresas elaboradoras de Hormigón, que atraviesan el desafío de una producción sustentable; y que mediante el uso adecuado de los lineamientos de la ISO 9001:2015 puedan lograr la satisfacción de sus clientes optimizando el uso de los recursos, en los cuales los recursos naturales son los predominantes. Se está trabajando en un Manual de buenas prácticas como resultado de esta investigación, donde se integran aspectos de Calidad, Medio Ambiente y Seguridad Ocupacional.

Palabras clave: Sustentabilidad. Gestión de la Calidad. Partes Interesadas.

Abstract

The concept of "Clean Production" is related to sustainable development and sustainability; "Clean Production" arises from Quality engineering as a product of Continuous Improvement, Quality Assurance and Quality Management processes; managing risks to the human population and the environment when the concept of "stakeholders" is properly worked on. The research is oriented to the study of the problems of concrete manufacturing companies, which are going through the challenge of a sustainable production; and that through

the proper use of the guidelines of ISO 9001: 2015 they can achieve customer satisfaction by optimizing the use of resources, in which natural resources are predominant. As a result of this research, a manual of good practices is being worked on, where aspects of Quality, Environment and Occupational Safety are integrated.

Introducción

La mejora de la gestión de las partes interesadas” han impregnado definitivamente, cada vez con más fuerza, el panorama empresarial como elementos fundamentales para la supervivencia de las organizaciones. El éxito de una organización ya no depende únicamente de que se aseguren ciertos beneficios económicos sino que se adopte un enfoque multistakeholder. Cada grupo de interés tiene sus propias necesidades y confía que la dirección de la organización las tenga en consideración, en la mayoría de los casos son premisas medioambientales, sociales o relativas a la seguridad. Los sistemas de gestión son, en la actualidad, una de las herramientas más útiles para dar respuesta a las expectativas de los grupos de interés. La implantación de un estándar de gestión es un instrumento ideal para organizar las obligaciones externas e internas, integrándolas en las pautas de trabajo diario para lograr clientes satisfechos, trabajadores implicados, sociedad favorecida, etc...

En la Industria de la Construcción existe poca cultura de este enfoque es más se necesita transitar un camino de aspectos básicos de gestión que comiencen con el Aseguramiento de la Calidad de los procesos para garantizar la satisfacción de los clientes y permitan la rentabilidad necesaria para el sostenimiento de la misma.

La investigación está orientada al estudio de la problemática del sector de las empresas elaboradoras de Hormigón, que atraviesan el desafío de una producción sustentable, y que mediante el uso adecuado de herramientas de la Gestión de la Calidad puedan, además de lograr la satisfacción de sus clientes, encontrar las diversas posibilidades de mejoramiento de "todos" sus procesos y la optimización en el uso de los recursos, en los cuales los recursos naturales son los predominantes.

Diseñar una buena base para un sistema que permita la integración de los aspectos de calidad-medio ambiente y seguridad operacional, facilitará una gestión mucho más eficiente.

Una organización siempre necesita un modelo de gestión que, como mínimo, la enfoque en la gestión del resultado de los procesos que debe hacer funcionar para obtener los resultados de su actividad: satisfacer las necesidades de sus clientes y mejorar continuamente.

El logro del éxito sostenido depende, en gran medida, de la capacidad de las organizaciones para obtener los resultados deseados de sus procesos.

De esto se trata gestionar calidad, cuyos beneficios principales redundan en una mayor efficientización de los procesos, clientes más satisfechos, personas con mayor enfoque en los resultados y directivos que piensan en lo importante, según las corrientes actuales tal como señalamos al comienzo.

Desarrollo

El presente trabajo se desarrolla tomando como organización piloto una empresa de Hormigón Elaborado de la Ciudad de Alta Gracia. Con más de 20 años de antigüedad en el rubro y con una gestión netamente familiar se procedió a realizar una evaluación inicial siguiendo los lineamientos de la Norma ISO 9004:2018, cuyos resultados se adjuntan en la Figura 1. Se puede observar en el eje de abscisas los niveles de madurez de la organización donde el Nivel 1 corresponde a un inicio en los distintos elementos, aspectos y prácticas que componen una gestión. Una organización puede estar en distintos niveles de madurez para los distintos elementos. Una revisión de los niveles de madurez existentes ayuda a la dirección a planificar y priorizar las actividades de mejora y/o de innovación necesarias para pasar elementos individuales a un nivel superior. Completar la autoevaluación dio como resultado un plan de acción donde se priorizó trabajar en la gestión de los procesos, desde el marco del plan estratégico que se trazó con la realización del FODA, resumido en la Figura 2. El análisis FODA resume las cuestiones claves sobre

el entorno organizacional y la capacidad estratégica de una organización que pueden afectar con más probabilidad al desarrollo de la misma. Esto además permitió la declaración por parte de la dirección, de la Misión-Visión y de la Política de Calidad-Medio Ambiente y Seguridad Ocupacional. De esta última se delinearon objetivos tanto a nivel estratégico, como a nivel operativo de los procesos.

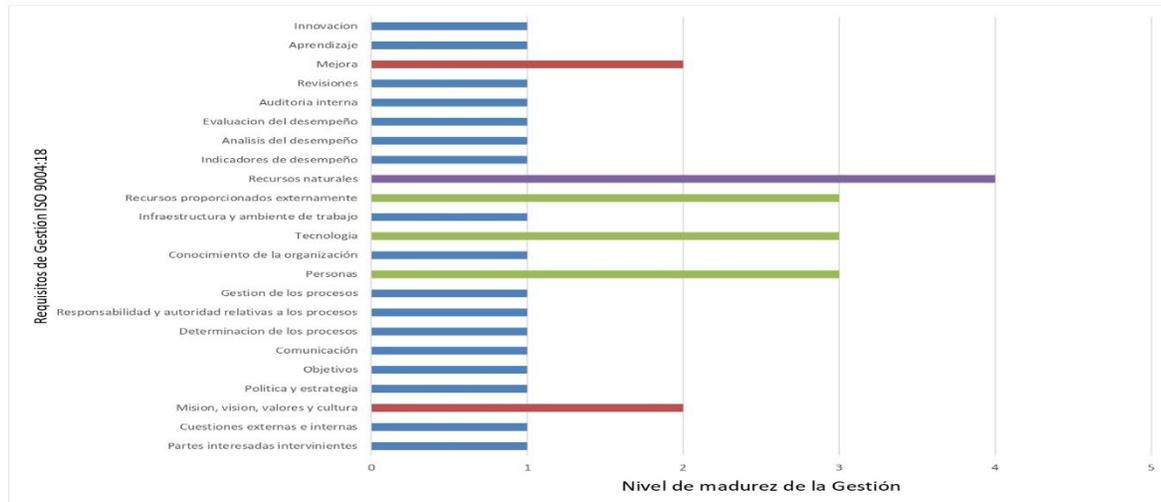


Figura 1: Resultado de la Evaluación de la gestión según los requisitos de la Norma ISO 9004:2018

FORTALEZAS

Posibilidad de acceso a capacitaciones y asesoramiento técnico.
Relación de la empresa con constructores y con los proveedores.
Relación de la empresa con organizaciones públicas y privadas.
Calidad del servicio.(buen trato, profesionalización, asesoramiento técnico)
Disponibilidad de materia prima. Aridos.
Disponibilidad de espacio físico propio.

DEBILIDADES

Inversiones iniciales altas. Y Períodos de recuperación de la inversión a largo plazo.
Equipos de bombeo fijo y disponibilidad de camiones y motohormigoneras
Empresa familiar, con escasa cultura y prácticas de gestión

OPORTUNIDADES

Desarrollo de nuevos productos.
Desarrollo de nuevos servicios.
Expansión de zonas de viviendas, dentro del radio de acción.
Expansión en el conocimiento y uso del hormigón en obras de menor escala.
Creación de puntos de ventas nuevos.

AMENAZAS

Ingreso de nuevos competidores en el mercado.
Formato de comercialización.
Dolarización implícita de la economía.
Disponibilidad de cemento
Tránsito interjurisdiccional
Nuevos Impuestos-
Nuevas reglamentaciones

Figura 2: Resultado del análisis FODA

Con las declaraciones estratégicas se comenzó a delinear los procesos de la organización, relevando las actividades que atraviesan las áreas y funciones de la organización cuando los clientes/mercado objetivo expresa sus necesidades y expectativas. Utilizando las herramientas de la Gestión por procesos se elaboró el Mapa de Procesos (ver Figura 3) donde se representan los procesos Principales, los de la Dirección y todos los Procesos de apoyo. En el mismo se describieron las áreas /funciones involucradas, para que posteriormente con la participación de las mismas se analizaron cada uno de ellos describiendo las actividades en una ficha de procesos para cada proceso principal. En este análisis lo más importante fue la determinación e los Indicadores -operativos y estratégicos que junto con la Dirección fueron establecidos para analizar periódicamente. Estos indicadores se trabajaron alineados a la Política integrada de calidad, medio ambiente y seguridad ocupacional y a los objetivos derivados de la misma (ver Fig. 4 y Tabla 1)

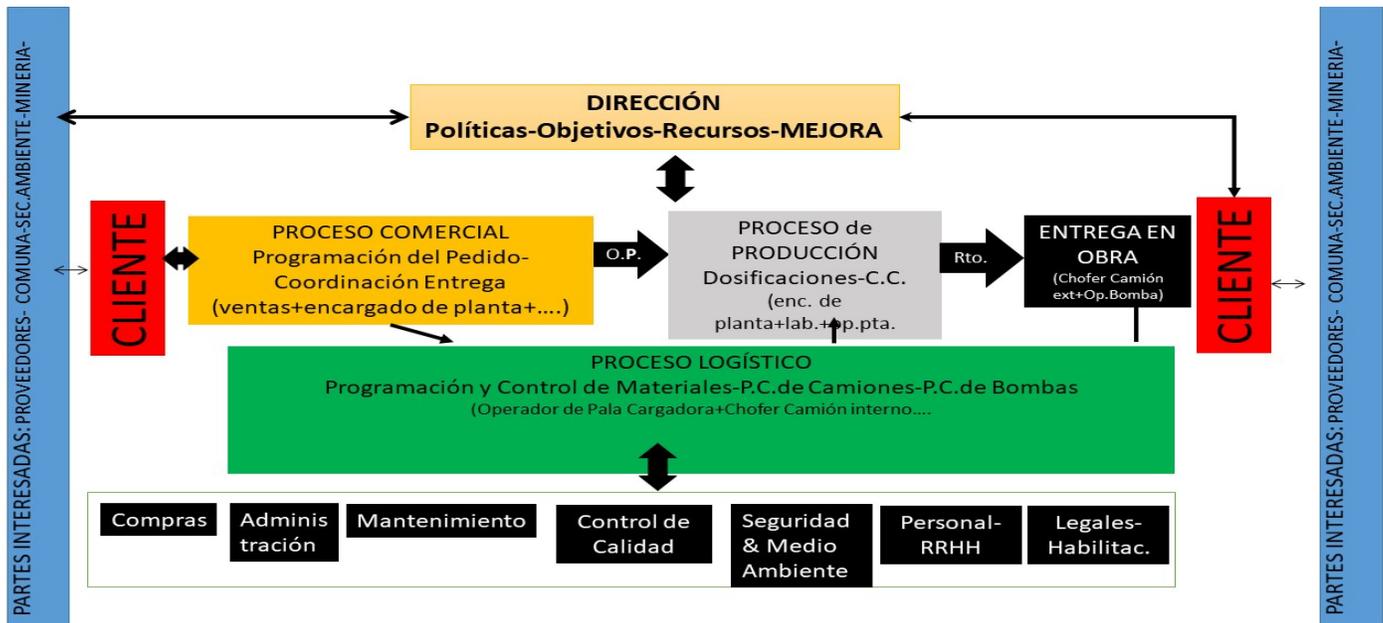


Figura 3: Mapa de Procesos

POLÍTICA	OBJETIVOS
Elaborar hormigón bajo normas de Calidad, Medio Ambiente y Seguridad para satisfacer los requisitos y expectativas de clientes, cuidando y respetando la integridad física del personal, y asegurando el cuidado del Medio Ambiente y de la sociedad en su conjunto.	Lograr efectividad en la gestión comercial
	Lograr mantener un alto nivel de satisfacción de nuestros clientes
	Lograr que las entregas se realicen cumpliendo los plazos establecidos
Cumplir con los requisitos normativos, del cliente, legales y asociados a Salud ocupacional, Seguridad en el trabajo y protección del Medio Ambiente, aplicables.	Asegurar los parámetros de calidad de los hormigones elaborados
	Mantener índice de frecuencia y gravedad de incidentes en valor 0
Diseñar e implementar procesos eficientes que permitan la prevención de accidentes, enfermedades y agresión al medio ambiente, como así también la mejora continua.	Disminuir las observaciones negativas de seguridad y medio ambiente de iguales características
	Incrementar las acciones favorables al medio ambiente a través de la reducción de uso de papel y del reciclado
Desarrollar proveedores que acompañen la mejora continua de los productos y servicios.	Aumentar la eficacia de los mantenimientos preventivos para evitar roturas e incidentes
	Cumplir los requisitos de los clientes y otros
Capacitar y formar de manera continua al personal para lograr la concientización y el compromiso en el logro de los objetivos de calidad y seguridad de los productos y servicios.	Minimizar los impactos ambientales negativos de la actividad y lograr el uso eficiente de los recursos
	Lograr eficiencia en el proceso de producción
Implementar un Sistema de Gestión Integral alineado con las Normas ISO 9001, ISO 14001 y 45001, y mejorar continuamente su eficacia	Promover la mejora del desempeño de los proveedores
	Capacitar 12 hs eficaces por persona
	Certificar el SGI bajo ISO 9001-15

Tabla 1: Cuadro de Indicadores de gestión

PROCESO	Indicador	Interpretación	Cálculo	Responsable	Frecuencia	Meta
Gestión comercial	Cotizaciones adjudicadas	Cotizaciones que se convierten en órdenes de compra	Cotizaciones ganadas / Cotizaciones emitidas	Resp. Comercial	Semestral	Mayor o igual al 80 %
Satisfacción de clientes	Satisfacción del cliente	Percepción de la satisfacción del cliente	Total de encuestas conformes / Total de encuestas respondidas	Resp. Comercial	Anual	Mayor al 90%
Compras	Proveedores calificados Definitivos	Calidad de proveedores calificados	Proveedores calificados Definitivos / Total de proveedores calificados	Resp. Compras	Trimestral	Mayor al 80 %
Recursos Humanos	Plan anual de capacitación	Cumplimiento del plan anual de capacitación	Capacitaciones cumplidas en plazo / Capacitaciones planeadas	Resp. de RRHH	Semestral	Mayor a 80%
Mejora	Acciones correctivas y preventivas eficaces	Grado de eficacia de las acciones correctivas y preventivas iniciadas	Cantidad de AC/AP eficaces / Cant. De AC/AP iniciadas	Dirección	Semestral	Mayor o igual al 85%
Seguridad y medio ambiente	No conformidad surgidas durante una situación de Emergencias	Evaluar cómo se resuelven las situaciones de emergencias.	No conformidades en situaciones de emergencias / Cantidad de emergencias	Resp. Seguridad	Semestral	0%
Seguridad e Higiene	Índice de frecuencia	(Número de incidentes con pérdidas de días / Total horas trabajadas) x 1.000.000	(ICPD / Total hstrabajadas) x 1.000.000	Resp. Seguridad	Mensual	Menor a 2
Producción y Entrega	Cumplimiento de pedidos a horario	Pedidos no cumplidos dentro del horario pautado con retraso de más de 30 minutos.	Pedidos no cumplidos a horario / Pedidos programados	Resp. de Planta	Mensual	Menor a 35%
Producción y Entrega	Cumplimiento del tiempo de ciclo	Cantidad de viajes que superan el promedio de tiempo de ciclo (2 hs 30 min)	Calculo del tiempo de ciclo promedio de cada viaje	Resp. de Planta	Mensual	Menor al 20%
Producción y Entrega	Frecuencia de entrega	Cantidad de viajes donde el tiempo entre camiones en tiradas continuas supera 20 minutos	Tiempo transcurrido entre camiones que van a la misma obra	Resp. de Planta	Mensual	Menor a 20%
Control de Calidad	Resultados de ensayos a compresión- 28 días	Cumplimiento de parámetros de calidad de H² de referencia	Resultados de ensayos no conformes / Total de ensayos realizados a 28 días	Resp. de Laboratorio	Mensual	Menor o igual al 3%
Control de Calidad	Resultados de ensayos H² Fresco	Cumplimiento de parámetros de calidad de H² de referencia				
Planificación y Producción	Sobrante de hormigón	Cantidad de hormigón que sobra en cada entrega	Cantidad sobrante / Cantidad despachada	Resp. de Laboratorio	Semestral	Menor o igual al 2%
			Cantidad de			

Actualmente se está trabajando en el Proceso de Producción dónde desde el Plan de Control se están elaborando los instructivos de trabajo para la realización de los ensayos correspondientes según las Normas IRAM aplicables en cada caso. El aporte más importante es que en el Plan de control la referencia a los ensayos está indicada con un código QR, que manda a un video explicativo del mismo. En este video se explica detalladamente las actividades en relación a la calidad, pero teniendo en cuenta el impacto en el medio ambiente y asegurando los peligros que puedan generar riesgos para la seguridad del personal (ver Fig.5, parte del Plan de control)

Proceso	Material	Tipo de control				Quien lo hace?	Cómo lo hace?	Con que frecuencia se hace?	Documentación resultante.
		Documental	Visual	Por Ensayos	Normativa				
CONTROL de CALIDAD	Agregado fino			AF- Requisitos	IRAM 1512	Laboratorio			Planilla de resultado de ensayos.R40
				Det. De densidad relat. Real-aparente y abs. De agua	IRAM 1520	Laboratorio		Semanal	Planilla de resultado de ensayos.R40
	Agregado grueso			Análisis granulométrico- Curvas límites-Pasante T200	IRAM 1505-1627	Laboratorio		Semanal	Resultado de ensayos.R40
				AG- Requisitos y metodos de ensayos	IRAM 1531	Laboratorio		Cada vez que llega una partida de aridos.	Resultado de ensayos.R40
				Det. De densidad relat. Real-aparente y abs. De agua	IRAM 1533	Laboratorio		Semanal	Resultado de ensayos.R40
	Aditivos			Pastones de prueba.)	IRAM 1663	Laboratorio		Cada vez que llega un pedido de aditivos.	Planilla de resultado de ensayos.R40
	Agua		Verificar que se encuentre limpia		IRAM 1601	Laboratorio externo.		2 veces al año o cuando se cambia de proveedor.	Resultado de ensayos.R40
	Hormigón en estado fresco			Met. De ensayo de la consistencia utilizando el tronco de cono.	IRAM 1536	Laboratorio		Cada 3 meses.	Resultado de ensayos.R45
				Det. Densidad (P.U.V)	IRAM 1562	Laboratorio		Cada 3 meses.	Resultado de ensayos.R45
				Det. De cont. De aire mediante presión	IRAM 1602-2	Laboratorio		Cada 3 meses.	Resultado de ensayos.R45
				Det. De tiempo de fraguado mediante penetración	IRAM 1662	Laboratorio		Cada 3 meses.	Resultado de ensayos.R45

Figura 5 Plan de control (parte del mismo a modo ilustrativo)

Conclusiones

Los elementos que apoyan la gestión de cualquier tipo de organización tienen que ser documentos que conlleven a lograr que las personas que forman parte de la organización tengan el respaldo de lo que “deben realizar” y cuales son los “resultados a alcanzar” para que la empresa logre sus objetivos y a la vez pueda demostrar que cumple con las reglamentaciones vigentes y logra la satisfacción de los clientes.

Si todo esto lleva a redactar un sin número de documentos difíciles de interpretar y de localizar, obviamente que no constituye una ayuda para el logro de la mejora, se transforma con el tiempo en una carga muy pesada que hace muy difícil su mantenimiento; y la utilidad de la misma pierde su cometido de obtener informaciones que permitan poner en marcha procesos de mejora de la organización.

Redactar la documentación de apoyo, hoy debe ser adecuada a los medios tecnológicos más simples y utilizados, lo planteado con el ejemplo del plan de control, es para que cualquier miembro de la organización pueda a través de su teléfono celular escanear el código QR y saber como se realiza un ensayo y donde se registra para obtener, posteriormente la información que alimente el tablero de indicadores.

Lo mostrado en la Figura 5 es solo un ejemplo de lo que se está elaborando para demostrar que para tener un sistema de gestión no hace falta redactar gran cantidad de documentos, que terminan en alguna carpeta guardada en algún cajón, de algún área que la hicieron responsable de que todo lo allí escrito alguna vez y...para que alguien la CUMPLA!. Todo lo contrario la idea es que, los procesos que más relación tienen a tareas operativas con aspectos e impactos considerables al medio ambiente y que puedan poner en riesgo la seguridad de las personas, estén documentadas en un mismo lugar pero de una manera más amigable y entendible.

Este trabajo de investigación pretende concluir con un Manual de buenas prácticas, que guíe las actividades esenciales para construir una gestión que responda a los lineamientos de normas internacionales y a las reglamentaciones vigentes, pero que pueda adaptarse a empresas del rubro de la Industria de la Construcción, donde la urgencia por una “producción más limpia” hoy no es una cuestión que sólo las grandes empresas puedan emprender, sino que con prácticas sencillas para cuidar el consumo de los recursos naturales, evitar la contaminación y gestionar los desechos podemos mejorar notablemente la contribución a la sociedad y al medio ambiente que nos rodea.

Referencias

Cristina García Cortés, “La hoja de Ruta de la Integración de Sistemas”, 2016, ENAIRE

Cristina Elena Abril Sánchez, “Manual para la integración de sistemas de gestión: calidad, medio ambiente”, 2006, FC Editorial

ISO 9004:2018: "Gestión de la calidad de una organización. Orientación para lograr el éxito sostenido"

ISO 9001:2015: "Sistemas de Gestión de la Calidad". Requisitos.

ISO 13315:2012: "Gestión ambiental del concreto y de las estructuras de concreto".

IRAM 1666:2020 "Hormigón Elaborado"

Proyecto Aptitud

Propuesta para los contenidos de una asignatura

Aptitude Project

Proposal for the contents of a subject

Edgardo Remo Benvenuto Pérez

Docente Jubilado de la Universidad Tecnológica Nacional. Argentina
remoben@hotmail.com

Jorge Luis Contreras Vidal

Docente de la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Cuba
jcontreras@uclv.cu

Resumen

El Proyecto Aptitud es una propuesta pedagógica para la selección, secuencia, calidad y cantidad de los contenidos de asignaturas de Ciencias Naturales, en especial de Física y Química. Un concepto fundamental es que los temas de Ciencias Naturales tienen una complejidad creciente que permiten un análisis lógico de la selección, secuencia, calidad y cantidad, además los contenidos se deben realizar con muchas precauciones para evitar desarrollar conocimientos que al avanzar en las disciplinas son contradictorios, incorrectos o invalidados por conocimientos omitidos. El criterio básico del trabajo es realizar la selección de los contenidos según las aptitudes evaluadas por un test de coeficiente intelectual. Aplicando la propuesta, se han confeccionado dos libros: Química Básica y Química Física Básica, los cuales se utilizan en Cuba para la formación de profesores en la carrera de Física, y que se encuentran en estos momentos en fase de publicación.

Palabras clave: aptitudes, coeficiente intelectual, contenidos.

Abstract

The Aptitude Project is a pedagogical proposal for the selection, sequence, quality and quantity of the contents of Natural Science subjects, especially Physics and Chemistry. A fundamental concept is that Natural Science subjects have an increasing complexity that allows a logical analysis of the selection, sequence, quality and quantity, besides the contents must be carried out with many precautions to avoid developing knowledge that when advancing in the disciplines are contradictory, incorrect or invalidated by omitted knowledge. The fundamental criterion of the work is to select the contents according to the aptitudes evaluated by an IQ test. Applying the proposal, two books have been prepared: Basic Chemistry and Basic Physical Chemistry, which are used in Cuba for teacher training the Physics career and are currently in the publication phase.

Keywords: skills, intelligence quotient, content.

Introducción

El trabajo es el resultado de una investigación pedagógica que básicamente analiza los contenidos de los programas oficiales y sus efectos en la enseñanza – aprendizaje. Los contenidos oficiales son, en general, caóticos, ilógicos y se omiten temas. Se propone el Proyecto Aptitud como propuesta para modificar esta situación.

Durante las actividades docentes de Física y Química en la Escuela Media y Universitario Inicial, tanto en Argentina como en Cuba, se detectan en los alumnos graves deficiencias en los conocimientos conceptuales. Una causa es la omisión de temas, los autores desarrollan el concepto en el libro *La Teoría de la Omisión y su impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física* y en la ponencia titulada *Teoría de la Omisión (TOMs): propuesta pedagógica para abordar temas*, presentada en el IX Congreso Internacional “Didácticas de las Ciencias”, celebrado en la Habana, Cuba. Ambos trabajos están indicados en las referencias

Lo anterior causa dificultades en el aprendizaje, creando muchas veces concepciones alternativas, muy difíciles luego de poder eliminar, las cuales conllevan a errores conceptuales muy graves en los alumnos y también en los docentes (Contreras et al., 2019). Si el qué enseñar (Pedagogía) es un rompecabezas con omisiones, el cómo (Didáctica) hacerlo es ineficiente y/o inútil. También en los libros, en general, la selección, secuencia, calidad y cantidad es ilógica, con errores y omisiones (Benvenuto et al., 2016). El Proyecto Aptitud evalúa aptitudes de las personas según un test de coeficiente intelectual, propone relaciones entre aptitudes y temas de distinta complejidad, y una selección, secuencia, calidad y cantidad de contenidos para una asignatura.

En el trabajo se aplica el Proyecto Aptitud a los contenidos de Química y Química - Física en la escuela media y universitario inicial. Los contenidos propuestos están desarrollados en dos libros: *Química Básica* y *Química Física Básica* de los autores de este trabajo, los cuales están próximos a ser publicados. Se reitera que el Proyecto Aptitud se debería aplicar a las asignaturas de Ciencia Naturales, sobre todo en los contenidos básicos.

Desarrollo

En internet hay varios test de coeficiente intelectual Coeficiente Intelectual (CI) con, por ejemplo, distinta cantidad y tipo de consignas. Hay test de Coeficiente Intelectual de pocas preguntas, por ejemplo, el Test CI - 123 de 10 preguntas.

Se adoptan los resultados del Test CI Internacional con 40 consignas. Se muestran en las Figuras 1, 2 y 3.

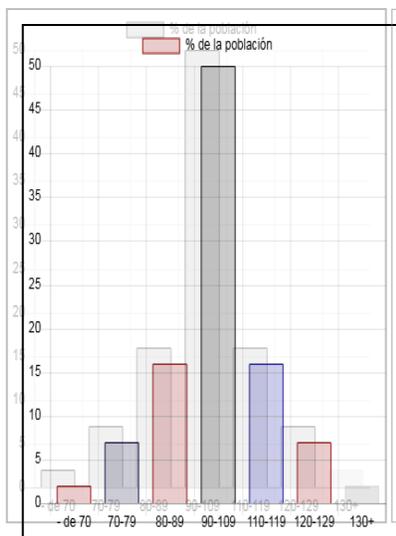


Figura 1

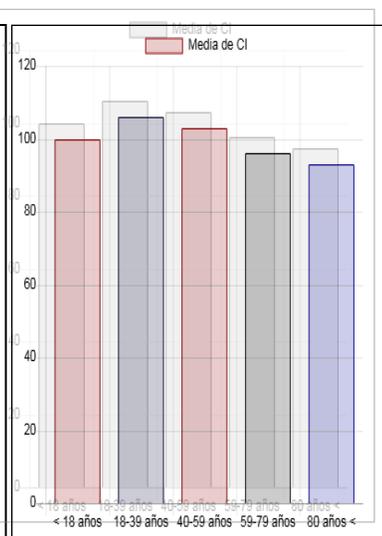


Figura 2

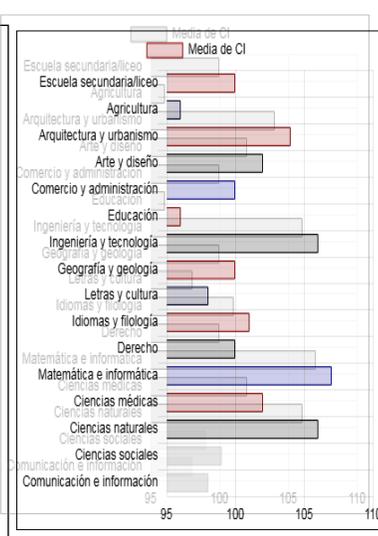


Figura 3

La Figura 1 tiene en la ordenada el porcentaje de personas y en la abscisa los valores de CI.

La figura 1 coincide y es coherente con el concepto subjetivo que el CI de las personas es muy distinto, abarcan un amplio rango y la distribución es gaussiana, el 50 % tiene un CI entre 90 y 109, el 25 % tiene CI menor y el 25 % tiene CI mayores. La expresión “capacidades diferentes” expresa el concepto.

Adoptando que el 50 % con CI entre 90 y 109 es la mayoría “normal”, es necesario realizar la selección, secuencia, calidad y cantidad de los contenidos que se evalúan pueden conocer, comprender y aplicar: se propone que son temas básicos no complejos y semicomplejos con herramientas matemáticas elementales. Los temas de las asignaturas de Ciencias Naturales se pueden analizar y justificar según este criterio para realizar la selección,

secuencia, calidad y cantidad de contenidos. Además del CI, se puede tener en cuenta según el caso, por ejemplo, el rango de edad, los objetivos del curso.

Se han confeccionado dos libros donde, según la propuesta del Proyecto Aptitud, se desarrolla la selección, secuencia, calidad y cantidad de contenidos de Química Básica y Química Física Básica.

Debido a su complejidad, el estudio de Química y Física se debe realizar con muchas precauciones para evitar desarrollar conocimientos que al avanzar en los temas son contradictorios, incorrectos o invalidados por conocimientos omitidos. Un concepto fundamental es que los temas de Química y Física tienen una complejidad creciente que permiten un análisis lógico de la selección, secuencia, calidad y cantidad. Se aplica el concepto del Rompecabezas para Comprender (RomCom), concepto con el cual trabajan los autores en este momento para ser publicado en breve. Este concepto se refiere a la construcción del conocimiento y fundamentalmente a la comprensión de temas de las Ciencias Naturales. Un rompecabezas tiene piezas separadas, su complejidad depende de la cantidad y calidad de las mismas. Las piezas separadas son análogas a los conocimientos sin relación aparente y eventualmente comprendidos, pero de manera desintegrada. Armar el rompecabezas es análogo a relacionar conocimientos separados y posiblemente comprendidos, al relacionarlos es muy probable que aumente la comprensión general y de otros conceptos (Contreras et al., 2020).

Si la selección, secuencia, calidad y cantidad en el desarrollo de un tema es ilógica y además hay omisiones, se encuentran muchas dificultades para armar el rompecabezas, o sea, comprenderlo. Según la calidad y cantidad de los conocimientos separados y las omisiones, armar el rompecabezas para comprender tiene muy distintas y diferentes dificultades. El RomCom está directamente relacionado con la Pedagogía (Qué): selección, secuencia, calidad y cantidad de contenidos. La Didáctica (Cómo) son los medios, formas, métodos, variables para el Qué. Si el "Qué" es un rompecabezas con omisiones, el "Cómo" es ineficiente y/o inútil. Otra aplicación del rompecabezas para comprender RomCom se refiere a la atomización del conocimiento e integración de las Ciencias Naturales (Contreras et al., 2020). Cualquier trabajo debe ser ético y resistir un análisis lógico.

La selección, secuencia, calidad y cantidad de contenidos, la TOMs y el RomCom son complementarios e imprescindibles.

Los libros anteriormente señalados son los siguientes.

El texto Química Básica (E. R. Benvenuto Pérez, J. L. Contreras Vidal) es la propuesta para el estudio inicial de Química y para la formación inicial de profesores, especialmente de Física y Química.

Los temas se desarrollan en forma sinóptica, se ha intentado resumirlos con claridad, pero teniendo en cuenta siempre la Teoría de la Omisión (VER Lecturas Complementarias Cap. 1: TOMs: propuesta pedagógica para abordar temas): desarrollar los temas y conceptos tratando que no sean invalidados, contradictorios o incoherentes con los omitidos. Se ha publicado un libro de la Teoría de la Omisión (TOMs) indicado en las referencias.

Un aspecto importante es la terminología usada, las definiciones y significado de los términos elegidos para los temas desarrollados. Se ha realizado al respecto el trabajo Delta Química ΔQ : una revisión de conceptos y terminología (VER Lecturas Complementarias Cap. 8). Es muy importante explicitar el significado de cada término, aspecto fundamental para la enseñanza - aprendizaje. En el texto se usa la terminología del trabajo Delta Q.

La información, secuencia y análisis histórico se consideran muy importantes.

Se incluyen Lecturas Complementarias con el objetivo de ampliar conocimientos y abordar distintos temas.

Se es consciente que la propuesta pedagógica es distinta a la que se presenta en los textos básicos de Química, pero se considera que la misma puede disminuir las dificultades en el estudio, conocimiento y comprensión de la Química.

El criterio de repetir temas o conceptos que se consideran fundamentales se basa en el criterio que la repetición se desarrolla en distintos contextos, con distinta profundidad, el objetivo es que se comprendan y asimilen correctamente.

Los temas seleccionados y la secuencia se indican a continuación:

1. Conocimientos básicos I; 2. Cuerpos y sustancias; 3. Estructura del átomo; 4. Estructura de los cuerpos; 5. Conocimientos básicos II; 6. Naturaleza de la materia; 7. Sustancias compuestas; 8. Fenómenos químicos clásicos.

* Los capítulos 1, 2, 3 y 4 contienen temas básicos y fundamentales cuyo conocimiento y comprensión se estiman imprescindibles para iniciar el estudio de las Ciencias Naturales, por ejemplo, cuerpos y sustancias, estructura de los cuerpos.

* Los capítulos 5, 6, 7 y 8 retoman temas anteriores, avanzan en su desarrollo y se inicia el estudio de otros temas básicos, por ejemplo, naturaleza de la materia, fenómenos químicos.

Los temas del texto se pueden llamar Química Clásica, incluye los primeros estudios científicos (experiencias cuantitativas) realizados, casi todos en el siglo XIX, que continúan siendo válidos y fundamentales.

Algunos temas se aplican y desarrollan en problemas de aplicación de distinta complejidad, considerando que son importantes para la comprensión de los temas.

Para los problemas de aplicación se presentan ejercicios propuestos, se señala que para su resolución se debe usar el Suplemento de Datos que se adjunta en el texto, y cualquier Tabla Periódica de los Elementos Químicos. Los enunciados están confeccionados con el criterio que es necesario usar información del Suplemento de Datos para su resolución, en los enunciados no se incluyen datos necesarios (constantes, equivalencias de unidades, etc.) los cuales se encuentran en el Suplemento de Datos que incluye leyes naturales y fórmulas con el objetivo que no memoricen las mismas, si no que conozca y comprenda su significado y aplicabilidad.

Se ha confeccionado una tabla periódica llamada Tabla PERB (CEE) de los Elementos Químicos con el modelo de capas electrones, confeccionada con un criterio pedagógico (VER Lecturas Complementaria Cap. 3: Propuesta Pedagógica para la Tabla Periódica de los Elementos Químicos).

El texto Química Física Básica (E. R. Benvenuto, J. L. Contreras Vidal) se ha realizado con el criterio de abordar y desarrollar temas que son fundamentales para el conocimiento, comprensión y aplicación de las Ciencias Naturales Química y Química - Física.

Los temas se desarrollan en forma sinóptica, se ha intentado resumirlos con claridad pero teniendo en cuenta siempre la Teoría de la Omisión: desarrollar los temas y conceptos tratando que no sean invalidados, contradictorios o incoherentes con los omitidos. La selección, secuencia, calidad y cantidad de contenidos de los temas es fundamental y se ha realizado después de un análisis crítico, no repitiendo esquemas conocidos e intentando aplicar una Lógica Químico - Física que disminuya las dificultades en su conocimiento y comprensión, por ejemplo:

* desarrollar primero los fenómenos precursores de la Ciencia Moderna imprescindibles para una comprensión elemental del tema.

* desarrollar los modelos de estructura electrónica por separado, según su complejidad, primero el modelo de electrones en capas (menos complejo) y luego el modelo en orbitales atómicos.

* analizar la Tabla Periódica de los Elementos Químicos (EQ) aplicando los dos modelos anteriores: constitución de electrones en capas o en orbitales.

* confeccionar Tablas Periódicas de los Elementos Químicos con un criterio pedagógico y coherente con conceptos químicos: Tablas PERB de los EQ. Se confeccionaron dos Tablas PERB: en Capas de Electrones Exteriores CEE y en Envolturas Electrónicas en Orbitales EEO.

* analizar propiedades periódicas de los EQ mediante figuras (gráficas PERB).

* estudiar los modelos de uniones entre partículas (UP) destacando la diferencia entre uniones entre átomos (UA) o uniones entre moléculas (UM) y su relación con la formación moléculas poliatómicas y de cuerpos formados por moléculas monoatómicas o poliatómicas o iones o átomos.

* desarrollar sistemas macroscópicos, cuerpos gas, vapor, líquido y sólido.

* abordar el equilibrio químico antes (o simultáneamente) que cualquier tema que incluya fenómenos químicos comunes o clásicos reversibles.

* desarrollar los temas equilibrio químico y cinética química en capítulos separados.

* abordar los temas la Electroquímica y Termoquímica con muchas precauciones.

Cuanto más complejo es el tema, más probable es que al abordarlo se presente la Teoría de la Omisión (TOMs), o sea que los conceptos desarrollados sean incorrectos o incoherentes con los omitidos, por ejemplo, en general hay omisiones en los temas constitución electrónica, equilibrio químico, ácidos y bases, cinética química, energía (trabajo y calor), electroquímica. También hay ejemplos en temas elementales: ley de Lavoisier, molécula, masa atómica y número de masa. Estos y otros ejemplos están desarrollados en el trabajo Teoría de la Omisión.

Se es consciente que la propuesta es distinta, en general, a la que se presentan en los textos de Química Física, pero se considera que la misma puede disminuir las dificultades en el conocimiento y comprensión de los temas.

Los temas seleccionados y la secuencia elegida se indican a continuación:

* *Capítulo 1. Estructura de la materia:* los modelos de la estructura del átomo son fundamentales y se propusieron durante el siglo XX. Se desarrollan los dos modelos de estructura electrónica: en capas o en orbitales.

* *Capítulo 2. Clasificación periódica. Propiedades periódicas:* tema fundamental para las Ciencias Naturales, se analiza la Tabla Periódica de los EQ con los dos modelos electrónicos: en capas o en orbitales. También se analizan con los dos modelos varias propiedades periódicas. El conocimiento de la estructura electrónica permite un avance significativo en justificar el comportamiento químico periódico de los elementos químicos. Se han confeccionado dos Tablas Periódicas con un criterio pedagógico, una con el modelo de capas y otra con el de orbitales.

* *Capítulo 3. Sustancias y cuerpos. Uniones entre partículas (UP):* es fundamental la clasificación de sustancias y de fenómenos químicos. El conocimiento de la estructura electrónica de los átomos permite un avance significativo en justificar algunas causas de las uniones entre átomos (UA), entre moléculas (UM) y en la formación de cuerpos líquidos y sólidos (“la Física de los electrones exteriores del átomo “explica” los fenómenos químicos clásicos”).

* *Capítulo 4. Sistemas macroscópicos:* se describen propiedades y características de los cuerpos gas, vapor, líquido y sólido, sistemas formados por miles de millones de partículas (macroscópicos). El tema estado gas es clásico en los textos de Química General, es un tema de Física, pero está relacionado con la Química.

* *Capítulo 5. Las disoluciones:* muchos sistemas comunes e importantes donde se producen fenómenos químicos comunes o clásicos reversibles ocurren en disoluciones acuosas (ac). Las (ac) no son mezclas, hay fenómenos químicos clásicos (combinaciones). El tema está muy relacionado con el capítulo 6: equilibrio químico.

* *Capítulo 6. Equilibrio químico:* tema fundamental e imprescindible para avanzar en el conocimiento y comprensión de los fenómenos químicos comunes o clásicos reversibles. Presenta dificultades para su estudio, es complejo y fácilmente se introducen conceptos incorrectos. Este capítulo contiene otro tema complejo: comportamiento químico ácido o básico. En ambos es muy común la Teoría de la Omisión TOMs.

* *Capítulo 7. Cinética química:* tema muy complejo e importante para los fenómenos químicos. Tiene características análogas al capítulo 6, es común desarrollar conceptos erróneos y omisiones (TOMs).

* *Capítulo 8. La química y la electricidad:* típico tema físico-químico porque es necesario un conocimiento básico de Física Eléctrica para estudiar fenómenos químicos clásicos en donde se producen reacciones de oxidación y reducción (redox) con intercambio de electrones. Se estudian dos sistemas: campos eléctricos (fuentes de energía) sin intensidad de corriente: pilas químicas ($I = 0$) y fenómenos químicos clásicos redox con flujo de electrones: electrólisis ($I \neq 0$).

* *Capítulo 9. La química y la energía:* el concepto de energía E es un tema fundamental para las Ciencias Naturales, interviene en los fenómenos químicos clásicos, es imprescindible su conocimiento y comprensión. Igualmente que en otros temas, es complejo. Se desarrollan conceptos básicos de los principios 1ro. y 2do. de la Termodinámica.

Se proponen problemas de aplicación de distinta complejidad con un criterio que exige el uso del Suplemento de Datos para su resolución. Los problemas son imprescindibles para la comprensión de conceptos.

Para los problemas de aplicación se presentan ejercicios propuestos, se señala que para su resolución se debe usar el Suplemento de Datos que se adjunta en el texto, y cualquier Tabla Periódica de los Elementos Químicos. Los enunciados están confeccionados con el criterio que es necesario usar información del Suplemento de Datos para su resolución, en los enunciados no se incluyen datos necesarios (constantes, equivalencias de unidades, etc.) los cuales se encuentran en el Suplemento de Datos que incluye leyes naturales y fórmulas con el objetivo que no memoricen las mismas, si no que conozca y comprenda su significado y aplicabilidad.

Se han confeccionado con un criterio pedagógico dos tablas periódicas llamadas Tablas PERB de los Elementos Químicos: una (CEE) con el modelo de capas electrónicas y otra (OAP) con el modelo electrónico de orbitales atómicos. (VER Cap 2). Ambas están publicadas en cartulina

Conclusiones

El Proyecto Aptitud propone y justifica que es imprescindible realizar una selección, secuencia, calidad y cantidad de contenidos de las asignaturas de Ciencias Naturales según aptitudes. En general, los contenidos oficiales y los

textos que se usan son ilógicos, con errores y omisiones. Es absurdo y no resiste ningún análisis que, en general, los contenidos en la escuela media (y en los libros) incluyan, por ejemplo, el modelo de orbitales, cinética química, termodinámica. El alumno no comprende, por ejemplo, física básica, porcentaje, densidad, algebra elemental pero se desarrollan orbitales !!??., en general los conceptos que tienen son erróneos.

Los libros presentados en el trabajo muestran una propuesta con un análisis y argumentos para la selección, secuencia, calidad y cantidad de contenidos de Química y Química Física. Ambos libros se encuentran en el Repositorio Institucional Abierto RIA, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional San Francisco.

Se sugiere proponer una selección, secuencia, calidad y cantidad en Física, fundamental para las Ciencias Naturales.

Se reitera que en la enseñanza-aprendizaje de las Ciencia Naturales es imprescindible la selección, secuencia, calidad y cantidad de los contenidos de las asignaturas (Pedagogía – Qué) porque es posible realizar un análisis lógico, mientras que la Didáctica (Cómo) es muy variable, depende de condiciones y situaciones muy distintas de cada alumno que al ser distintos (capacidades diferentes) el Cómo es muy distinto.

Referencias

Benvenuto Pérez E.R; García J.R; Contreras Vidal J.L. (2016). Teoría de la Omisión (TOMs): propuesta para abordar temas”, IX Congreso Internacional “Didácticas de las Ciencias”, La Habana, Cuba.

Benvenuto Pérez, E. R; Contreras Vidal J. L. (2020), Química Básica, Repositorio Institucional Abierto RIA, Universidad Tecnológica Nacional Fac. Reg. San Francisco, Argentina.

Benvenuto Pérez, E.R; Contreras Vidal J.L. (2020), Química Física Básica, Repositorio Institucional Abierto RIA, Universidad Tecnológica Nacional Fac. Reg. San Francisco, Argentina.

Contreras Vidal, J.L; Benvenuto Pérez; E.R; Sifredo Barrios, C; Rivero Pérez, H.R; Pedraza González, X. (2019). La Teoría de la Omisión y su impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física. ISBN: 978-959-7225-42-3 Editorial Académica Universitaria (Edacun) Universidad de Las Tunas, Cuba.

Contreras Vidal, J.L; Pérez Paz, M.O; López Villavicencio, V.L. (2020). Las Ciencias Naturales desde las Tareas Docentes Integradoras. Editorial Académica Española. ISBN: 978-620-0-02913-3

Simulación preliminar del flujo de agua subterránea del acuífero freático en la cuenca del Arroyo Cululú, Santa Fe (Argentina)

Preliminary simulation of Groundwater flow of the phreatic aquifer in the Cululú stream Basin, Santa Fe (Argentina)

Natalia Ramos

Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Rafaela, Santa Fe, Argentina
Ramos.nataliab@gmail.com

Joan Franzen

Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Rafaela, Santa Fe, Argentina
Joanfranzen2@gmail.com

Andrés Capelino

Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Rafaela, Santa Fe, Argentina
andrescapelino@gmail.com

Juan Nittmann

Grupo de Investigación en Aplicaciones de Métodos Numéricos en Ciencia e Ingeniería (GIAMNCI)
Universidad Tecnológica Nacional- Facultad Regional Rafaela, Santa Fe, Argentina
juannittmann@hotmail.com

Resumen

La región sur de Sudamérica ha sido afectada por eventos climáticos extremos, aumentando el riesgo de inundaciones. El estudio de la problemática hídrica merece un abordaje profundo para evitar desastres naturales futuros. El enfoque de análisis y solución del problema se debe abordar desde el estudio de sistemas, donde la cuantificación numérica de los procesos hidrológicos adquiere mayor relevancia.

El área de estudio comprende la cuenca del arroyo Cululú con una superficie de 9500 km², registros de precipitaciones anuales crecientes y una relación precipitación-recarga de acuífero freático que es de principal interés para entender el funcionamiento hidráulico y establecer medidas de acción ante distintos escenarios climáticos. La metodología utilizada en este trabajo comprende la elaboración de un modelo conceptual hidrogeológico y su validación mediante la simulación numérica utilizando VISUAL MODFLOW. El modelo fue calibrado en estado estacionario y muestra que el flujo de agua subterránea es condicionado por la recarga.

Palabras claves: hidrogeología, simulación, acuífero, Arroyo Cululú, VISUAL MODFLOW

Abstract

The southern region of the South American continent has been affected by extreme weather events increasing the risk of floods. The study of water problems is a current challenge that deserves an in-depth approach to avoid future natural disasters. The

analysis and problem solving approach must be approached from the study of systems, where the numerical quantification of hydrological processes acquires greater relevance.

The study area includes the Cululú stream basin with a surface area of 9500 km², annual precipitation records with an increasing trend and a precipitation-recharge relationship of the phreatic aquifer which is the main interest to understand the hydraulic operation and establish action measures before different climate scenarios. The methodology used for the development of the work comprises the elaboration of a hydrogeological conceptual model and its validation through numerical simulation using VISUAL MODFLOW. The model was calibrated in steady state and shows that groundwater flow is conditioned by recharge.

Keywords: hydrogeology, simulation, aquifer, Cululú stream, VISUAL MODFLOW

Introducción

Las consecuencias de la variabilidad climática como resultado de cambios en eventos extremos ha significado pérdidas económicas y sociales muy significativas, en especial, cuando la precipitación es la variable que interviene directamente generando dramáticos acontecimientos como es el caso de inundaciones en áreas urbanas y rurales (Grimm y Tedeschi, 2009). Según los datos presentados en Giorgi (2002), el sur de América del Sur mostró un aumento de la precipitación del 14% durante el período 1901-1998 (98 años). Este es el mayor incremento de todas las regiones subcontinentales. Otros estudios también muestran una tendencia creciente de precipitaciones en la Cuenca del Plata para el período 1977-2006 (Forte Lay et al., 2008). Castañeda y Barros (1994) mencionan que la precipitación anual al este de los Andes, entre los paralelos 22°S y 45°S, se incrementó en la segunda mitad del siglo XX, siendo en algunos sitios superior al 30%. Marengo et al. (2009) realizaron una predicción climática para América del Sur y sus resultados indican un aumento en los eventos de precipitación extrema para el período 2071-2100 en comparación con la situación actual. Esta condición climática pronosticada aumentaría el riesgo de futuras inundaciones, lo que generaría enormes pérdidas económicas. Las consecuencias de la variabilidad climática en la cuenca del Plata, de la cual forma parte la Cuenca de Cululú, se hicieron evidentes durante los años 2003 y 2004. En el año 2003, las consecuencias socioeconómicas de los eventos hidrológicos extremos se hicieron notorios en la provincia de Santa Fe catalogándose como la peor catástrofe ambiental de la Argentina de las últimas décadas. Un aumento repentino de 4 m del río Salado, cerca de la ciudad de Santa Fe, provocó la inundación de partes de la ciudad donde 120000 personas fueron desplazadas de sus casas y como resultado directo 23 personas murieron (Ferreira, 2006). La inundación fue causada por un evento de precipitación extrema que tuvo lugar en la parte sur de la cuenca del río Salado que se encuentra en la provincia de Santa Fe y en donde el sistema hidrográfico de descarga más representativo es la cuenca del arroyo Cululú (Giampeieri et al., 2004). La cuenca del arroyo Cululú, con una superficie aproximada de 9500 km², una amplitud de 130 km en sentido Este-Oeste y de 100 km en sentido Norte-Sur, es parte de la cuenca del río Salado de Santa Fe y, por lo tanto, una subcuenca que puede desempeñar un papel importante en eventos hidrológicos en el futuro. Gran parte del territorio de la Provincia de Santa Fe se desarrolla en un ambiente geomorfológico típico de llanura donde existe un escaso relieve lo cual condiciona la casi inexistencia de una red de drenaje definida y organizada en donde la amplitud y frecuencia de los cambios climáticos ocurridos están manifiestas en el registro sedimentario desarrollado durante el período Cuaternario (Krohling y Brunetto, 2013). La cuenca del arroyo Cululú es la mayor de las subcuencas que componen la cuenca fluvial del Salado. Su morfología está controlada por lineamientos tectónicos y con un área plana de pendiente general muy suave hacia el este con principal desarrollo de una red de afluentes sobre la margen derecha con cañadas subparalelas que hacia el este se integran a la red fluvial (Iriondo, 2012; Krohling y Brunetto, 2013). Geológicamente, la disposición estratigráfica, ordenada en el sentido de las edades crecientes muestra en la culminación de la columna a los sedimentos pampeanos (acuífero Pampeano), depósitos cuaternarios (Pleistoceno) de origen eólico y fluvial constituidos por loess y limo loessoides con CaCO₃ concrecional que en su sección superior contiene a la capa freática, mientras que la base es un estrato limo arcilloso de que se comporta como acuitado, y es límite con la formación Puelche (acuífero Puelche), de origen fluvial, formada por arenas amarillentas cuarzosas de grano fino a mediano correspondientes al período transicional Neógeno-Cuaternario (Pleistoceno Inferior-Plioceno) (Auge, 2004). El paquete sedimentario conformado por el acuífero Pampeano y Puelche se denomina hidrogeológicamente como sección epiparaniana y es el portador de aprovisionamiento de agua subterránea en todo el territorio de la provincia de Santa Fe (Fili y Tuchneider, 1977). El área de estudio se encuentra en su mayor parte en la Provincia de Santa Fe. Es parte de la región Chaco Pampeana y de la Cuenca del Río de la Plata. Como se describió anteriormente, el clima en esta región ha cambiado en las últimas décadas. Esto también ha afectado las descargas de los ríos y los niveles freáticos en la región alrededor de la cuenca de Cululú. Los niveles freáticos promedio anuales aumentaron 9 m en tres décadas y el aumento del módulo anual del nivel del agua del río Salado en un 100% desde los años 70 en la Ruta Provincial 70, Provincia de Santa Fe (Ferreira y Rodríguez, 2005). Conocer la profundidad del nivel freático y su relación ante variaciones provocadas por eventos climáticos extremos es muy importante a la hora de planificar estrategias eficaces en el manejo de recursos hídricos y, de esta manera, mitigar el riesgo de inundaciones evitando pérdidas socioeconómicas importantes (Ferreira et. al., 2012). Para obtener una visión del impacto del cambio

climático en los procesos hidrológicos y, por lo tanto, en el comportamiento de los acuíferos, se pueden utilizar modelos matemáticos. Estos modelos pueden proporcionar una visión rápida del comportamiento espacial y temporal de un sistema usando diferentes escenarios climáticos como entrada, lo que resulta en predicciones para el comportamiento de los sistemas en escenarios futuros (Wang y Anderson, 1982).

Metodología

Este trabajo comprende dos actividades principales, elaboración del modelo conceptual del funcionamiento hidráulico y simulación numérica del flujo de agua subterránea del acuífero freático de la cuenca del arroyo Cululú. A continuación, se detalla la metodología seguida en cada una.

1-Elaboración del modelo conceptual: se siguió una metodología clásica adaptada de Bredehoft (2005) y Betancur et al. (2012), que comprendió el desarrollo de las siguientes actividades durante el periodo marzo-noviembre del año 2019: a) Recopilación y análisis de información bibliográfica. Recopilación de información meteorológica, piezométrica, hidrométrica, hidroquímica y geológica. b) Muestreo de pozos y cuerpos de agua superficial. Se realizaron campañas de reconocimiento y muestreo de pozos del acuífero Pampeano. En cada lugar de muestreo se midieron algunos o todos los parámetros siguientes: nivel estático, altura hidrométrica, pH, conductividad, temperatura del agua y del aire. Se extrajeron muestras de agua para la determinación de iones mayoritarios. Las salidas de campo fueron realizadas en colaboración con becarios e investigadores afectados al proyecto. Se evaluaron lugares adecuados para la instalación de freáticos para establecer una red homogénea de medición de niveles. c) Sistematización, procesamiento y análisis de la información. Se elaboró una base de datos geoespacial vinculada con información hidrométrica, meteorológica, topográfica, geológica, freática e hidroquímica con el objeto de generar mapas específicos, como así también la estimación de la recarga. e) Integración de la información. Mediante la integración de la información sistematizada se generó el modelo conceptual de funcionamiento hidráulico del acuífero freático en el área de estudio formulando distintas hipótesis de funcionamiento.

Los valores utilizados para calcular la freaticimetría observada en la Figura 1 son datos propios y complementados por los utilizados en Nittmann (2014).

2-Simulación del flujo de agua subterránea: a modo de referencia se siguió para la elaboración de ciertas tareas el marco metodológico general propuesto por Anderson y Woessner (1992). En primer lugar, sobre la base del modelo conceptual hidrogeológico, se simuló numéricamente el flujo subterráneo mediante el código MODFLOW (McDonald y Harbaugh, 1988). MODFLOW resuelve la ecuación de flujo subterráneo mediante el método de Diferencias Finitas, con el soporte de la interfaz visual del software VISUAL MODFLOW (WaterloHydrogeologicInc). Esta interfaz permite facilitar al usuario integrar todos los elementos del modelo conceptual necesarios para una buena interpretación, permitiendo la organización de la información en elementos del territorio simulado como el contraste entre diversas hipótesis de trabajo. El programa permite importar archivos en formato Shapefile para la definición y construcción de las diferentes componentes de la estructura del modelo (dominio de modelación, zonificación de la recarga, conductividad hidráulica, explotación, recursos superficiales y condiciones de borde representados en el modelo). Luego se realizó un análisis completo de los resultados de las simulaciones comparando los distintos balances de masa.

Resultados

Los resultados obtenidos son preliminares, ya que se están monitoreando los cuerpos de agua para complementar la información freaticométrica mostrada en la Figura 1.

El modelo numérico fue desarrollado de acuerdo a los parámetros presentados en la Tabla 1, donde los valores coinciden con los propuestos por Tascón y Márquez (2021).

Tabla 1 - Estructura del Modelo

Denominación	Valor	Unidad
Número de celdas	10000	N°
Tamaño de celda	1	km ²
Condición de borde noroeste	100	M
Condición de borde suroeste	105	M
Condición de borde este	25	M
Conductividad Hidráulica	2,5	m/d
Recarga	58	mm/año

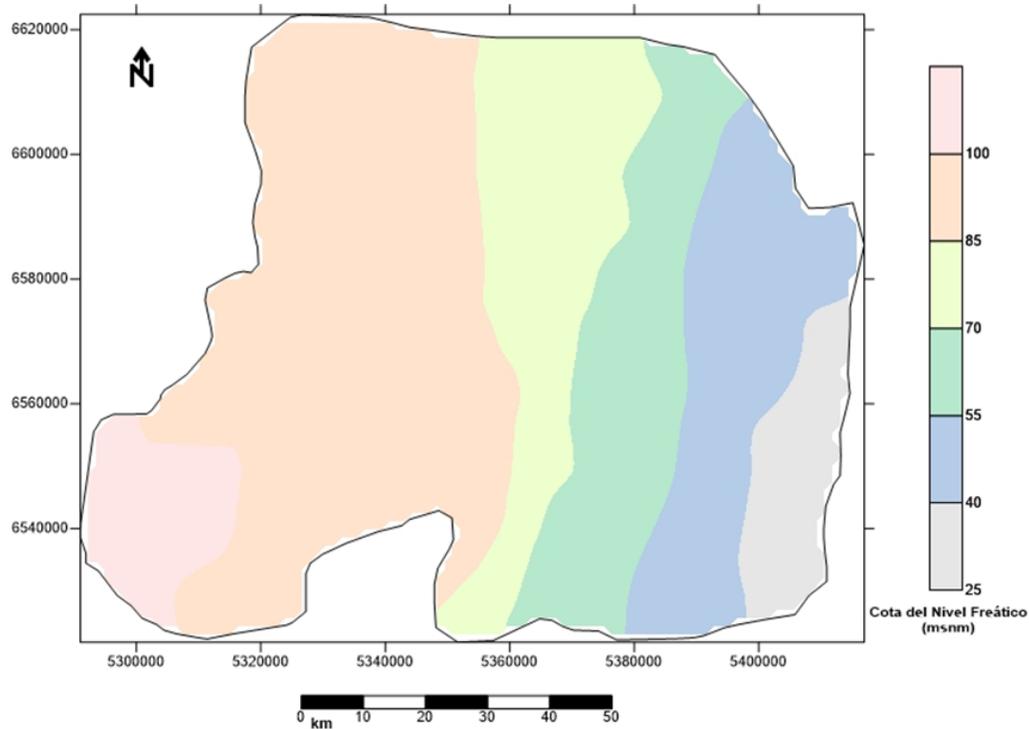


Figura 1 - Freaticimetría observada

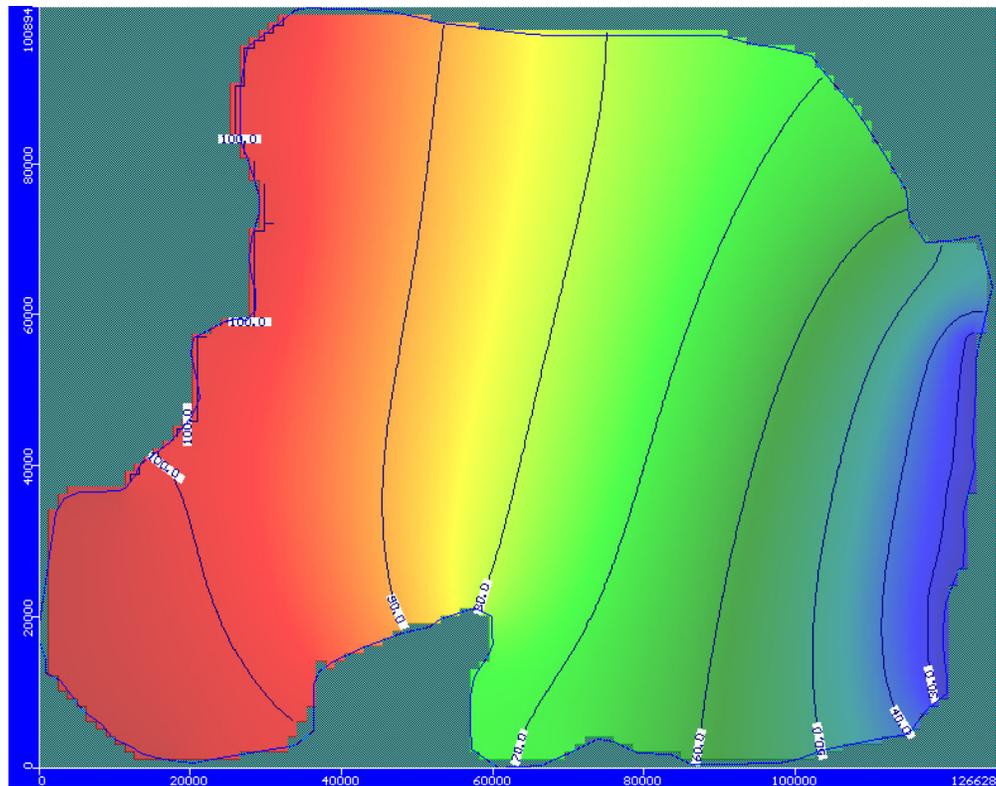


Figura 2 – Freaticimetría calculada

Conclusiones

El área es muy extensa para generar un modelo global con la escasa disponibilidad de datos existente, por lo que se debería analizar la posibilidad de generar modelos locales para estimar con mayor precisión los parámetros geohidráulicos adecuados para el modelo global. Cabe mencionar que algunos ya se están llevando a cabo en la ciudad de Rafaela.

El patrón de flujo de agua subterránea obtenido en el modelo presentado en el mapa freaticimétrico es en sentido oeste – este correspondiéndose con los resultados obtenidos en el modelo conceptual y numérico local de Rafaela.

Por otra parte, se debería complementar la información con la hidrogeoquímica a los efectos de poder estimar con mayor precisión la ubicación de las áreas de recarga (regional y local), descarga (regional) y condiciones de borde del modelo. Asimismo, se correspondería realizar una campaña de reconocimiento, ubicación y medición de freaticímetros y luego una tarea de medición con una ventana temporal adecuada. Dichas operaciones, junto con la elaboración del modelo numérico, fueron postergadas por pandemia. Por lo tanto, se muestran resultados preliminares del Proyecto en ejecución.

De acuerdo a los resultados, se puede concluir que los parámetros utilizados en el modelo numérico permiten reproducir aceptablemente el patrón freaticimétrico. Sin embargo, la información debe ser tomada como preliminar ya que se necesita incluir la hidroquímica y los cuerpos de agua para ver la interacción río acuífero en el sistema y poder estimar los balances de masa con mayor precisión. Debido a la pandemia, lo mencionado anteriormente se postergó y actualmente se están retomando las actividades.

Referencias

- Anderson M. P., Woessner W. W. 1992. Applied groundwater modeling - simulation of flow and advective transport. Academic Press. 381 pp.
- Auge M. P. 2004. Hidrogeología Ambiental. Servicio Geológico y Minero Argentino. Dirección de Geología Ambiental y Aplicada. SEGEMAR. 131 pp.

- Betancur T., Palacio C. A., Escobar F. J. 2012. Conceptual models in hydrogeology, methodology and results. En: Kazemi G. 2012. Hydrogeology a global perspective. InTECH. 231 pp.
- Bredehoeft J. 2005. The conceptualization model problem - surprise. Hydrogeology Journal. 13:37-46pp.
- Castañeda M. E., Barros V. 1994. Las tendencias de la precipitación en el Cono Sur de América al este de los Andes. Meteorologica. (19): 23-32 pp.
- Ferreira G. 2006. Sistema de alerta hidrológico de la cuenca del Río Salado, provincia de Santa Fe, Argentina: avances en su implementación. Climate Variability and Change—Hydrological Impacts. IAHS Pub. 175-179 pp.
- Ferreira G., Marizza M., Rodríguez L. 2012. Utilización de información procedente de teledetección para el análisis de sistemas subterráneos. Aqua-LAC. (4): 9-18 pp.
- Ferreira G., Rodríguez L. 2005. Uso de niveles freáticos para la caracterización de la recarga/descarga. XX Congreso Nacional del Agua. Mendoza. Argentina. 12 pp.
- Fili M. P., Tujchneider O. C. 1977. Características geohidrológicas regionales del subsuelo de la Provincia de Santa Fe (Argentina). Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral. 8:105-113 pp.
- Forte Lay J., Scarpati O., Capriolo A. 2008. Precipitation variability and soil water content in Pampean Flatlands (Argentina). Geofísica Internacional. 47(4). 341-354 pp.
- Giampieri R. C., Rodriguez L., Vionnet C. A. 2004. Estudio del desborde del Río Salado sobre la ciudad de Santa Fe, Argentina, Abril 2003. Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 4(1): 1-18 pp.
- Giorgi, F. 2002. Variability and trends of sub-continental scale surface climate in the twentieth century. Part I: Observations. Climate Dynamics. 18: 675-691 pp.
- Grimm A. M., Tedeschi R. G. 2009. ENSO and Extreme Rainfall Events in South America. Journal of Climate. (22): 1589-1609 pp.
- Iriondo M. H. 2012. Aguas subterráneas y superficiales de la Provincia de Santa Fe. Museo de Ciencias Naturales Florentino Ameghino. 290 pp.
- Krohling D., Brunetto E. 2013. Marco geológico y geomorfología de la cuenca del Arroyo Cululú. En: Bases conceptuales y metodológicas para el ordenamiento territorial en el medio rural. Libroclíc Ediciones. 485-512 pp.
- Marengo, J. A., Jones R., Alves R. M., Valverde M. C. 2009. Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. International Journal of Climatology. (29) 2241-2255 pp.
- McDonald M. G., Harbaugh A. W. 1988. MODFLOW, A modular three dimensional finite difference ground water flow model. U. S. Geological Survey Report. 588 pp.

- Nittmann J. 2014. Simulación del flujo y transporte de la edad del agua subterránea en el Sistema Acuífero Guaraní (SAG). Tesis Doctoral. Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas. Universidad Nacional del Litoral. 201 pp.
- Tascón L., Márquez M. 2021. Simulación numérica del flujo de agua subterránea del acuífero Pampeño en la Ciudad de Rafaela, Santa Fe (Argentina). Tesis de Grado. UTN-Facultad Regional Rafaela (Inédita). 189 pp.
- Wang H. F., Anderson M. P. 1982. Introduction to groundwater modeling: Finite Difference and Finite Element Method. Freeman and Company. 237 pp.

Subestación en IEC 61850 para una micro-red con recursos energéticos distribuidos. Parte I: construcción de la infraestructura

Substation in IEC 61850 for a micro-grid with distributed energy resources. Part I: construction of the infrastructure

Kevin BASILIO

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe - Argentina
tomass_07@hotmail.com

Franco VERÓN LAGGER

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe - Argentina
franco1020@hotmail.com.ar

Irene STEINMANN

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe - Argentina
isteinmann@frsf.utn.edu.ar

Andrés ZOTTICO

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe - Argentina
azottico@frsf.utn.edu.ar

Resumen

En el presente trabajo, se pretende proyectar la infraestructura necesaria para confeccionar una subestación inteligente (Micro-red), cuyo funcionamiento sea bajo los lineamientos de la Norma IEC 61850. Tendrá características similares a las existentes en los sistemas de distribución y transmisión, pero a escala de laboratorio, implementando Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IEDs) y elementos de baja tensión (BT). Su concreción, tendrá como finalidad la realización de prácticas de laboratorio y capacitaciones académicas. También es posible su utilización, para la interconexión de Recursos Energéticos Distribuidos (DERs) disponibles dentro de la facultad, en caso de ser requerido. En un segundo trabajo (Basilio, 2021), que complementa y da continuación al presente, se desarrolla la programación de los IEDs, mediante un software específico para IEC 61850.

Palabras claves: IEC 61850, IED, Micro-red, Subestación y Recursos Energéticos Distribuidos (DERs).

Abstract

The present work aims to project the infrastructure necessary to make an intelligent substation (Micro-grid), whose operation is under the guidelines of the IEC 61850 standard. It will have characteristics similar to those existing in distribution and transmission systems, but on a laboratory scale, implementing Intelligent Electronic Devices (IEDs) and low voltage elements (LV). Its purpose will be to carry out laboratory practices and academic training. It is also possible to use it for the interconnection of Distributed Energy Resources (DERs) available within the faculty, if required. In a second work (Basilio, 2021), which complements and continues the present one, the programming of the IEDs is developed, using specific software for IEC 61850.

Keywords: IEC 61850, IED, Micro-grid, Substation and Distributed Energy Resources (DERs).

Introducción

La utilización excesiva de combustibles basados en recursos no renovables como lo es la gasolina, el diésel, el carbón y el gas, ocasionaron que las reservas naturales se hayan agotado de manera drástica. Actualmente, la humanidad está encontrando nuevas formas de utilizar los recursos renovables para satisfacer las demandas de energía (Rohini et al, 2018:1). Una de estas, es la inserción masiva de DERs, como es el caso de los paneles fotovoltaicos o los molinos eólicos.

Los DERs pueden formar parte de micro-redes inteligentes, teniendo esto como ventaja la capacidad de comunicación entre los diferentes dispositivos que las componen, intercambiando información que permite construir redes más seguras y eficientes (Lopes Yona et al, 2012:4), en donde, además de abastecer la demanda local, se vinculen con el sistema eléctrico a diferentes escalas.

La comunicación necesaria viene dada por la implementación de la norma IEC 61850, destacándose, entre muchas de sus prestaciones, la intercambiabilidad e interoperabilidad de los equipos de diferentes fabricantes, como es el caso de los IEDs. Se obtiene además una alta transferencia de datos, y proporciona una gestión sólida en el sistema de automatización de estaciones (M. Vadiati et al, 2008:1).

Es por ello que, aprovechando las prestaciones de los IEDs bajo esta norma de comunicación, se conforma una micro-red sencilla a escala de laboratorio, en la cual en uno de sus campos se dispone de un DER. Con esto se podrá alimentar una carga y a su vez la posibilidad de operar de forma paralela con la red eléctrica con capacidad de sincronización.

Criterios de diseño

Los criterios de diseño que han sido adoptados para el presente trabajo, son aquellos que comúnmente admiten empresas prestadoras de servicio eléctrico (“Utilities”) para el diseño de sus estaciones:

- Desconexión y corte visible o efectivo.
- Enclavamiento, bloqueo y señalización.
- Comprobación de ausencia de tensión.
- Puesta a tierra y en cortocircuito.

Con motivo de obtener un sistema didáctico, simple y con fines académicos, se realiza con equipamientos y elementos de BT. En este sentido se han empleado contactores, los cuales simulan a los interruptores; y

transformadores de medida, que esquematizan la función de los transformadores de intensidad (TI) y de tensión (TV) de una subestación.

Descripción del sistema

La micro-red está constituida por tres (3) entradas/salidas o comúnmente llamados “campos”, los cuales eventualmente pueden ser conectados a una barra común, constituyendo una configuración de “Simple Barra” (Figura 1). Cada uno de los campos posee un interruptor, TVs, TIs y un IED que permite el control, registro (perturbaciones, eventos, oscilografías), medición y protección de dicho campo. Cabe mencionar, que si bien comúnmente pueden existir cuatro niveles de comando disponibles, para esta instancia del proyecto se ha simulado el comando desde lo que se conoce como el “Nivel 0” (de playa) y desde el “Nivel 1” (desde gabinete de PyM en kiosco/sala de control).

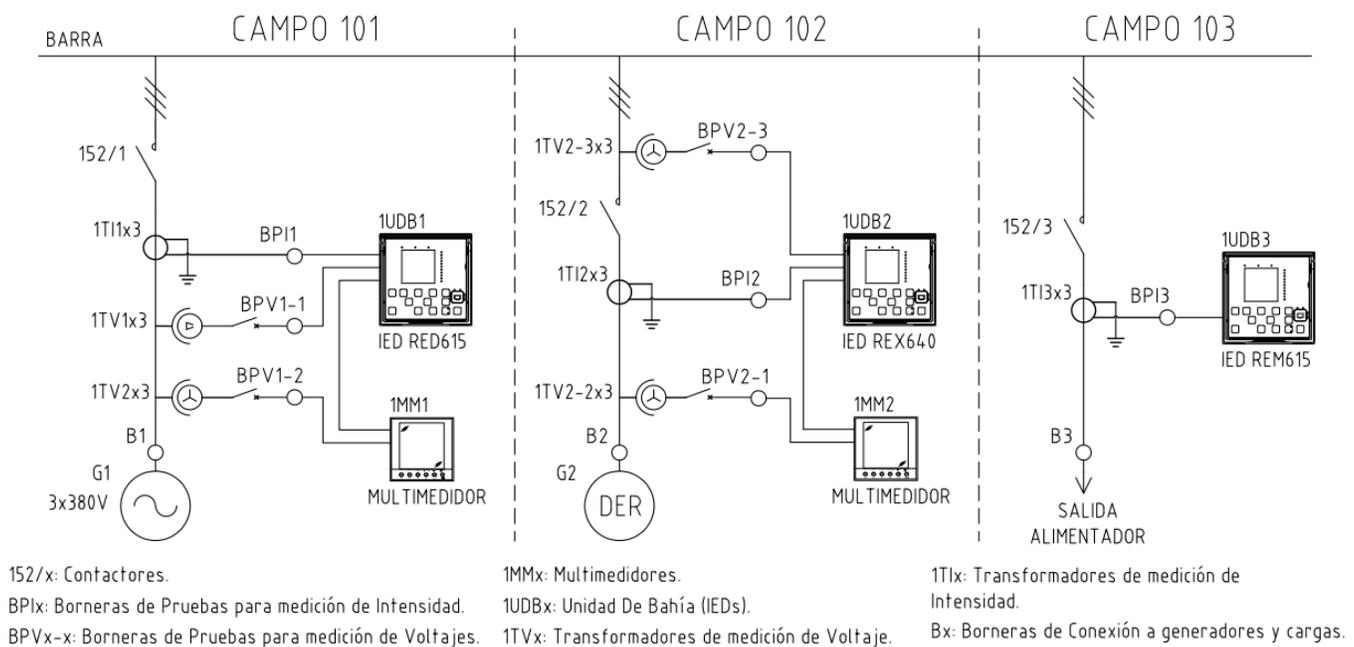


Figura 1. Diagrama unifilar.

Primer campo: campo 101

En este se ubica la primera fuente de energía representada con el generador “G1”. Dicha fuente será la red de suministro eléctrico de BT, aunque en un futuro podría sustituirse por un segundo DER. Su acoplamiento a la barra, tal como se ha mencionado, puede ser controlado de manera local (nivel 0) o remota (nivel 1).

El equipamiento que conforma el presente campo, es el siguiente: Contactor trifásico de 380 VCA, el cual representa el interruptor trifásico, tres transformadores de medida de intensidad monofásicos 30/5 A, seis transformadores de medida de tensión monofásicos 220/220 V, tres de ellos interconectados en triángulo abierto, para la medición de tensiones residuales, un multimedidor para medición de los parámetros eléctricos, tres borneras de prueba, un IED RED615, el cual oficia de unidad de control y protección, una fuente de energía, representada por “G1”.

El control y protección lo realiza la unidad de bahía RED615 de la marca ABB, valiéndose de los datos entregados por todos los transformadores de medida y la programación realizada en IEC 61850 (Parte II).

Segundo y tercer campo: campo 102 y campo 103

La disposición y conformación de ambos, es similar a la del primero, aunque es oportuno citar algunas pequeñas diferencias. La primera es la del campo 102, que a diferencia del campo 101, cuenta con capacidad de sincronización automática del DER por intermedio del IED REX640 de la marca ABB, y TVs que miden tensión a ambos lados del interruptor. La segunda es la del campo 103, el cual no posee medición de tensión, ya que esta información es enviada desde el campo 102 por medio de “Simple Values” (SV) a través de la red Ethernet hacia la unidad de bahía IED REM615 de la marca ABB. Este IED está diseñado con el fin de brindar protección, control, medición y supervisión de motores, sin perjuicio de que puedan ser conectadas otros tipos de cargas y/o demandas.

Funcionamiento de la micro-red

Consiste en la puesta en paralelo de un DER, con la red eléctrica que abastece el laboratorio. A continuación se muestra un flujograma, que esquematiza el funcionamiento de la micro-red.

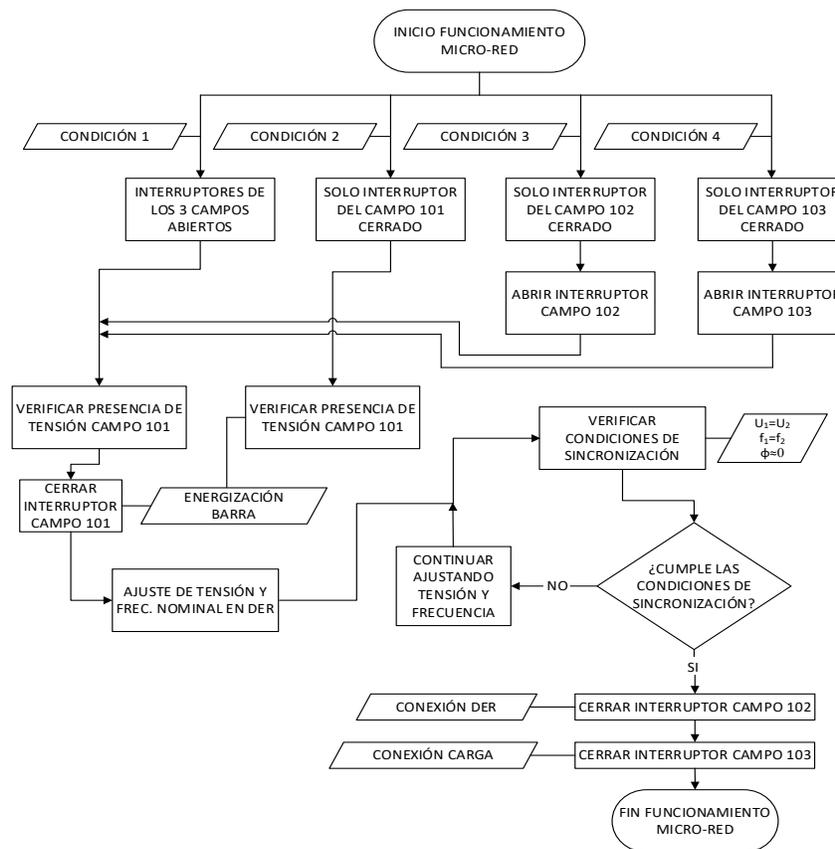
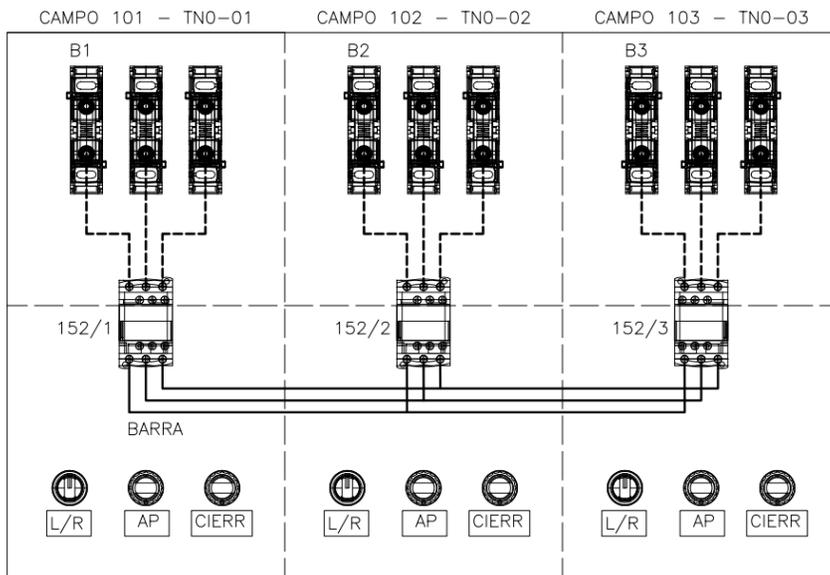


Figura 2. Flujograma de funcionamiento de la micro-red.

Tableros de control

En el “Nivel 0”, conocido también como “a pie de equipo”, se dispone de un único tablero el cual contiene pulsadores, transformadores de medición, alarmas y dispositivos de señalización correspondientes a cada campo. En la figura 3, puede observarse su vista frontal.

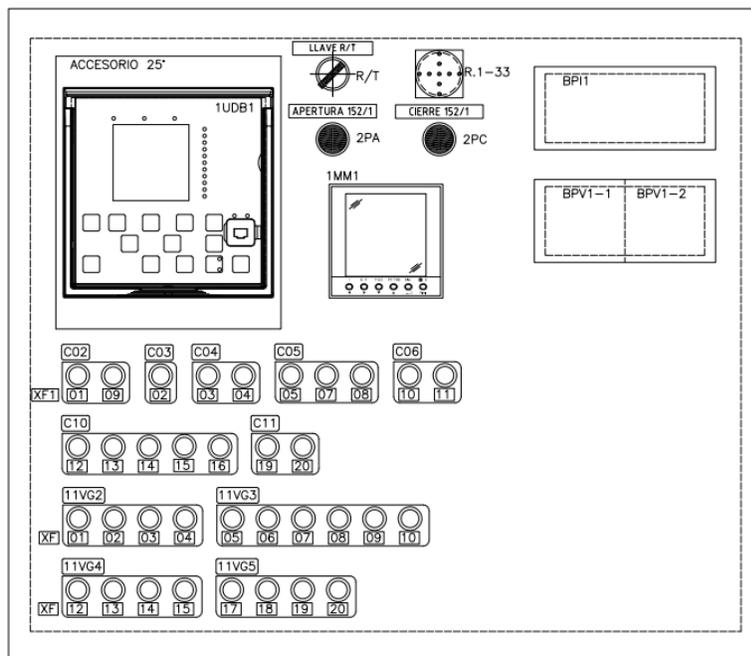
El “Nivel 1”, el cual simula el control de la micro-red desde una sala de control, cuenta con un tablero para cada campo, totalizando tres (uno por cada campo). En estos se sitúan los IEDs, el multimedidor con sus respectivas borneras de prueba y diferentes relés auxiliares. En la figura 4, se expone el gabinete del campo 101. Los tableros del resto de los campos son similares, a excepción del tablero correspondiente al campo 102, el cual se comunica con el IED REX640 que se encuentra alojado en una valija dedicada (“demobox” REX 640).



REFERENCIAS:

- TNO-XX: TABLEROS DE NIVEL 0 PARA CAMPOS 101, 102 Y 103.
- 152/X: CONTACTORES.
- L/R: LLAVE SELECTORA COMANDO LOCAL/REMOTO.
- AP: PULSADORES DE APERTURA LOCAL DE CONTACTORES.
- CIERR: PULSADORES DE CIERRE LOCAL DE CONTACTORES.
- BX: BORNERAS DE CONEXIÓN DE GENERADORES Y CARGAS.

Figura 3. Tablero de nivel cero “TNO-1/2/3”.

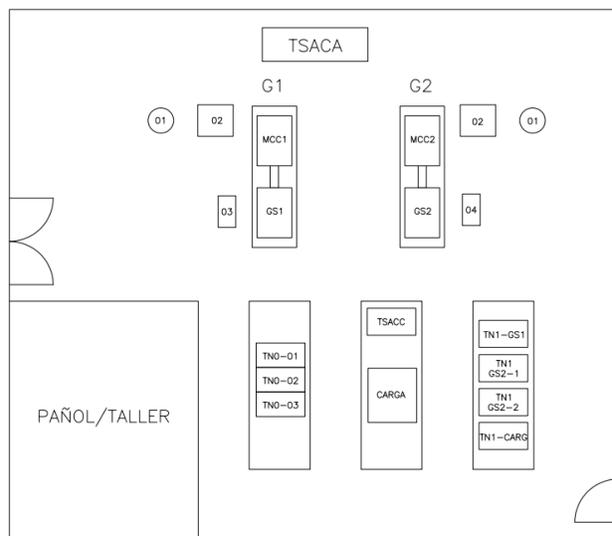


REFERENCIAS:

- 1UDB1: UNIDAD DE BAHÍA 1, IED RED615.
- 1MM1: MULTIMEDIDOR M2M ABB.
- R/T: LLAVE COMANDO REMOTO / TELECOMANDO.
- R.1-33: INDICADOR EPOXICRUZ ESTADO INTERRUPTOR.
- 2PA: PULSADOR DE APERTURA CONTACTOR 152/1.
- 2PC: PULSADOR DE CIERRE CONTACTOR 152/1.
- BP1: BORNERA PARA MEDICIÓN DE CORRIENTE.
- BPV1-X: BORNERA PARA MEDICIÓN DE TENSIÓN.
- CXX / 11VGX: FICHAS DE CONEXIÓN HEMBRA.

Figura 4. Tablero de nivel uno “TN1-GS1”.

La disposición de la totalidad de los tableros (o gabinetes) de control y protección, equipos y máquinas pueden observarse en la figura 5.



REFERENCIAS:

- CARGA: RESISTENCIAS Y/O INDUCTANCIAS.
- TNO-XX: TABLEROS DE NIVEL 0 PARA CAMPOS 101, 102 Y 103.
- TN1-GS1: TABLERO DE NIVEL 1 PARA CAMPO 101.
- TN1-GS2-1: TABLERO DE NIVEL 1 PARA CAMPO 102.
- TN1-GS2-2: BALAJA DEMOBOX IED REX640 CAMPO 102.
- TN1-CARG: TABLERO DE NIVEL 1 PARA CAMPO 103.
- GX: GRUPOS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA.
- 01: AUTOTRANSFORMADORES DE POTENCIA.
- 02: RECTIFICADORES CA/CC DE POTENCIA.
- 03: SISTEMA DE EXCITACIÓN ROTOR GS1.
- 04: SISTEMA DE EXCITACIÓN ROTOR GS2.
- GSX: GENERADORES SINCRÓNICOS.
- MCCX: MOTORES DE CC.
- TSACC: TABLERO DE SERV. AUX DE CC.
- TSACA: TABLERO DE SERV. AUX DE CA.

Figura 5. “Layout” del equipamiento en el laboratorio.

Conclusión

La materialización del presente proyecto, logrará obtener un prototipo aproximado de una Micro-red real, con la sencillez suficiente para la realización de prácticas de laboratorio, tendientes a mostrar el funcionamiento de una subestación bajo los lineamientos de la IEC 61850, en la cual se elimina paulatinamente el cableado de cobre, con el objeto de reproducir la tendencia mundial, en la cual se busca la digitalización completa de la estación. En trabajos futuros se pretende complejizar el sistema, con el agregado de seccionadores y una segunda barra con un cuarto campo (104), que oficiará de acoplamiento. También la concreción de los niveles de control dos y tres, por intermedio de una PC industrial tipo “Gateway”, junto con un monitor para la realización de un HMI local (LHMI), y un “Router” GPRS que simulará el control remoto desde un Centro de Control de Operaciones (CCO).

Referencias

- Basilio, K., Verón Lagger, F., Steinmann, I. y Zottico, A. (2021). “Subestación en IEC 61850 para una Micro-red con Recursos Energéticos Distribuidos. Parte II: Programación de los IEDs”. Jornadas de ciencia y tecnología 2021, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco.
- Lopes, Y., Frazao, R. H., Molano, D. A., Dos Santos, M. A., Galvao, F., Malcher Bastos, C. A., Martins, J. y Natalia Castro Fernandes, N. C. (2012). “Smart Grid e IEC 61850: Novos Desafios em Redes e Telecomunicações para o Sistema Elétrico.”, (Pag. 4). Universidad Federal Fluminense, Niterói, Brasil y Universidad del Salvador, Salvador, Brasil.
- Rohini, Singh, U., Apoorvi, Bhardwaj, R., Ansari, M.A. y Singh, M. (2018). “Energy Management System and Its Implementation in Smart Grid using Renewable Energy Resources.”, (Pag. 1). Gautam Buddha University, Greater Noida, India.
- Vadiati, M., Abbas Ghorbani, M., Ebrahimi, A. R. y Arshia, M. (2008). “Future Trends of Substation Automation System by Applying IEC 61850.”, (Pag. 1). Niroo Research Institute, Tehran, Iran y Tehran Regional Electric Company, Tehran, Iran.

Subestación en IEC 61850 para una micro-red con recursos energéticos distribuidos. Parte II: programación de los IEDs

Substation in IEC 61850 for a micro-grid with distributed energy resources. Part II: programming of IEDs

Kevin BASILIO

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe - Argentina
tomass_07-@hotmail.com

Franco VERÓN LAGGER

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe - Argentina
franco1020@hotmail.com.ar

Irene STEINMANN

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe - Argentina
isteinmann@frsf.utn.edu.ar

Andrés ZOTTICO

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Santa Fe - Argentina
azottico@frsf.utn.edu.ar

Resumen

El presente trabajo es complementario al documento “Subestación en IEC 61850 para una Microred con Recursos Energéticos Distribuidos (DERs). Parte I: Construcción de la Infraestructura” (Kevin Basilio et al., 2021), consistente en realizar la programación de los Dispositivos Electrónicos Inteligentes (IEDs) existentes en la Microrred, por intermedio del programa PCM600 de la firma ABB, y según la norma IEC 61850. La Microrred contempla características de funcionamiento similares a las existentes en los sistemas de distribución y transmisión, pero a escala de laboratorio, con la posibilidad de interconectar Recursos Energéticos Distribuidos (DERs) disponibles dentro de la facultad y/o realizar prácticas académicas.

Palabras clave: IEC 61850, IED, Microrred, Subestación y Recursos Eléctricos Distribuidos (DERs), PCM600.

Abstract

This work is complementary to the paper “Substation in IEC 61850 for a Microgrid with Distributed Energy Resources (DERs). Part I: Construction of the Infrastructure” (Kevin Basilio et al., 2021), consisting of programming the existing Intelligent Electronic Devices (IEDs) in the Microgrid, through the PCM600 program from ABB, and according to the IEC 61850 standard. The Microgrid contemplates operating characteristics like those existing in distribution systems and transmission, but on a laboratory scale, with the possibility of interconnecting Distributed Energy Resources (DERs) available within the faculty and / or carrying out academic practices.

Keywords: IEC 61850, IED, Micro grid, Substation and Distributed Electric Resources (DERs), PCM600.

Introducción

Las microrredes tienen un comportamiento muy dinámico. En cualquier momento, una conexión y desconexión de carga o generador distribuido, puede tener lugar. Para un funcionamiento adecuado, los parámetros de la microrred deben seguir las condiciones cambiantes de la red. Esto requiere un sistema de gestión centralizado que implemente un algoritmo para determinar la estructura del sistema y producir la jerarquía de relés en todas las ramas de la red. (C. Ozansoy et al., 2012:1). En este trabajo se propone la utilización de una PC como unidad de protección central de microrred para comunicarse con todos los relés y DERs en la misma, y de la utilización del programa “PCM 600 – Protection and Control IED Manager” para definir protecciones y jerarquías de control en el sistema.

La comunicación necesaria viene dada por la implementación de la norma IEC 61850. Con este criterio de diseño se obtiene además una alta transferencia de datos, y proporciona una gestión sólida en el sistema de automatización de estaciones (M. Abbas Ghorbani et al., 2008:1). Cabe mencionar, que se centra en el uso de la comunicación horizontal, la cual es altamente confiable y se basa en el envío de informes asíncronos de multidifusión del estado de las salidas digitales de un IED, a otros dispositivos registrados (M. Ataei et al., 2011: 3).

Este artículo presenta el modelado de un sistema de protección de microrred con nodos lógicos (NL) proporcionados en los estándares de comunicación IEC61850 e IEC61850-7-420. También demuestra cómo se lleva a cabo la comunicación propuesta a través de los NL. Todo esto basado en el estudio de caso, en una microrred a escala (K. Basilio et al., 2021).

Comunicación y procesamiento de datos

Para la realización de este trabajo, se efectúa la comunicación entre los IEDs con una red en estrella no redundante (no PRP), mediante un router y un ordenador. El router se encargará de vincular los distintos IEDs entre ellos y la PC, mediante una red Ethernet basada en TCP/IP. La computadora estará a cargo del procesamiento avanzado de datos, siendo capaz de verificar las distintas señales y cambiar la configuración de los equipos (Figura 1).

Inicialmente se ha creado la subestación mediante la herramienta “PROJECT EXPLORER”, donde puede observarse (ver figura 2), la inserción del nivel de voltaje y sus respectivas bahías (o campos) las cuales se vinculan con cada IED.

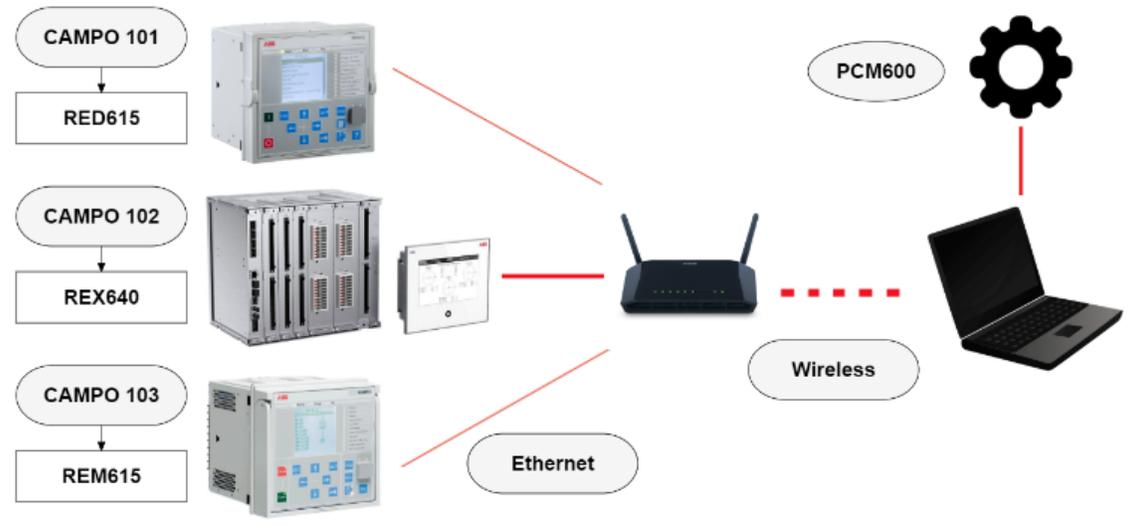


Figura 1. Estructura de la red de comunicaciones.

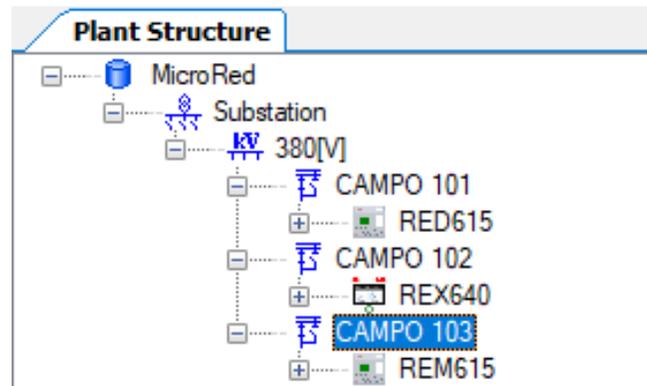


Figura 2. GUI del software PCM 600.

Posteriormente se procedió a la realización de la configuración offline de los equipos, por intermedio de la “Application Configuration Tool”, la cual concentra todos los Nodos Lógicos (NL) o Bloques de Control (“Control Blocks”) mencionados en la IEC61850-7-4. Mediante ellos es posible realizar lógicas de programación, para posteriormente enviar mensajes (MMS, SV o GOOSE) para control, protección, enclavamientos, alarmas y disparos.

Programación y configuración del IED del campo 101

Primeramente, se vincularon las variables lógicas de entrada, a señales que informan el estado de interruptores y seccionadores abiertos y/o cerrados. Existen otras entradas vinculadas a señales lógicas, las cuales son plausibles a utilizar en trabajos futuros, ellas son: pulso de restablecimiento del bloqueo del interruptor, alarmas por presión de gas (SF₆), pulsos constantes que informan que el resorte del interruptor se encuentra cargado, señal para transferencia binaria de fallas y una señal para bloqueo de la protección de sobrecorriente.

En cuanto a las salidas, se realizaron las lógicas necesarias para obtener pulsos para cierre o apertura del interruptor, disparo de respaldo en caso de falla del interruptor, señal de protección diferencial en falla o activa, y señal de disparo maestro (ver figura 3).

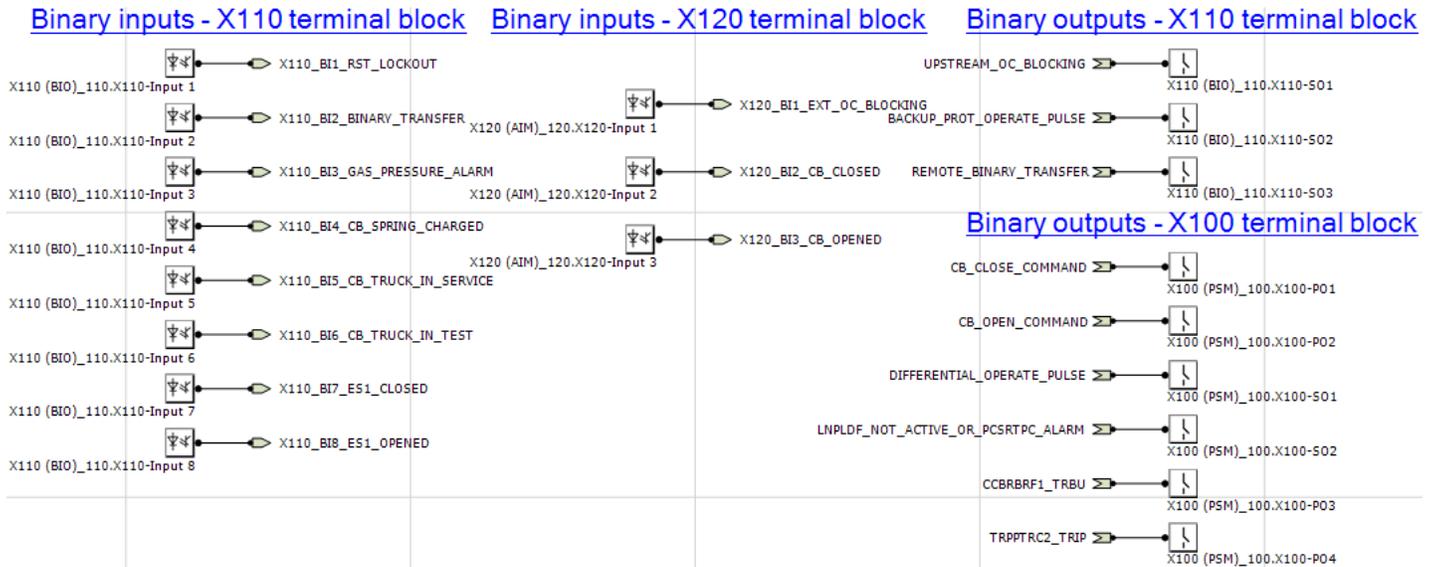


Figura 3. Salidas y entradas lógicas en la configuración del RED615 del campo 101.

Concluida la vinculación de señales externas con señales internas, se procedió a crear la lógica de control y protección. Puesto que el objetivo principal de esta programación es el control inteligente del interruptor, se comenzó configurando su NL denominado CBXCBR1, asociado al del campo 101 (figura 4).

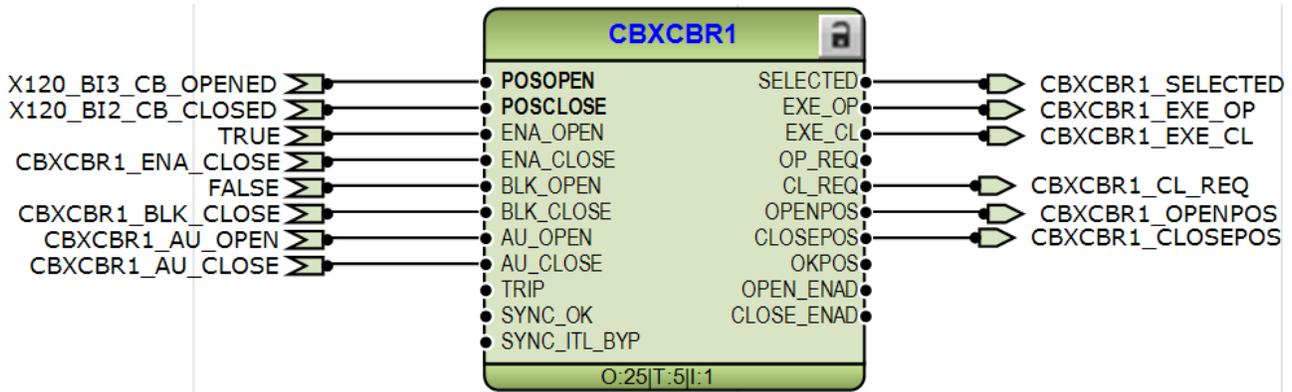


Figura 4. Vinculaciones lógicas del NL de control del interruptor del campo 101.

En “POSOPEN” y “POSCLOSE” se ingresan las variables lógicas anteriormente creadas, que brindan la señal de interruptor abierto o interruptor cerrado respectivamente. “ENA_OPEN” y “ENA_CLOSE”, habilitan la apertura o cierre del interruptor. En esta instancia se ha dejado habilitado el cierre solo cuando se tiene señal de seccionadores de tierra abierto y de línea cerrados, alarma por presión de gas desactivada, resorte cargado y no hay señales de fallas de disparos maestros. “BLK_OPEN” y “BLK_CLOSE” tienen la misma lógica que las entradas anteriores, pero bloqueando la capacidad de apertura o cierre del interruptor en lugar de habilitarla, y, a tal efecto, se bloquea la posibilidad de cierre cuando el seccionador de línea se encuentra abierto o el de tierra cerrado. Las entradas “AU_OPEN” y “AU_CLOSE” aguardan la señal para habilitar la apertura o cierre, respectivamente (siempre que se cumplan los demás requisitos dados, según la lógica del flujograma visto en la parte I). El RED 615 no se posee NL de autosincronización, por lo tanto, “SYNC_OK” no es útil en la presente programación.

En cuanto a la salida “SELECTED”, es utilizada para el permiso de reconexión (recierre) del interruptor (bloque “DARREC1”) o también se emplea para dar señal de interruptor seleccionado para operaciones de control. “EXE_OP” y “EXE_CLOSE” ejecutan los comandos de apertura y cierre del interruptor respectivamente, motivo por

el cual se conectan a salidas binarias (salidas de relés), que activan o desactivan la bobina de cierre/apertura. En cuanto a las salidas “OP_REQ” y “CL_REQ”, brindan la señal sobre la necesidad de apertura o cierre del interruptor, este último, es útil para dar señal al seccionador de cerrarse si aún no lo ha hecho. Las salidas OPENPOS, CLOSEPOS, OKPOS informan el estado del interruptor.

Complementariamente al NL del interruptor, el cual es el de mayor importancia para el funcionamiento del sistema, se encuentran vinculados los siguientes:

DCXSWI (Seccionador), ESXSWI (Seccionador de tierra), CCBRBRF (falla interruptor), CCSPVC (falla de medición TI), DEFxPDEF (direccional de tierra), EFHPTOC (no direccional de tierra), INRPHA1 (Detector de irrupción trifásico), INTRPTEF1 (falla a tierra transitoria / intermitente), LNPLDF (Diferencial de línea), NSPTOC (sobrecorriente de secuencia negativa), PCSITPC1 (Supervisión de comunicación de protección), PDNSPTOC1 (Discontinuidad de fase), PHxPTOC (Sobretensión trifásica), ROVPTOV (Sobretensión residual), TxPTTR (sobrecarga térmica), TRPPTRC (Disparo maestro), Bloques de medidas: CMMXU, CSMSQI, RESVMMXU, RESCMMXU, SSCBR (Supervisión de la condición del interruptor automático), TCSSCBR (Supervisión de circuito de disparo), bloques FLTRFRC, LDPRLRC, RDRE de registro, entre otros.

Ha de tenerse en cuenta que las señales binarias de elementos aun inexistentes (por ej.: seccionadores) serán simuladas por pulsos a las entradas y leds a las salidas. Asimismo, cabe mencionar que la configuración del campo 103, resulta similar a la del campo 101, motivo por el cual no se expone su desarrollo.

Programación y configuración del IED del campo 102

La programación del campo 102 que posee como IED al REX 640, también es muy similar a la del campo 101 y 103. Pero si es oportuno mencionar una función preponderante, que lo diferencia de los dos anteriores. Se trata del NL “ASGCSYN”, el cual permite la realización del proceso de sincronización del DER a la barra (ver figura 5).

A este NL se deben ingresar las tensiones provenientes de los TVs conectados a ambos lados del interruptor, con lo cual el IED adquiere las señales analógicas de tensión (“U3P1” y “U3P2”). Se adiciona como entrada, la posición abierta o cerrada del interruptor y una señal de verdadero (true) para habilitar ciertas funciones de protección del bloque. Al momento que las condiciones para sincronización son cumplimentadas, el presente NL envía un verdadero “True”, a través de su salida “SYNC_OK”, el cual ingresa al NL “CBXCBR2” para habilitar el cierre del interruptor.

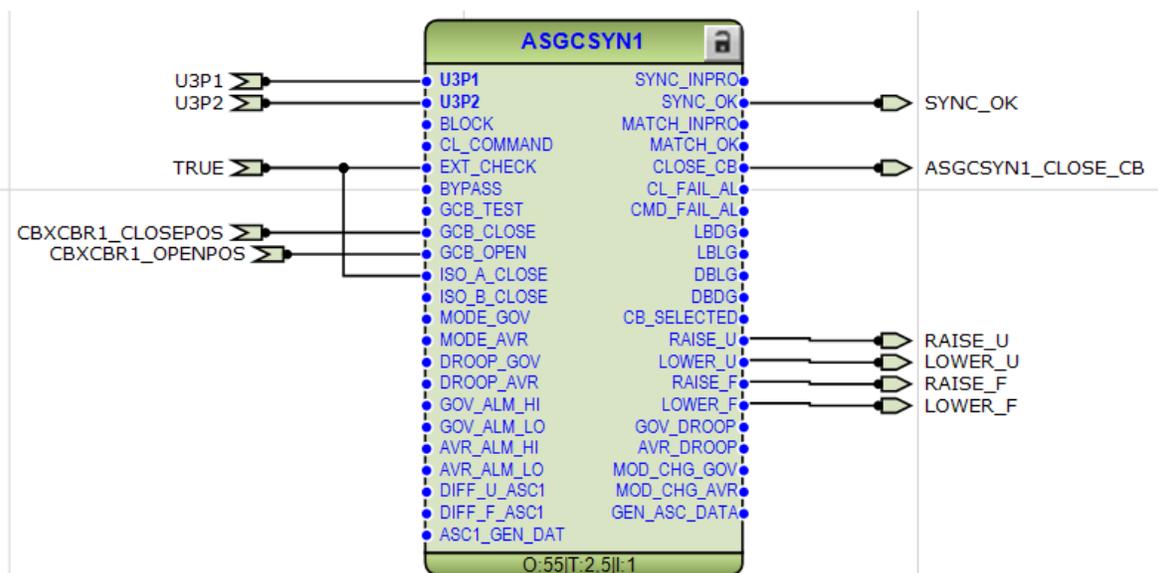


Figura 5. Vinculaciones lógicas del NL de sincronización del DER del campo 102.

Configuración de los parámetros de comando

Se ha concretado la programación configurando los criterios de actuación de los NL. Para el caso del interruptor se ha corregido: el tiempo de cese de selección del interruptor a 30000ms; la duración de los pulsos detectados a 200ms; el modo de control a “sbo-with-enhanced-security”; el retardo para detección de posición intermedia a 200ms; y la extinción de la operación a 500ms (figura 6).

✓	I<->O CB(1)				
✓	Operation		on		
✓	Select timeout		30000	ms	10000 300000
✓	Pulse length		200	ms	10 60000
✓	Operation counter	🔒	0		0 10000
✓	Control model		sbo-with-enhanced-securit		
✓	Adaptive pulse		True		
✓	Event delay		200	ms	0 10000
✓	Operation timeout		500	ms	10 60000

Figura 6. Parámetros del nodo lógico CBXCBR1 del campo 101.

Puede observarse que también se han activado los pulsos de salida adaptativos, extendiendo la duración de estos con el fin de evitar errores y lograr que se alcancen las nuevas posiciones esperadas. Se destaca que el modo de control antes mencionado provoca que se deba seleccionar el interruptor antes de operarlo y que la seguridad de su actuación es del tipo “mejorada”, lo que implica que, si varios clientes dentro del servidor intentan realizar acciones de control, entraran en conflicto y el servidor lo impedirá.

Comunicación horizontal

Como se muestra en la Parte I del presente proyecto, todos los IEDs deben conocer el estado de los interruptores entre sí, entre otras informaciones. Esto es posible lograrlo mediante una herramienta de gran beneficio que ofrece la Norma; los Generic Object Oriented Substation Event o mensajes “GOOSE”. Con ello cada IED envía como señal lógica el estado de su interruptor al resto de los IEDs, con la ayuda del NL “GOOSERCVCV_INTL” prescindiendo de un conductor físico. La configuración del mensaje enviado y recibido por cada IED ha sido realizada con la herramienta “Signal Matrix”, tal como puede observarse en la figura 7.

IED, Logical Device	AA1J1Q01A1, CTRL	AA1J1Q02A1, CTRL	AA1J1Q03A1, CTRL
Data Object: CBXCBR1			
Data Attribute: Pos.stVal			
- GOOSERCVCV_INTL:0			
GOOSERCVCV_INTL:0	IN	X	
- GOOSERCVCV_INTL:1			
GOOSERCVCV_INTL:1			X

Figura 7. Matriz para vinculación e intercambio de mensajes GOOSE entre IEDs

Conclusiones

Mediante la realización del presente trabajo, se ha podido obtener el control, sincronización y monitoreo de los interruptores de potencia que forman parte de una microrred a escala de laboratorio, con las ventajas que ofrecen los IEDs en IEC 61850 (equipos intercambiables, interoperables y digitalización de la estación). En futuros trabajos, se pretende desarrollar en mayor profundidad el control y monitoreo de los seccionadores, como así también el estudio de los sistemas de protecciones vinculados al NL del interruptor.

Referencias

- Basilio, K., Verón Lager, F., Zottico A. y Steinmann, I. (2021). "Subestación en IEC 61850 para una microrred con Recursos Energéticos Distribuidos. Parte I: Construcción de la infraestructura". Jornadas de Ciencia y Tecnología 2021, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco.
- Ataei M., Hooshmand R. y Roostae S. (2011). "Substation automation system using IEC 61850.", 5th International Power Engineering and Optimization Conference, Shah Alam, Selangor, Malaysia, 6-7 de Junio de 2011 ,393-397.
- Ozansoy C., Ustun T. S. y A. Zayegh (2012). "Modeling of a Centralized Microgrid Protection System and Distributed Energy Resources According to IEC 61850-7-420," IEEE Transactions on Power Systems, vol. 27, (no. 3), 1560-1567.
- Abbas Ghorbani M., Arshia M., Ebrahimi A. R. y Vadiati M. (2008). "Future Trends of Substation Automation System by Applying IEC 61850.", 43rd International Universities Power Engineering Conference, Padua, Italy, 1-4 September, S/N.

Uso eficiente de válvulas para el control de presión en redes de distribución de agua

Efficient use of valves for pressure control in water distribution networks

Melina Denardi

Laboratorio de Métodos y Simulaciones Computacionales, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rafaela, Acuña 49, 2300 Rafaela, Argentina.

Jezabel D. Bianchotti

Laboratorio de Métodos y Simulaciones Computacionales, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rafaela, Acuña 49, 2300 Rafaela, Argentina.

Mario Castro-Gama

Water Expertise Center (WEC) at Vitens N.V., Oude Veerweg 1, Zwolle, 8001 BE Zwolle, Netherlands.
Mario.CastroGama@vitens.nl

Gabriel D. Puccini

Laboratorio de Métodos y Simulaciones Computacionales, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Rafaela, Acuña 49, 2300 Rafaela, Argentina.
gabriel.puccini@frra.utn.edu.ar

Resumen

El control de las presiones en las redes de distribución de agua potable representa uno de los fundamentos principales para lograr una política eficaz en la gestión de fugas de fondo. La división de la red en áreas de medición de distritos es una estrategia útil para simplificar el análisis y la gestión de los sistemas hidráulicos. En este trabajo se propone una metodología para el control de presión que consiste de dos etapas. En la primera se realiza la sectorización de la red maximizando del índice de modularidad para redes ponderadas. Las variables de diseño son las posiciones de las válvulas que delimitan los distritos. En la segunda etapa, se determinan las condiciones óptimas de operación de dichos dispositivos minimizando la desviación estándar de las presiones de toda la red. La metodología propuesta, aplicada a una red académica, demuestra ser eficiente para lograr la disminución de las presiones máximas.

Palabras clave: sectorización, fugas de fondo, modularidad, recocido simulado, desviación estándar

Abstract

The pressure control in water distribution networks represents one of the main foundations to achieve an effective policy in the management of background leakages. Dividing the network into district meter areas is a useful strategy to simplify the analysis and management of these hydraulic systems. In this work, a two-stage methodology for pressure control is proposed. In a first stage, the network sectorization is obtained by maximizing the index of modularity for weighted networks. The design variables are the valve positions that delimit the designed districts. In the second stage, the optimal operating conditions of the valves are determined by minimizing the standard deviation of the network pressures. The proposed methodology is applied to an academic network and proves to be efficient to achieve the reduction of peak pressures.

Keywords: sectorization, background leakages, modularity, simulated annealing, standard deviation

Introducción

La continua expansión de las áreas urbanas en la última mitad del siglo XX, hizo que las antiguas redes de infraestructura se transformen en estructuras complejas de administrar. En consecuencia, cuestiones como el análisis, la planificación y la gestión de las redes de distribución de agua (WDN, por sus siglas en inglés) implican, actualmente, grandes desafíos socioeconómicos para las sociedades modernas. Es por ello que la calidad y la confiabilidad del servicio brindado a los usuarios son dos objetivos claves que están relacionados con la presión, la satisfacción de las demandas y la continuidad del servicio, entre otros. Además, la creciente cantidad de información obtenida en campo que está disponible para ser procesada hacen que las empresas proveedoras del servicio puedan gestionar sus redes con mayor eficiencia y eficacia. Las nuevas tecnologías posibilitan el control remoto y en tiempo real de ciertos dispositivos de campo. Por ejemplo, si una red de agua posee válvulas reguladoras de presión (PRVs, por sus siglas en inglés) la gestión remota permite establecer sus parámetros de funcionamiento con el fin de disminuir las presiones en aquellos nodos que se consideran críticos durante las horas de menor demanda. Esta acción tiene un efecto directo y a corto plazo en la reducción de las fugas que se producen a través de roturas en las tuberías o en sus medios de unión. Sin embargo, se espera que la ubicación de estos dispositivos no siga un criterio aleatorio. La instalación de válvulas en tuberías óptimamente seleccionadas permite la división de una WDN en áreas de medición de distritos (DMAs, por sus siglas en inglés), simplificando la gestión de las presiones y el análisis del sistema hidráulico. Se han propuesto diversos métodos heurísticos para la división de una WDN (Alvisi y Franchini, 2013; Di Nardo et al., 2014; Castro-Gamma et al., 2016; Bianchotti et al., 2021). Este trabajo tiene como objetivo el diseño óptimo de DMAs para el control de las presiones nodales como una estrategia para la reducción de las fugas de fondo. Se aplica la metodología desarrollada a una red académica cuya estructura posee 25 nodos, 42 tubos y 2 reservorios.

Métodos

El diseño de los distritos para el control de las presiones se realiza en dos etapas. La primera etapa consiste en identificar una estructura de comunidades que permita agrupar nodos que presenten la mayor similitud respecto a una propiedad específica. Para la red propuesta, se establece la altura topográfica de los nodos como la propiedad de ponderación. Esta etapa, se plantea como un problema de optimización donde el objetivo es la maximización del índice de modularidad ponderado (Newman, 2004):

$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{ij} \left(A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right) \delta(C_i, C_j) \quad (1)$$

donde A_{ij} son los elementos de la matriz de adyacencia A . Esta matriz posee elementos A_{ij} igual a la propiedad de ponderación solo si los vértices i y j están conectados, en caso de no estarlo A_{ij} es igual a cero, k_i es el grado del vértice i y $m = 1/2 \sum A_{ij}$. La función delta de Kronecker, δ , es igual a uno si el vértice i y j pertenece a la misma comunidad (C_i, C_j) y cero en caso contrario. Existen varias estrategias heurísticas para la maximización de la modularidad Q . En este trabajo, se aplica un algoritmo del tipo Louvain (Blondel et al., 2008).

Las variables de diseño son los enlaces donde se deben instalar las válvulas reguladoras de presión. Es importante notar que como en esta primera etapa no se resuelve el sistema hidráulico, se brinda la ubicación óptima de los dispositivos pero no las condiciones de funcionamiento de cada uno de ellos.

La segunda etapa consiste en determinar los valores óptimos para los parámetros de regulación de presión de las válvulas cuya ubicación se establece en el paso anterior. Inicialmente, estos parámetros de control se fijan iguales 30 m.c.a. para todas las válvulas. Se plantea como un problema de optimización de un objetivo donde se propone minimizar la desviación estándar de las presiones de toda la red. Las presiones se obtienen luego de resolver el sistema hidráulico utilizando el software EPANET 2.2 (Rossman, 2000) para distintos valores de los parámetros de funcionamiento de las válvulas. En esta etapa, el problema de optimización se resuelve mediante un algoritmo de recocido simulado, dado que es computacionalmente eficiente y relativamente simple de implementar en comparación con otros algoritmos metaheurísticos.

Resultados

En la Figura 1-A se muestra la estructura de la red estudiada y la solución óptima obtenida como resultado de la primera etapa. Se indican las posiciones de las válvulas y las cuatro comunidades obtenidas. Estas comunidades representan las DMAs (identificadas con distintos colores). Los nodos de las DMAs en color magenta y azul poseen alturas geográficas superiores respecto a las DMAs formadas por los nodos en color rojo y verde. El algoritmo es capaz de detectar las comunidades según una característica seleccionada, en este caso las alturas topográficas de los nodos.

A partir de la primera etapa, se buscan las condiciones óptimas de operación de las válvulas. En la Tabla 1 se muestran los valores óptimos de los parámetros de regulación de las válvulas PRV medidos en metros de columna de agua (m.c.a.), obtenidos en la segunda etapa. En la Figura 1-B se muestran las presiones de cada uno de los nodos bajo las condiciones iniciales de funcionamiento (Red original) y luego del proceso de optimización de la segunda etapa (Red optimizada). En la red que funciona bajo las condiciones iniciales, los nodos pertenecientes a los DMAs en color magenta y azul presentan presiones por encima de los demás nodos. El diseño original de la red determina que los nodos que poseen menor altura topográfica tengan, en consecuencia, mayores presiones lo que conduce a un incremento en las fugas de fondo.

Parámetro de presión (m.c.a)	Válvula									
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
	20	18	18	20	28	Closed	16	Closed	Closed	Closed

Tabla 1. Condiciones óptimas de funcionamiento de las válvulas PRV

Comparando las presiones de la red original con la red optimizada, se observa que en las DMAs 1 y 2 (indicadas en color rojo y verde) las presiones permanecen iguales, mientras que en las DMAs 3 y 4 (magenta y azul) las presiones disminuyen en promedio un 14%. Se ha establecido (ver Thornton, et al., 2008) que un cambio de 1% en la presión cambiará la tasa de fuga promedio en un 1,15%. De modo que para el caso estudiado se puede obtener una recuperación del orden del 16% de las fugas producidas.

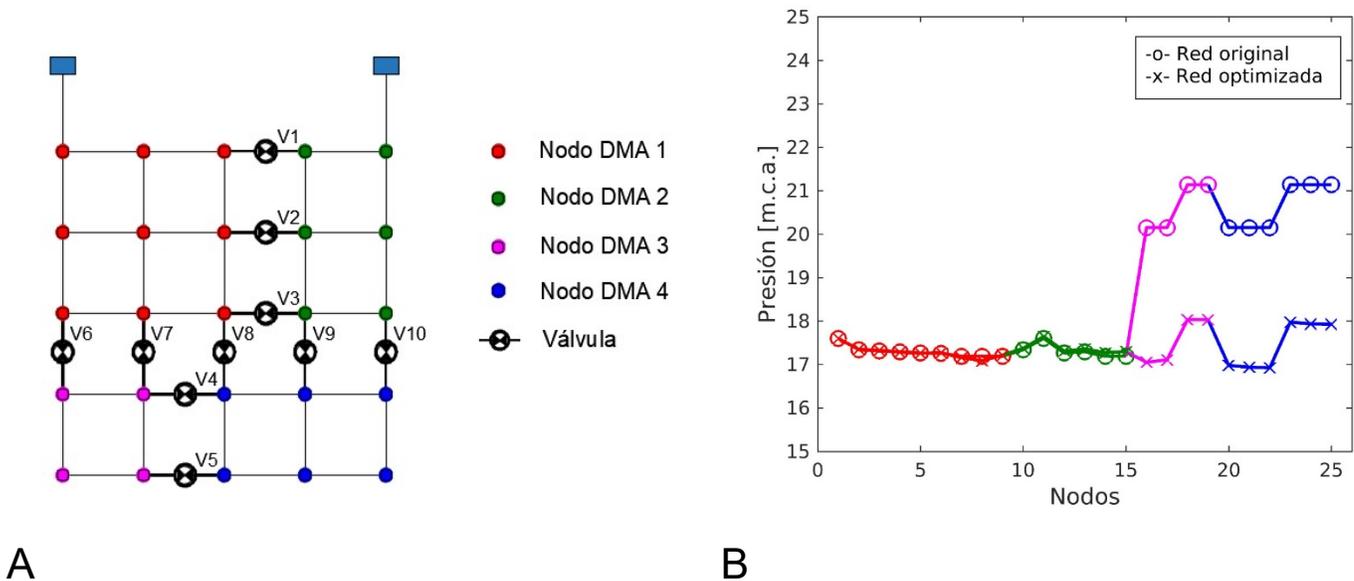


Figura 1. Red de 25 nodos. (A) DMAs obtenidas en la primera etapa. (B) Presiones nodales.

Conclusiones

La gestión eficiente de la presión en una red permite disminuir el volumen de agua que se pierde por las fugas que se producen en las tuberías debido al exceso de presión. El enfoque desarrollado en este trabajo propone una metodología de dos etapas para lograr el funcionamiento óptimo de las válvulas que se instalan para el control de la presión nodal. La primera etapa utiliza el índice de modularidad ponderado para determinar la ubicación de válvulas reguladoras de presión. En la segunda etapa se aplica la desviación estándar como objetivo que busca minimizar el desbalance de las presiones del sistema hidráulico estableciendo los valores óptimos de los

parámetros de regulación de las válvulas PRV. Esta metodología demostró ser eficiente para la disminución de las presiones máximas producidas por diferencias en las alturas topográficas de los nodos de la red.

Referencias

- Alvisi S. y Franchini M. A heuristic procedure for the automatic creation of district metered areas in water distribution system. *Urban Water Journal*, 23:–, 2013.
- Bianchotti J.D., Denardi M., Castro-Gama M., y Puccini G.D. Sectorization for water distribution systems with multiple sources: A performance indices comparison. *Water*, 13(2), 2021.
- Blondel V.D., Guillaume J., Lambiotte R., y Lefebvre E. Fast unfolding of communities in large networks. *J. Stat. Mech.: Theor. Exper.*, 10:P10008, 2008.
- Castro-Gama M., Pan Q., Jonoski A., y Solomatine D. A graph theoretical sectorization approach for energy reduction in water distribution networks. *Procedia Engineering*, 154:19–26, 2016.
- DiNardo A., DiNatale M., Santonastaso G., Tzatchkov V., Yamanaka, V.A. Divide and conquer partitioning techniques for smart water networks. *Procedia Engineering*, 89:1176–1183, 2014.
- Newman M.E.J. Analysis of weighted networks. *Phys. Rev. E*, 70:056131, 2004.
- Rossman L.A. EPANET: User's manual. Cincinnati: United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2000.
- Thornton J., Sturm R. y Kunkel G. Water loss control – second edition. Mc Graw Hill. DOI:10.1036/0071499180. 2008

Utilización de residuos de cebada en la obtención de cerámicos porosos cocidos a diferentes temperaturas

Use of barley residues to obtain porous ceramics fired at different temperatures

Cecilia Mazzola

Grupo de Estudios Ambientales, Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional, San Nicolás, Argentina.
Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.
cmazzola@frsn.utn.edu.ar

Nancy E. Quaranta

Grupo de Estudios Ambientales, Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional, San Nicolás, Argentina.
Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, Argentina.
nquaranta@frsn.utn.edu.ar

Gisela G. Pelozo

Grupo de Estudios Ambientales, Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional, San Nicolás, Argentina.
Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional, San Nicolás, Argentina.
gpelozo@frsn.utn.edu.ar

Resumen

En las últimas décadas, se han estudiado diferentes residuos como sustitutos de materias primas tradicionales de materiales de construcción, con el objeto de reducir el impacto ambiental que causan estos descartes. En este trabajo se analiza la incorporación de un residuo de la fabricación de cerveza artesanal en mezclas arcillosas para la obtención de piezas cerámicas porosas, a dos temperaturas de cocción diferentes: 900°C y 1000°C. El residuo de cebada fue adicionado en un 10% en volumen. Las materias primas y los productos obtenidos fueron caracterizados mediante diferentes técnicas con el fin de determinar la influencia del residuo y la temperatura de cocción en las propiedades del ladrillo. Del análisis de resultados se puede concluir que las muestras cocidas a 1000°C presentan mejores propiedades físicas y mecánicas, acordes a los valores del mercado.

Palabras clave: residuo cebada, cerámicos porosos, reutilización

Abstract

In recent decades, different wastes as substitutes for traditional building raw materials in order to reduce the environmental impact caused by these discarded materials. This work analyzes the incorporation of a residue from the manufacture of craft beer in clay mixtures to obtain porous ceramic pieces, at two different firing

temperatures: 900°C and 1000°C. The barley residue was added in 10% by volume. The raw materials and the obtained products were characterized by different techniques in order to determine the influence of the residue and the firing temperature on the properties of the bricks. From the analysis of the results, it can be concluded that the samples fired at 1000°C have better physical and mechanical properties, according to market values.

Keywords: barley residue, porous ceramics, reutilization

Introducción

El aumento de población a nivel mundial y los avances tecnológicos llevan a nuevos hábitos de consumo que han conducido al crecimiento acelerado de grandes cantidades de residuos. En el año 2018, la cantidad de desechos de todo tipo generados en el mundo era de 2.010 millones de toneladas al año, con una perspectiva para 2050 de 3.400 millones de toneladas por año (Kaza et al., 2018). Como consecuencia, existe un interés creciente por buscar nuevas formas en las que se puedan minimizar o utilizar estos residuos como recurso de valor añadido.

La cerveza es una de las bebidas más consumidas a nivel mundial, solo por detrás del agua y el té. Su historia de fabricación se remonta a varios miles de años (Machado 2020). La malta de cebada es un elemento esencial para la elaboración de cerveza, ya que es responsable de los aromas, sabores y colores característicos de la bebida. Independientemente de la escala de producción de la cerveza, se generan subproductos y residuos (Kerby y Vriesekoop, 2017). En el proceso de producción, el bagazo de malta, o residuo de cebada, es el primer subproducto que se genera y el que tiene mayor carga de descarte, lo que genera altos volúmenes de desperdicio. Considerando el total de residuos generados en una industria cervecera, alrededor del 85% corresponde a la cebada agotada (Aliyu y Bala, 2011).

Para disminuir la contaminación ambiental, reducir la cantidad de desechos generados y proteger las materias primas del agotamiento, contribuyendo así a la sostenibilidad y enfoques más ecológicos, los investigadores han realizado esfuerzos notables para desarrollar diferentes tipos de ladrillos a partir de diversos materiales de desechos y subproductos (Al-Fakih et al., 2019). La industria de ladrillos cerámicos siempre ha buscado desarrollar productos que exhiban propiedades aislantes debido a regulaciones ambientales y a la creciente demanda por este tipo de productos. Una alternativa para reducir la conductividad térmica puede ser la creación de cavidades dentro de la estructura, y así incrementar la porosidad. La adición de materiales que combustionan durante el proceso de cocción lleva a la formación de poros y consecuentemente a la disminución de la conductividad térmica. En la actualidad, los residuos biomásicos son usados ampliamente como agentes formadores de poros, de acuerdo a lo estudiado por varios autores (Barbieri et al., 2013; Bories et al., 2014; Bories et al., 2015; De la Casa et al., 2012; Mohanta et al., 2014; Velasco et al., 2015).

Es por todo esto que este trabajo tiene por finalidad la reutilización de los residuos de cebada de la producción de cerveza artesanal, como componentes en la fabricación de materiales cerámicos porosos. Dichos residuos se emplearán como materia prima sustitutiva de la arcilla en la fabricación de ladrillos cerámicos tratados a dos temperaturas de cocción diferentes: 900°C y 1000°C. Sobre la base de la caracterización de las materias primas y las piezas cerámicas obtenidas será posible definir la influencia del residuo y la temperatura de cocción en las propiedades tecnológicas del ladrillo.

Desarrollo

Materiales y métodos

El residuo utilizado, proveniente de la producción de cerveza artesanal, está constituido por sólidos húmedos resultantes de la separación por filtrado luego de la maceración de las mezclas. Se estiman alrededor de 350 gramos de residuo húmedo por litro de producto final. La arcilla comercial utilizada proviene de una industria cerámica de la zona. Ambas materias primas fueron secadas, molidas y tamizadas, utilizando para este estudio aquellas partículas con granulometría inferior a 1 mm. Las piezas cerámicas se obtuvieron mediante presión uniaxial a 25 MPa de mezclas arcilla comercial-residuo de cerveza, con residuo adicionado en 10% en volumen, con 8% en peso de agua, en moldes de 70 mm x 40 mm, resultando en ladrillos con 15 mm de espesor aproximadamente. Luego del secado a temperatura ambiente y en estufa, las muestras fueron tratadas térmicamente a 900°C y 1000°C durante 3 horas. Luego del proceso de cocción fueron enfriadas hasta temperatura ambiente mediante convección natural, dentro del horno. Las curvas de cocción elegidas son similares a las utilizadas por la industria cerámica. Con fines comparativos, se preparó una muestra de arcilla comercial sin residuo adicionado. Las muestras fueron identificadas como:

R0900: muestra sin residuo adicionado, cocida a 900°C

RC900: muestra con 10% de residuo de cebada adicionado, cocida a 900°C

R01000: muestra sin residuo adicionado, cocida a 1000°C

RC1000: muestra con 10% de residuo de cebada adicionado, cocida a 1000°C

Las materias primas fueron caracterizadas mediante diversas técnicas: microscopía electrónica de barrido (SEM), análisis dispersivo de energía de rayos X (EDS), distribución granulométrica, pérdida de peso por calcinación, entre otras; mientras que los productos cerámicos obtenidos se caracterizaron con técnicas tales como: porosidad, absorción de agua, variación volumétrica permanente (VVP), pérdida de peso por calcinación (PPC), resistencia a la flexión y a la compresión.

Los análisis SEM y EDS se efectuaron con un microscopio electrónico de barrido FEI Inspect S50, con analizador dispersivo de energía (EDAX-Phoenix). La distribución granulométrica se realizó en un banco vibratorio con superposición de tamices de mallas estandarizadas. La pérdida de peso por calcinación de la biomasa se realizó a una temperatura máxima de 550°C, con una rampa de calentamiento de 2°C/min, manteniéndose a la temperatura máxima durante 3 horas.

La porosidad y absorción de agua de los productos obtenidos fueron determinadas de acuerdo a la Norma ASTM C20-00. Los valores de VVP y PPC fueron obtenidos midiendo las dimensiones (largo, ancho y espesor) y el peso de cada muestra antes y después de cada tratamiento térmico. Las propiedades mecánicas se realizaron en una máquina universal de ensayos DIGIMESS 600KN modelo WDW 600S. La velocidad del ensayo de flexión fue de 0.5 mm/minuto, de acuerdo a norma IRAM 11827, mientras que la del ensayo de compresión fue de 0.6 MPa/minuto, de acuerdo a norma IRAM 12586.

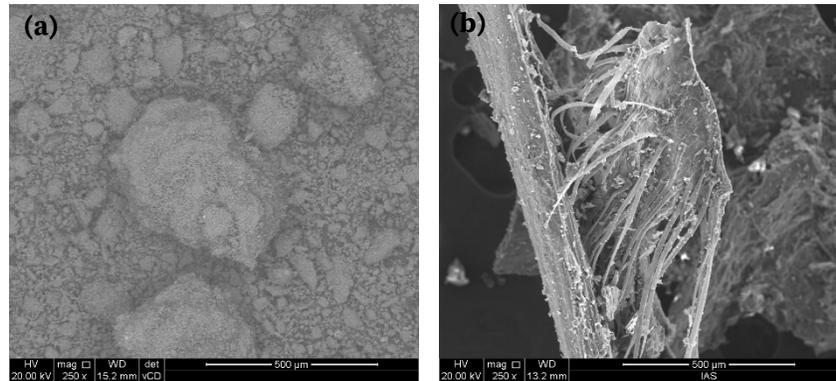
Resultados y discusión

El resultado del análisis químico realizado mediante EDS a la arcilla comercial y al residuo de cebada, expresado en porcentaje en peso de cada elemento, se muestra en la Tabla 1. Como puede observarse los elementos mayoritarios en ambos materiales son, además del carbono y oxígeno, el silicio y el hierro. Además, en la arcilla se presenta el aluminio dentro de los elementos principales.

	C	O	Na	Mg	Al	Si	K	Ca	Fe
RC	47.6	37.3	--	0.6	--	10.6	--	--	3.9
Arcilla	15.6	40.7	1.1	1.3	8.7	23.8	2.0	1.3	5.5

Tabla 1. Análisis químico de las materias primas utilizadas

Las imágenes SEM de la arcilla y del residuo de cebada a 250x se muestran en la Figura 1. La arcilla presenta una estructura homogénea de partículas de tamaño fino y partículas de mayor tamaño formadas por aglomerados de las más pequeñas. Los granos de cebada presentan estructura fibrosa, característica de los residuos biomásicos.



La distribución granulométrica de las materias primas utilizadas se muestra en la Figura 2. Tanto la arcilla como los residuos de cebada presentan la mayor parte de los tamaños de partículas distribuidos entre 1000µm y 500µm, siendo para la arcilla un 37% y para los residuos de cebada 63%.

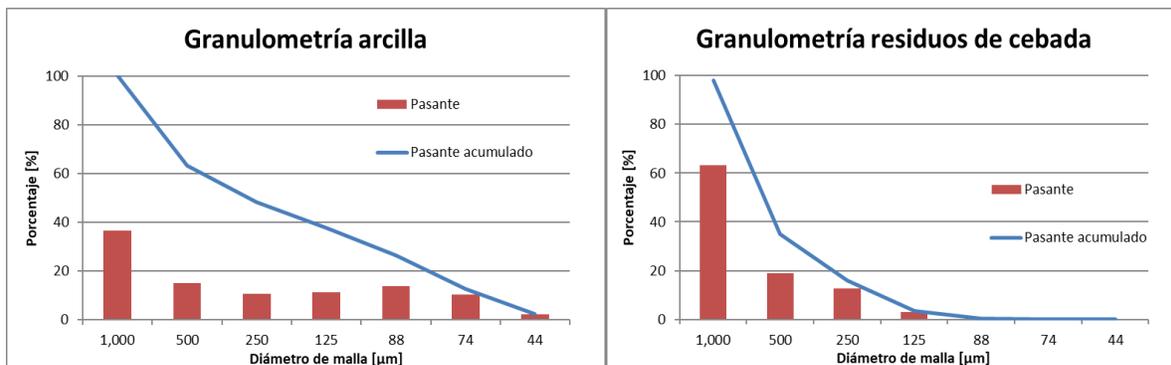


Figura 2. Distribución granulométrica de la arcilla y de los residuos de cebada

La pérdida de peso por calcinación de los residuos de cebada es de 95.89%. Al realizarse la misma a una temperatura máxima de 550°C, se puede afirmar que más del 95% de la biomasa se combustiona a las temperaturas de cocción de las piezas cerámicas, formando de esta manera los deseados poros.

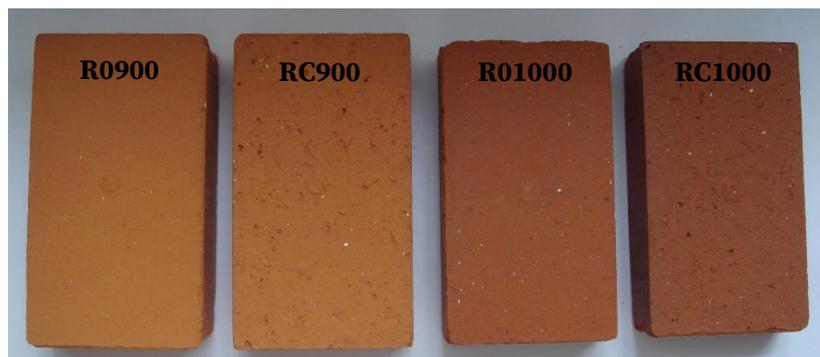


Figura 3. Apariencia macroscópica de las piezas obtenidas

La Figura 3 muestra la apariencia macroscópica de los ladrillos obtenidos sólo con arcilla comercial (R0) y con la adición de 10% en volumen de residuo (RC) a las dos temperaturas estudiadas. Puede observarse que los productos presentan una coloración homogénea y una estructura bien definida sin desgranamiento de la misma. Las piezas con residuo (RC) presentan, a simple vista mayor cantidad de poros. La coloración rojiza, debido al contenido de Fe de la arcilla, se presenta más intensa en aquellos cocidos a 1000°C.

Las propiedades físicas de los productos cerámicos obtenidos: PPC, VVP, porosidad y absorción de agua se muestran en la Tabla 2. La PPC para la muestra sin residuo adicionado es similar a las dos temperaturas estudiadas y se encuentra alrededor de 12%. La muestra con 10% de RC presenta un comportamiento similar: el valor de PPC es de 15% a 900°C y a 1000°C, este pequeño incremento se debe a la presencia del residuo, que a las temperaturas de trabajo ya ha combustionado. Con respecto a la VVP, se observa que para las muestras RC los valores son inferiores a los de R0 para ambas temperaturas. Cabe destacar que al aumentar la temperatura de cocción los valores de contracción se han casi triplicado. Esto puede atribuirse al mayor grado de sinterización de los productos. Contrariamente, la porosidad y la absorción de agua disminuyen con el aumento de temperatura. Esto era de esperarse como consecuencia de la mayor sinterización. A 900°C el aumento de porosidad es poco notable en los ladrillos con RC, mientras que a 1000°C el incremento del porcentaje de poros es del 12% en la muestra con residuo respecto a la R0.

	R0900	RC900	R01000	RC1000
Pérdida de Peso por Calcinación [%]	12.1	15.2	12.7	15.1
Variación Volumétrica Permanente [%]	-5.1	-4.1	-15.9	-14.9
Porosidad [%]	32.7	33.3	23.3	26.3
Absorción de agua [%]	18.8	19.3	11.7	13.8

Tabla 2. Propiedades físicas de los productos cerámicos obtenidos

En la Figura 4 se presentan las propiedades mecánicas de los materiales. Puede observarse que al aumentar la temperatura de cocción aumentan tanto el módulo de rotura (MOR) como la resistencia a la compresión. Los valores de resistencia a la compresión de todas las muestras se encuentran por encima de los valores del mercado y establecidos por norma ASTM C62-04 para ladrillo de construcción (unidades de albañilería sólida hechas de arcilla). En el caso del módulo de rotura, las muestras cocidas a 1000°C cumplen con los valores mínimos (6,9 MPa) establecidos por norma ASTM C410-60 para ladrillo para piso industrial; mientras que el MOR de las R0900 y RC1000 se encuentran por debajo de dichos valores.

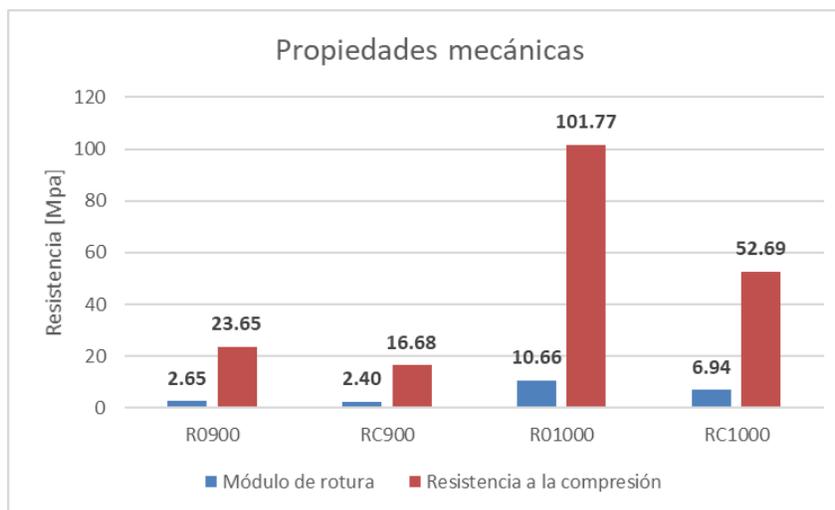


Figura 4. Propiedades mecánicas de las piezas obtenidas

Conclusiones

En este trabajo se analizó la reutilización de residuos de cebada, como componentes en la fabricación de materiales cerámicos porosos tratados térmicamente a 900°C y a 1000°C. Los productos cerámicos obtenidos a partir de arcilla, y de mezclas de arcilla y 10% de residuos de cebada, presentan las mejores propiedades mecánicas a la temperatura de cocción de 1000°C, con valores de módulo de rotura y resistencia a la compresión dentro del rango requerido en el mercado, además de un incremento significativo en la porosidad para las muestras con residuo agregado.

Referencias

- Al-Fakih, A., Mohammed, B.S., Shahir-Liew y M., Nikbakht, E. (2019). Incorporation of waste materials in the manufacture of masonry bricks: An update review. *Journal of Building Engineering*, 21, 37-54. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2018.09.023>
- Aliyu, S. y Bala, M. (2011). Brewer's spent grain: a review of its potentials and applications. *African Journal of Biotechnology*, 10 (3), 324-331. <https://doi.org/10.5897/AJB10.006>
- Barbieri, L., Andreola, F., Lancellotti, I. y Taurino, R. (2013). Management of agricultural biomass wastes: Preliminary study on characterization and valorisation in clay matrix bricks. *Waste Management*, 33(11), 2307-2315. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.03.014>
- Bories, C., Aouba, L., Vedrenne, E. y Vilarem, G. (2015). Fired clay bricks using agricultural biomass wastes: Study and characterization. *Construction and Building Materials*, 91, 158-163. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.05.006>
- Bories, C., Borredon, M. E., Vedrenne, E. y Vilarem G. (2014). Development of eco-friendly porous fired clay bricks using pore-forming agents: A review. *Journal of Environmental Management*, 143, 186-196. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.05.006>
- De la Casa, J. A., Romero, I., Jiménez, J. y Castro, E. (2012). Fired clay masonry units production incorporating two-phase olive mill waste (alperujo). *Ceramics International*, 38(6), 5027-5037. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2012.03.003>
- Kaza, S., Yao, L. C., Bhada-Tata, P. y Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Urban Development. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
- Kerby, C. y Vriesekoop, F. (2017). An overview of the utilisation of brewery by-products as generated by British craft breweries. *Beverages*, 3(2), 1-12. <https://doi.org/10.3390/beverages3020024>
- Machado, L. M. M., Lütke, S. F., Perondi, D., Godinho, M., Oliveira, M. L. S., Collazzo, G. C. y Dotto, G. L. (2020). Simultaneous production of mesoporous biochar and palmitic acid by pyrolysis of brewing industry wastes. *Waste Management*, 113, 96-104. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.05.038>

- Mohanta, K., Kumar, A., Parkash, O. y Kumar, D. (2014). Processing and properties of low cost macroporous alumina ceramics with tailored porosity and pore size fabricated using rice husk and sucrose. *Journal of the European Ceramic Society*, 34(10), 2401-2412. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2014.01.024>
- Velasco, P. M., Ortiz, M. P. M., Giró, M. A. M., Melia, D. M. y Rehbein, J. H. (2015). Development of sustainable fired clay bricks by adding kindling from vine shoot: Study of thermal and mechanical properties. *Applied Clay Science*, 107, 156-164. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2015.01.017>



Jornadas de Ciencia y Tecnología 2021
27 y 28 de octubre de 2021
Facultad Regional San Francisco