



ENCUENTRO CIENTÍFICO DE INVESTIGADORES DE **UTN TUC - 2024**

Facultad Regional Tucumán
6 de diciembre de 2024

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán

Encuentro Científico de Investigadores de UTN TUC - 2024 ; Compilación de Mario Daniel Murillo ; Nora Martínez Riera ; Claudia Valeria Graieb ; Coordinación general de Bermejo Macarena ; Belén Toro ; Director Norma Susana Moya ; Editado por Norma Susana Moya ; Prefacio de Norma Susana Moya ; Prólogo de Norma Susana Moya. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Universidad Tecnológica Nacional, 2025.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-42-0257-8

1. Procesamiento de Datos. 2. Puentes. 3. Energía. I. Murillo, Mario Daniel, comp. II. Martínez Riera, Nora, comp. III. Graieb, Claudia Valeria, comp. IV. Macarena, Bermejo, coord. V. Toro, Belén, coord. VI. Moya, Norma Susana, dir. VII. Moya, Norma Susana, ed. VIII. Moya, Norma Susana, pref. IX. Moya, Norma Susana, prolog.

CDD 620.007

Libro de Actas

Encuentro Científico de Investigadores de UTN TUC - 2024

Lugar de las Jornadas: Facultad Regional Tucumán, Tucumán, Argentina

DOI: <https://doi.org/10.33414/ajea.1932.2025>

ISBN: 978-950-42-0257-8

Fecha de Publicación:11/2025

ISBN 978-950-42-0257-8



9 789504 202578



Encuentro Científico de Investigadores de UTN TUC - 2024

6 de diciembre de 2024

Facultad Regional Tucumán



Secretaría de
Ciencia y Tecnología



Centro de Investigación de Atmósfera Superior y Radiopropagación
Facultad Regional Tucumán - Universidad Tecnológica Nacional

Memoria de Trabajos

Resumen

La Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Facultad Regional Tucumán (UTN-FRT), el Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental (CEDIA-UTN-FRT) y el Centro de Investigación de Atmósfera Superior y Radiopropagación (CIASUR UTN-FRT), invitan a la comunidad de investigadores científicos y tecnológicos de nuestra institución y a los de organizaciones científicas externas a la UTN FRT a participar en el Encuentro Científico de Investigadores de la UTN-TUC 2024. Este evento tiene como objetivo la divulgación de los trabajos de investigación realizados por los miembros de nuestra comunidad, fomentando el intercambio de ideas y la colaboración interdisciplinaria, multidisciplinario y transdisciplinaria. Las temáticas de los trabajos originales están relacionados con alguna de las áreas de investigación según los Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID) de la Universidad Tecnológica Nacional, los cuales son: Energía, Estructuras Y Construcciones Civiles, Materiales , Medio Ambiente, Contingencias Y Desarrollo Sustentable, Sistemas De Información E Informática, Tecnología Educativa Y De Enseñanza De La Ingeniería, Ingeniería De Procesos, Biotecnología Y Tecnología De Alimentos, Electrónica, Computación Y Comunicaciones, Transportes Y Vías De Comunicación, Tecnologías De Las Organizaciones, Ingeniería Clínica Y Bioingeniería, Análisis De Señales, Modelados Y Simulación, Aplicaciones Mecánicas Y Mecatrónica, Igualdad De Género Y Diversidad y Otros temas relevantes a la actividad científica académica de la UTN-FRT.

Summary

The Secretary of Science and Technology of the Regional Faculty of Tucumán (UTN-FRT), the Center for Research in Environmental Engineering (CEDIA-UTN-FRT), and the Center for Research in Upper Atmosphere and Radiopropagation (CIASUR UTN-FRT) invite the community of scientific and technological researchers from our institution and those from external scientific organizations to UTN FRT to participate in the Scientific Meeting of Researchers of UTN-TUC 2024. This event aims to disseminate the research work carried out by the members of our community, promoting the exchange of ideas and interdisciplinary, multidisciplinary, and transdisciplinary collaboration. The themes of the original works are related to one of the research areas according to the Research and Development Projects (PID) of the National Technological University, which are: Energy, Structures and Civil Constructions, Materials, Environment, Contingencies and Sustainable Development, Information Systems and Informatics, Educational Technology and Engineering Teaching, Process Engineering, Biotechnology and Food Technology, Electronics, Computing and Communications, Transportation and Communication Routes, Organizational Technologies, Clinical Engineering and Bioengineering, Signal Analysis, Modeling and Simulation, Mechanical Applications and Mechatronics, Gender Equality and Diversity, and other topics relevant to the academic scientific activity of UTN-FRT.



Autoridades del Evento

Decano: Esp. Ing. Egea Rubén Darío

Secretaría de Ciencia y Tecnología: Mg. Esp. Ing. Moya Norma Susana

Comité Organizador

Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Facultad Regional Tucumán (UTN-FRT)

Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental (CEDIA-UTN-FRT)

Centro de Investigación de Atmósfera Superior y Radiopropagación (CIASUR UTN-FRT)

Comité Científico

Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Facultad Regional Tucumán (UTN-FRT)

Centro de Investigación en Ingeniería Ambiental (CEDIA-UTN-FRT)

Centro de Investigación de Atmósfera Superior y Radiopropagación (CIASUR UTN-FRT)

Ejes Temáticos:

- Energía
- Estructuras Y Construcciones Civiles
- Medio Ambiente, Contingencias Y Desarrollo Sustentable
- Sistemas De Información E Informática
- Tecnología Educativa Y De Enseñanza De La Ingeniería
- Otros temas relevantes a la actividad científica académica de la UTN-FRT

Invitados Especiales

- Dr. Saguir Julio
- Ing. Dirk Trotten Gustavo (CONICET)

Palabras de Apertura

El *Encuentro Científico de Investigadores de la UTN-TUC 2024* marca un hito en la promoción de la investigación y la innovación tecnológica en nuestra institución y región. Este evento, organizado por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Facultad Regional Tucumán (UTN-FRT), en colaboración con el CEDIA y CIASUR, constituye una plataforma única para compartir avances científicos y fomentar la colaboración interdisciplinaria.

Con una convocatoria que abarca diversas áreas como energía, biotecnología, tecnologías educativas y ambientales, el encuentro resalta el compromiso con el desarrollo sustentable y la igualdad de género. Además, su enfoque en la divulgación y el intercambio de ideas busca fortalecer la conexión entre la comunidad académica y las problemáticas del entorno.

La jornada del 6 de diciembre de 2024 no solo nos ofrecerá espacios para la presentación de trabajos originales, sino también promoverá el análisis crítico y la reflexión conjunta, consolidando a la UTN-FRT como un pilar en la generación de conocimiento científico. Agradecemos la participación activa de los investigadores y los invitamos a seguir siendo agentes de cambio en la sociedad. - *Decano Esp. Ing. Rubén Egea*

Palabras de Cierre

En este excelente Encuentro Científico de Investigadores 2024 se logró cumplir el 100 % del cronograma establecido con el aditamiento de la interacción de dialogo entre los distintos participantes. Agradecemos la participación de todos. - *Secretaría de Ciencia y Tecnología Mg. Esp. Ing. Nora Susana Moya*



Decano Esp. Ing. Rubén Egea dando inicio a la Apertura del Encuentro Científico de Investigadores 2024 UTN TUC.



Secretaria de Ciencia y Tecnología Mg. Esp. Ing. Nora Susana Moya dando cierre al Encuentro Científico de Investigadores 2024 UTN TUC.

Cronograma

09:00 - 09:30hs. Acreditación

09:30 - 10:00hs. Apertura: Discurso de Apertura del Decano Esp. Ing. Rubén Egea

10:00 - 10:45hs. La Importancia del Diálogo en Ciencia y Tecnología

Disertantes: Dr. Saguir Julio y Ing. Dirk Trotten Gustavo (Conicet)

10:45 - 11:05hs. Coffee break

11:05 - 11:25hs. Procesamiento y Visualización de Datos Ionosféricos Históricos (1957-1987) con Herramientas Modernas de Análisis Pág.10
Ponentes: Ing. Rasgido Elsa - Ing. López Jorgelina

11:25 - 11:45hs. Monitoreo de la Calidad del Aire en las Inmediaciones de la FRT – UTN..... Pág.17
Ponentes: Ing. Poli Fabio - Ing. Baena Graciela

11:45 - 12:05hs. Sostenibilidad y ODS Pág.20
Ponente: Ing. Murillo Mario

14:00 - 14:20hs. Desempeño Sísmico de Puentes Típicos en Argentina. Rehabilitación con Aisladores LRB Pág.26
Ponente: Ing. Saracho José

14:20 - 14:40hs. Análisis de las Barreras Económicas y Políticas en la Gestión de la Energía en la Industria Argentina del Siglo XXI..... Pág.33
Ponente: Ing. García Luis

14:40 - 15:00hs. GITIA: 12 años de I+D en IA al Servicio de la Sociedad
Disertante: Dr. Will Adrian

15:00 - 15:20hs. Acceso Remoto para Aplicación Educativa en Física II. Medición en Circuito RLC con Corriente Alterna Pág.38
Ponente: Ing. López Joaquín

15:20 - 15:40hs. Desarrollo de Capacidades Locales para el Diseño, Construcción y Operación de Pequeños Satélites Pág.48
Ponentes: Ing. Díaz Mario - Ing. Lucchese Vides Darío

15:40 - 16:00hs. Monitoreo de la Contaminación del Aire en Tucumán Utilizando IoT sobre Redes WiFi Pág.61
Ponente: Ing. Garay Exequiel

16:00 - 16:20hs. Energías Renovables – Optimización de la Producción de Hidrógeno a partir de la Electrólisis del Agua Mediante Pulses de Alta Frecuencia Pág.68
Ponente: Ing. Colombo Juan Carlos

16:20 - 16:40hs. Comportamiento Socio-Comunitario, Residuos Sólidos Urbanos y Calidad Ambiental en Áreas Específicas de San Miguel de Tucumán Pág.75
Ponente: Ing. Graeib Valeria

16:40 - 17:00hs. Utilización de Blockchain para la Certificación de Documentos Digitales en el Ámbito Universitario Pág.95
Ponente: Ing. Figueroa de la Cruz Mario

17:00 - 17:20hs. RIA – Gestión para Publicar en Repositorio Institucional Argentino
Disertantes: Sra. Medina Gladys y Sr. Olivera Oscar

17:20 - 18:00hs. Cierre de Jornada
Secretaría de Ciencia y Tecnología - CEDIA - CIASUR - Sr. Decano

Trabajos



Procesamiento y Visualización de Datos Ionosféricos Históricos (1957-1987) con Herramientas Modernas de Análisis

Ionospheric Data Processing and Visualization (1957-1987) with Modern Data Analysis Tools

Elsa Soledad Rasgido

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán – CIASUR – Argentina.
soledadrasgido@alu.frt.utn.edu.ar

Jorgelina Luisa López

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán – CIASUR – Argentina.
jorgelinaluisa@gmail.com

Resumen

Este estudio analiza 31 años de datos históricos (1957-1987) de la ionosfera sobre Tucumán, Argentina, recolectados mediante sondadores ionosféricos. Los datos incluyen mediciones horarias de la frecuencia crítica de la capa F2 (f_{0F2}), influenciada por ciclos solares y eventos geomagnéticos. Se identificaron patrones claros de aumento en f_{0F2} durante los picos de actividad solar y una disminución en períodos de baja actividad. Además, se analizaron las clasificaciones por letras, revelando su utilidad para identificar estados específicos de la ionosfera.

La modernización del análisis combinó Power BI para la preparación y limpieza de datos, y Tableau para visualización interactiva, permitiendo detectar períodos sin datos y correlaciones con la actividad solar. Este enfoque no solo mejora la comprensión regional del impacto de la Anomalía Magnética del Atlántico Sur, sino que también establece un modelo replicable para estudios de datos históricos con herramientas modernas.

Palabras claves: ionosfera, Procesamiento de Datos, Visualización.

Abstract

This study examines 31 years of historical ionospheric data (1957-1987) over Tucumán, Argentina, collected using ionosondes. The dataset includes hourly measurements of the critical frequency of the F2 layer (f_{0F2}), influenced by solar cycles and geomagnetic events. Clear patterns were identified, with increased f_{0F2} during solar activity peaks and decreases during low-activity periods. Additionally, letter-based classifications were analyzed, highlighting their utility in identifying specific ionospheric states.

Modern analysis combined Power BI for data preparation and cleaning, and Tableau for interactive visualization, enabling the identification of data gaps and correlations with solar activity. This approach not only enhances the regional understanding of the South Atlantic Magnetic Anomaly's impact but also establishes a replicable model for historical data studies using modern tools.

Keywords: ionosphere, Data Processing, Visualization.

Introducción

La ionosfera sobre Tucumán, Argentina, ha sido objeto de estudios detallados debido a su ubicación dentro de la Anomalía Magnética del Atlántico Sur (AMAS) y su proximidad al Cinturón de Radiación de Van Allen. Estos fenómenos afectan significativamente las características ionosféricas en la región, influyendo en la densidad de electrones y en el comportamiento de esta capa en respuesta a la actividad solar (Yi & Xu, 2023). La AMAS influye notablemente en las condiciones ionosféricas y ha sido relacionada con variaciones en las señales de radio y otros fenómenos relacionados con las telecomunicaciones (Heirtzler, 2002). Estudiar la ionosfera en esta región no solo proporciona una visión más profunda de los patrones de ionización, sino que también es clave para la mejora de las predicciones ionosféricas en América del Sur y la protección de infraestructuras tecnológicas.

Para poder entender la ionosfera es necesario contar con datos históricos para comprender cambios a largo plazo. Ya que la ionosfera responde a diferentes factores—como el ciclo solar de 11 años, eventos geomagnéticos (tormentas solares), y fenómenos atmosféricos (como los ciclos climáticos)—es esencial contar con registros de datos extensos. Estos datos históricos ayudan a establecer patrones y modelos de comportamiento a largo plazo, lo cual es imposible de realizar con datos limitados a pocos años recientes.

En el CIASUR, desde 1957 a 1987 se realizó la recolección de datos de la ionosfera con Sondadores Ionosféricos (Ionosondas). El periodo de 31 años abarca diferentes ciclos solares y periodos de actividad geomagnética, proporcionando un rango de observación diverso para estudiar variaciones en la ionosfera. Los parámetros sobre los que se recolectó datos son f2m (Frecuencia Máxima de Transmisión de la Ionosfera), foE (Frecuencia Crítica de la Capa E), foF1m (Frecuencia Crítica de la Capa F1 Mínima), foF2 (Frecuencia Crítica de la Capa F2). Los datos ionosféricos suelen aparecer los valores junto con las letras para codificar información adicional o clasificar los datos, conocidos como códigos de notación o clasificación de datos. Estos códigos no solo aportan información sobre el estado de la ionosfera, sino que también estandariza y califica las mediciones, lo que es crucial para interpretar estos datos en estudios científicos y aplicaciones prácticas como telecomunicaciones y navegación satelital.

Como primera etapa de este estudio se tiene por objetivo analizar el comportamiento de los datos de Frecuencia Crítica de la Capa F2 de los 31 años. Bajo una interpretación de patrones de comportamiento de los datos recolectados, basándose en la combinación de valores y letras para clasificar los datos. Y además contrastar este comportamiento con los ciclos solares.

Actualmente podemos contar con diversas herramientas modernas de análisis de datos que contribuyen a la ciencia. La modernización de las herramientas de análisis de datos (como Tableau y Power BI), el uso de datos históricos puede verse desde nuevas perspectivas, permitiendo realizar visualizaciones más precisas, detalladas y de manera simple.

Para analizar los datos se combinó el uso de Power BI y Tableau. En Power BI se aprovechó su potencial para la preparación de datos, limpieza y curación inicial, con su potente editor de consultas y conectividad con diversas fuentes de datos. Mientras que Tableau se usó para el modelado avanzado y la creación de visualizaciones interactivas que luego pueden ser compartidas públicamente a través de Tableau Public, lo que no es posible con Power BI sin costes adicionales.

Este enfoque de combinar Power BI y Tableau permite aprovechar las fortalezas de ambas herramientas, optimizando la preparación de los datos y maximizando las capacidades de visualización y difusión. Así, este estudio se convierte en un punto de referencia para la incorporación de métodos modernos de análisis en la investigación de fenómenos naturales a través de datos históricos.

Metodología

1. Captura y Almacenamiento de Datos

1.1. Muestreo y Frecuencia de Recolección

La recolección de datos ionosféricos se realizó mediante sondadores ionosféricos, que emiten pulsos de radiofrecuencia y registran el tiempo de retorno y otras propiedades de las señales reflejadas en la ionosfera. Durante el período de estudio (julio de 1957-mayo de 1987), se realizaron mediciones a intervalos regulares de una hora, acumulando datos las 24 horas del día.

Este muestreo horario fue suficiente para captar variaciones diurnas y estacionales, así como perturbaciones relacionadas con eventos solares (Mendoza et al., 2003). La consistencia en la frecuencia de recolección garantiza la comparabilidad de los datos a lo largo de los años, lo que es esencial para análisis de tendencias y estudios climáticos ionosféricos.

1.2. Almacenamiento de Datos

Inicialmente, los datos recolectados se registraron manualmente en papel, utilizando tablas que contenían valores numéricos correspondientes a las observaciones horarias. Con el tiempo, estas tablas fueron digitalizadas en planillas Excel, lo que permitió organizar los datos en un formato estructurado para su posterior análisis.

En el contexto moderno, los datos continúan en formato Excel, almacenados en la nube del CIASUR, que ofrecen mayor seguridad y acceso global. Esto asegura que los datos históricos permanezcan disponibles para su integración en estudios contemporáneos.

La estructura de la planilla Excel con los datos ionosféricos es la que se muestra en la Fig. 1, existe un archivo por cada mes en el año.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y			
1. UF - Univ. Nacional de Tucumán - Fac. de Cte. Exactas y Tec.																											
2. Depto. de Física - Laboratorio de ionosfera																											
3. Av. Independencia 1800 - (4000) S.M. de Tucumán - ARGENTINA																											
DATOS ICONOGRAFICOS																											
5. característica HF2 unidad: 0,1MHz mes: JULIO año: 1957 tiempo medio del mediano: 60 s																											
6. estación: Tucumán latitud: 26.9 S longitud: 62.5																											
7. banda: 1MHz a 25MHz en 30 sec automático																											
9	DIA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
10	1	3405	101	101UR	74	81	57	58UF	1050R	1070R	1025	141	142	151UR	143DR	170UR	174UR	173UR	145UR	178UR	171UR	110UR	106UR	86UR	73		
11	2	31	101UR	74	82	58	50	44	51	88	91	118	117	125	123	131	150UR	150UR	147UR	132	125UR	120UR	120UR	120UR	125		
12	3	101UR	74	91	43	35	36	50	52	102	110	118	119	121	123	128	131	150UR	150UR	147UR	132	125UR	120UR	120UR	120UR		
13	4	53UR	39	38	39	63	30	27	48	95	103	123	108	134	146	148UR	86										
14	5	63	61	47	47	47	F	F	F	111	107,5	108UR	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		
15	6	63	47	47	47	47	48	47	64	103UR	154C	148UR	140	130UR	135UR	144UR	145UR	143UR	140UR	135UR	110UR	111UR	111UR	95UR			
16	7	30UR	85	31UR	68	77	50	49	67	110UR	113	123	109	134UR	127	145UR	150UR	150UR	145UR	141UR	131UR	124UR	118UR	113UR			
17	8	30UR	35UR	32,5	60	62	39	39	40	104UR	120UR	130	140UR	132UR	135UR	143UR	148UR	140UR	130UR	125UR	120UR	110UR	100UR	95UR			
18	9	30UR	124UR	110,5	76	44	47	47	49	58	58	60	62	124UR	125UR	130UR	135UR	140UR	140UR	138UR	127UR	120UR	115UR	123UR	100UR		
19	10	30UR	124UR	110,5	76	44	44	51	53	53	53	53	53	124UR	125UR	130UR	135UR	140UR	140UR	138UR	127UR	120UR	115UR	123UR	100UR		
20	11	106UR	39UR	96,5	93	79	42	43	33	50UR	96,5	121	120UR	128UR	138UR	148UR	108UR										
21	12	87	86	80	78UR	47UR	35	38UR	54	95	111UR	150UR	133UR	142UR	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	90		
22	13	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
23	14	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
24	15	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
25	16	128UR	96	81	77	70	47	43	54	54	54	51	107,5	120UR	128	113	126	140UR	140UR	142UR	133UR	135UR	135UR	135UR	135UR		
26	17	100UR	81	71	69	55	45	31UR	50UR	50	50	50	50	107,5	117	120UR	C	C	C	C	C	C	C	C	C	104UR	
27	18	132	87	88	78	62	54	54	55	55	55	55	55	125UR	128UR												
28	19	134UR	121UR	108	92	71	49,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	47,5	101	120UR	122UR	123UR										
29	20	107	30UR	83	84	68	58	60	75	118UR	133UR	142UR	140UR	141UR													
30	21	106	90	90	90	85	67	57	60	101	111UR	122	131C	133	130	137UR	140UR	139UR									
31	22	66	60	62	57	43	40	41	53UR	90	118UR	136UR	138UR														
32	23	120	118	115	84	70	52	55	58	61	110UR	125	137UR	137UR	132UR												
33	24	130UR	118	115	84	70	52	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41		
34	25	C	96	97	90	79	44	44	41	57	100	124	106UR	106UR	105UR	140UR	139UR	138UR	137UR								
35	26	124	118	98	91	75	48	41	60UR	109	121	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
36	27	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
37	28	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C			
38	29	108	87	78	68	59	38	36	53	95	106	132UR	151UR	122	115	134UR	133UR	137UR	138	140	131	111UR	118	151UR	111		
39	30	81	80	81	83	73	43	25	43	75	72	117,5	139	140	150UR	140UR	141	142	140	131	130UR	134	134	116			
40	31	96	106	96	74	71	30	29	53	88	102	120UR	125UR														
41	N	dato	25	26	26	25	25	25	25	26	26	26	24	20	20	20	22	22	21	21	21	22	22	22	23		
42	med.	106	97	89	78	66	45	43	43	58	58	117	100UR	132U	132	138	139UR	140UR	118								
43	QI	87	85	78	68	59	40	36	53	90	107	115	121	130	134	133	138UR	137	134	130	127	116	150UR	100UR			
44	QS	120	106	98	94	71	50	47	62	107	125	133	140	140	144	148	148	147	148UR	142UR	130UR	131	132	128			

Fig. 1: Estructura de planilla Excel con Datos Iconográficos F2 mensual.

2. Preparación Inicial de los Datos

2.1. Cambio de Extensión de los Archivos

Dado que los archivos originales con los datos ionosféricos estaban almacenados en formato .xls, un formato más antiguo de Microsoft Excel con limitaciones en cuanto al número de filas y columnas soportadas, se decidió convertirlos al formato .xlsx. Este paso fue necesario por las siguientes razones:

- Compatibilidad con Herramientas Modernas: El formato .xlsx es más compatible con herramientas modernas de análisis de datos, como Power BI, y permite manejar un mayor volumen de datos.
- Mayor Eficiencia: El formato .xlsx tiene una estructura más optimizada, lo que facilita la lectura y escritura de datos.
- Preservación de la Integridad: Durante la conversión, se verificó que no se perdieran datos ni formatos importantes.

La conversión se realizó de manera automatizada utilizando un script diseñado para procesar múltiples archivos en lote. Este enfoque minimizó la intervención manual y garantizó la consistencia en el formato de todos los archivos.

2.2. Integración de Archivos en Power BI

Una vez que los archivos estuvieron en formato .xlsx, se consolidaron en una única fuente de datos utilizando la funcionalidad de Conexión a Carpeta en Power BI. Esto permitió:

- Automatizar la carga de datos desde todos los archivos en una carpeta específica.
- Detectar automáticamente estructuras de datos comunes entre los archivos.
- Establecer un flujo de trabajo dinámico para manejar actualizaciones futuras.

2.3. Detección y Corrección de Errores

Al cargar los datos en Power BI, se llevó a cabo una inspección inicial para identificar problemas comunes que podrían afectar la calidad del análisis, tales como:

- Errores de Típico
- Datos Faltantes
- Estructura Irregular

El proceso de corrección incluyó:

- Normalización de Datos: Uniformizar formatos y etiquetas.
- Detección de Valores Anómalos: Utilizando filtros y visualizaciones iniciales en Power BI.
- Interpolación y Relleno: Cuando era posible, se completaron datos faltantes basados en patrones evidentes en los datos.

Este paso preparatorio fue crucial para garantizar la calidad de los datos antes de proceder con el análisis y la modelización. La integración en Power BI permitió identificar y corregir problemas de manera más eficiente, una vez completada la Preparación Inicial de los Datos en Power BI, los datos se exportaron a un archivo unificado en formato CSV o Excel, que contiene todos los datos de los 31 años (1957-1987). Este archivo curado y modelado se importó luego en Tableau, donde los datos ya están listos para ser visualizados de manera interactiva.

3. Modelización de Datos para Generar Visualizaciones

La modelización de datos se centra en estructurar la información para que sea interpretable y eficiente para su uso en Tableau. Aquí se importó el archivo unificado con los datos ionosféricos de Tucumán, datos de actividad solar y las letras descriptivas y calificativas de F2.

El Modelo de Datos definido es Esquema Estrella, donde la tabla central de hechos BD_F2 que contiene los datos ionosféricos de F2 (Fecha, Día, Hora, Año, Mes, F2_Valor) conectada a 2 tablas de Dimensiones, Actividad_Solar, que contienen la actividad solar registrada entre 1957 y 1987 y Letras_Combinación donde se detalla las letras descriptivas y calificativas que se usaron en la recolección de datos, basado en el anuario de Roma 2020. El modelo de datos en Esquema Estrella se representa en un diagrama, como el Diagrama de Entidad-Relación (ER). En este diagrama se visualizan las relaciones entre la tabla central de hechos (BD_F2) y las tablas de dimensiones (Actividad_Solar y Letras_Combinación). Este modelo asegura que los datos estén organizados de manera eficiente, permitiendo realizar análisis rápidos y consultas complejas sin redundancia. En la Fig.2 se muestra el diagrama del modelo de datos. La granularidad máxima de los datos es a nivel por hora.

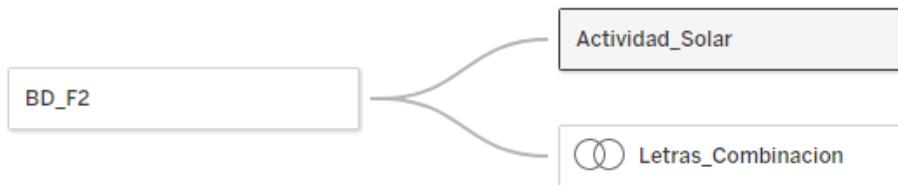


Fig. 2: Modelo de Datos en Tableau

4. Generación de Visualizaciones

Una vez que los datos han sido modelados, se procede a la creación de visualizaciones interactivas en Tableau:

- Se crearon diferentes indicadores para analizar el repositorio en estudio, cuántos archivos se levantaron (cantidad de años, meses, días y horas procesados), en qué momentos no se recolectó información.
- Facilitar la identificación de las apariciones de las diferentes combinaciones de letras.
- Identificar patrones o correlaciones entre los valores de la capa F2 y los eventos solares registrados.

Analisis de Resultados

El objetivo de este estudio fue analizar el comportamiento de los datos históricos de la Frecuencia Crítica de la Capa F2 (foF2) en Tucumán entre 1957 y 1987, bajo la influencia de la actividad solar, utilizando herramientas

modernas de análisis de datos como Power BI y Tableau. Este análisis busca identificar patrones de comportamiento en la ionosfera en base a las letras descriptivas y calificativas de los valores recolectados, además de su relación con los ciclos solares.

Resumen de los datos procesados: Se procesaron 31 años de datos ionosféricos que fueron recolectados de sondadores ionosféricos cada hora. Los datos de la frecuencia foF2, fueron analizados para comprender la calidad del repositorio de datos.

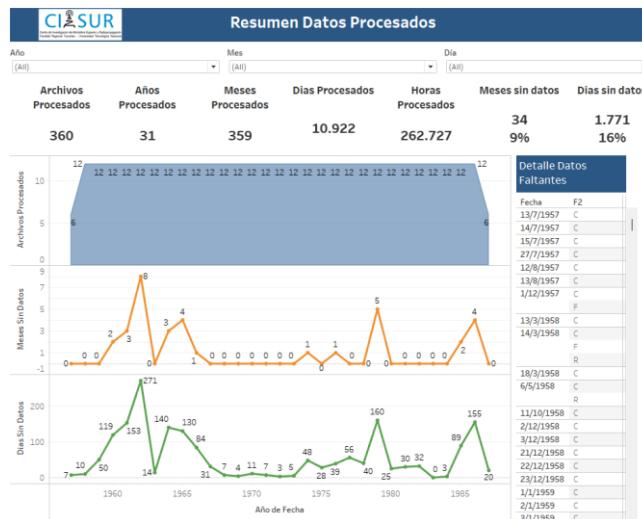


Fig. 3: Datos Procesados

En la Fig. 3 muestra los indicadores del análisis sobre los datos procesados. Podemos destacar que se analizaron 360 archivos equivalentes a 359 meses de los cuales el 9% se encuentran sin datos y dentro de los 10922 días procesados el 16% sin datos. En el año 1962 fue donde se produjo la mayor cantidad de meses sin datos, según la información que tenemos, esto se da porque el sondador estaba roto.

Patrones Identificados en la Frecuencia Crítica de la Capa F2

El análisis de los datos muestra patrones evidentes en la Frecuencia Crítica de la Capa F2 (foF2). En particular, se observa a partir del gráfico de la Fig. 4:

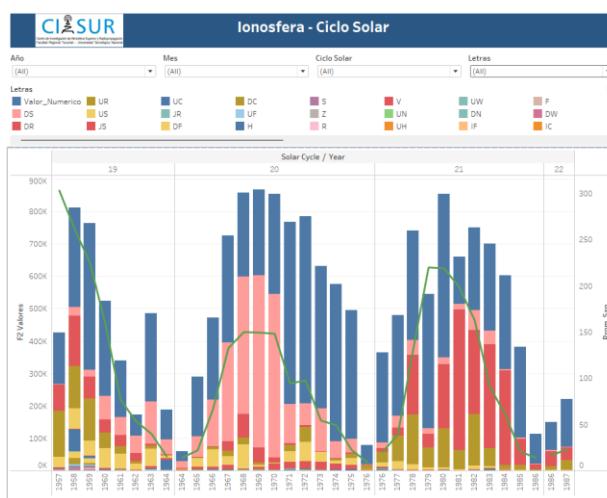


Fig. 4: Correlación de F2 con Ciclo Solar

Impacto de los Ciclos Solares: Se detectaron variaciones significativas en la foF2 en sincronía con los ciclos solares de 11 años. Durante los períodos de mayor actividad solar (ciclos solares 19 y 20), las frecuencias

máximas de la capa F2 mostraron un aumento general en la densidad de electrones, correlacionándose con un mayor número de eventos geomagnéticos.

• Correlaciones con la Actividad Solar

Los resultados obtenidos mediante las visualizaciones interactivas en Tableau mostraron una correlación clara entre los datos de la actividad solar (recopilados desde 1957 hasta 1987) y las variaciones en la foF2. Al analizar los picos de actividad solar en los ciclos solares, se observó que:

Durante los picos de actividad solar, la ionosfera de Tucumán mostró una densidad electrónica mayor, lo que se traduce en un aumento de la frecuencia crítica de la capa F2.

En los ciclos de baja actividad solar, la frecuencia crítica de la capa F2 mostró valores significativamente más bajos, lo que sugiere una menor ionización y mayor absorción de las ondas de radiofrecuencia.

Identificación de Patrones de Letras y Clasificación de Datos

Uno de los aspectos más destacados en el análisis fue la utilización de las letras combinadas para clasificar los datos. A través de las visualizaciones de las diferentes combinaciones de letras, se pudo observar cómo los códigos de clasificación variaban en función de la actividad solar y los eventos geomagnéticos. Estos patrones de letras reflejan los estados de la ionosfera y, al correlacionarlos con los picos de actividad solar, se pueden identificar momentos críticos en los cuales la ionosfera experimentó cambios sustanciales.

Visualizaciones Interactivas

Las visualizaciones interactivas creadas en Tableau facilitaron la comprensión de la distribución temporal de los datos. Las gráficas de líneas y mapas de calor permitieron observar:

- Los picos de la frecuencia crítica de la capa F2 a lo largo de los años.
- La relación entre los eventos solares y las fluctuaciones en los datos de foF2.
- La distribución horaria y mensual de los datos, ayudando a identificar momentos específicos donde no se registró información debido a fallos en la recolección de datos o eventos geomagnéticos extremos.

Conclusiones

El análisis de los datos históricos de la ionosfera en Tucumán ha permitido identificar patrones significativos en la Frecuencia Crítica de la Capa F2, correlacionados con los ciclos solares y los eventos geomagnéticos. La combinación de herramientas modernas como Power BI y Tableau ha facilitado la preparación, limpieza, y visualización de los datos, mejorando la interpretación y comprensión de las variaciones ionosféricas a lo largo de los 30 años de estudio.

Referencias

- Heirtzler, J. R. (2002). The future of the South Atlantic Anomaly and implications for radiation damage in space. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 64(16), 1701-1708. [https://doi.org/10.1016/S1364-6826\(02\)00120-7](https://doi.org/10.1016/S1364-6826(02)00120-7)
- Mendoza, B., et al. (2003). Power spectral density and periodicities in solar cycle activity. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 10(6), 481–485. <https://doi.org/10.5194/npg-10-481-2003>
- Yi, S. Q., & Xu, X. J. (2023). Ionospheric dynamo region in the South Atlantic Anomaly. *Earth and Planetary Physics*, 7(1). <https://doi.org/10.26464/epp2023015>

Contribución de los Autores +info

Nombres y Apellidos del autor	Colaboración Académica													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Elsa SoledadRasgado			X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Jorgelina LuisaLópez	X	X	X	X	X			X	X			X		

1-Administración del proyecto, **2**-Adquisición de fondos, **3**-Análisis formal, **4**-Conceptualización, **5**-Curaduría de datos, **6**-Escritura - revisión y edición, **7**-Investigación, **8**-Metodología, **9**-Recursos, **10**-Redacción - borrador original, **11**-Software, **12**-Supervisión, **13**-Validación, **14**-Visualización.

Monitoreo de la calidad del aire en las inmediaciones de la FRT – UTN

Air quality monitoring in the vicinity of the FRT - UTN

Rubén Darío Egea

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán - Departamento de Ingeniería Electrónica - Laboratorio de Investigaciones Electrónicas (LIE) - Argentina.
rubenegea@doc.frt.utn.edu.ar

Fabio José Poli

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán - Departamento de Ingeniería Electrónica - Laboratorio de Investigaciones Electrónicas (LIE) - Argentina.
fabiopoli@doc.frt.utn.edu.ar

Abel Gonzalo Robra Prieto

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán - Departamento de Ingeniería Electrónica - Laboratorio de Investigaciones Electrónicas (LIE) - Argentina.
Abel.RobraPrieto@doc.frt.utn.edu.ar

César Enrique Ovejero

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán - Departamento de Ingeniería Electrónica - Laboratorio de Investigaciones Electrónicas (LIE) - Argentina.
cesarovejero@doc.frt.utn.edu.ar

Rubén Darío Mansilla

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán - Departamento de Ingeniería Electrónica - Laboratorio de Investigaciones Electrónicas (LIE) - Argentina.
rubenmansilla@doc.frt.utn.edu.ar

José Lucas Abdala

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán - Departamento de Ingeniería Electrónica - Laboratorio de Investigaciones Electrónicas (LIE) - Argentina.
joselucas.abdala@doc.frt.utn.edu.ar

Graciela Ester Baena

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán - Departamento de Ingeniería Electrónica - Laboratorio de Investigaciones Electrónicas (LIE) - Argentina.
gracielabaena@doc.frt.utn.edu.ar

Resumen

El proyecto se enfoca en implementar un sistema avanzado de monitoreo ambiental para medir variables como PM_{2.5}, CO₂, NO_x, temperatura, humedad, presión atmosférica y radiación UV. Utilizando sensores avanzados y tecnología IoT, se recolectarán y analizarán datos en tiempo real. Los resultados se compararán con estándares internacionales y se utilizará inteligencia artificial para predecir patrones de contaminación. Este sistema, extensible a la sede de UTN FRT Concepción, se contrastará con un trabajo de investigación de la Ing. Moya Susana de Gitia UTN FRT, basado en métodos analíticos. Además, será crucial para la concientización de la comunidad UTN-FRT, ya que podrán ver los datos en tiempo real. Desarrollado desde el Departamento de Electrónica de UTN-FRT, en el laboratorio LIE, el proyecto cuenta con ingenieros docentes que cursan distintos másteres, cubriendo diversas áreas de desarrollo. Este proyecto mejorará la educación en ingeniería y la investigación en sostenibilidad, proporcionando datos valiosos para la formulación de políticas públicas.

Palabras Claves: Calidad del aire, Monitoreo ambiental, Sostenibilidad

Abstract

The project focuses on implementing an advanced environmental monitoring system to measure variables such as PM_{2.5}, CO₂, NO_x, temperature, humidity, atmospheric pressure, and UV radiation. Using advanced sensors and IoT technology, data will be collected and analyzed in real time. The results will be compared with international standards, and artificial intelligence will be used to predict pollution patterns. This system, which can be extended to the UTN FRT Concepción campus, will be compared with research conducted by Susana de Gitia Moya, an engineer at UTN FRT, based on analytical methods. Furthermore, it will be crucial for raising awareness within the UTN-FRT community, as they will be able to view the data in real time. Developed by the Electronics Department at UTN-FRT, in the LIE laboratory, the project involves engineering faculty members pursuing various master's degrees, covering diverse areas of development. This project will enhance engineering education and sustainability research, providing valuable data for public policy formulation.

Keywords: Air quality, environmental monitoring, sustainability.

Introducción

La contaminación del aire es una de las principales amenazas ambientales y de salud pública a nivel mundial. Las partículas en suspensión (PM₁, PM_{2.5} y PM₁₀) son especialmente preocupantes debido a su capacidad para penetrar profundamente en los pulmones y causar problemas respiratorios y cardiovasculares. Este proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema de monitoreo ambiental avanzado en la UTN FRT para medir y analizar la calidad del aire, con un enfoque particular en el material particulado.

Metodología

El sistema de monitoreo se diseñará de manera modular, utilizando sensores avanzados y tecnología IoT para la recolección y análisis de datos. Se implementará una interfaz web para el acceso en tiempo real a los datos. Los métodos de medición incluirán monitores de atenuación beta (BAM) y contadores ópticos de partículas (OPC) para medir el material particulado. Los datos se almacenarán en la nube utilizando el protocolo MQTT y se analizarán utilizando inteligencia artificial para predecir patrones de contaminación.

Análisis de Resultados

Los datos recolectados se evaluarán y compararán con estándares internacionales establecidos por organismos como la OMS y la EPA. Se utilizará inteligencia artificial para identificar patrones y predecir eventos de contaminación. Los resultados preliminares indican que las concentraciones de PM_{2.5} y PM₁₀ varían significativamente según la ubicación y las condiciones meteorológicas. Se observaron niveles más altos de material particulado en áreas cercanas a fuentes de emisión como carreteras y zonas industriales.

Conclusiones

El sistema de monitoreo propuesto mejorará la educación en ingeniería y la investigación en sostenibilidad en la UTN FRT. Proporcionará datos valiosos para la formulación de políticas públicas y ayudará a identificar áreas con altos niveles de contaminación. La implementación de este sistema contribuirá a la protección de la salud pública y el medio ambiente, estableciendo un nuevo estándar en la monitorización ambiental regional.

Recomendaciones

Se recomienda expandir el sistema de monitoreo a otras sedes de la UTN y a diferentes regiones para obtener una visión más completa de la calidad del aire en Argentina. Además, se sugiere incorporar más sensores y variables ambientales para mejorar la precisión y el alcance del monitoreo. Es crucial promover la responsabilidad ambiental en la comunidad UTN y en la sociedad en general.

Referencias Bibliográficas

Universidad Tecnológica Nacional. (2024). *Instrumentos de medición de calidad de aire y agua. Repositorio Institucional Abierto*.

<https://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12272/10757/Instrumentos%20de%20Medici%C3%B3n%20de%20Calidad%20de%20Aire%20y%20Agua.docx%20%2821%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Organización Mundial de la Salud. (2021). *Informe mundial sobre la visión 2021*. Organización Mundial de la Salud. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/346062/9789240035461-spa.pdf>

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2024). *Información sobre PM_{2.5} y PM₁₀*. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina. (2024). *Calidad del aire en Argentina. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina*. <https://www.argentina.gob.ar/interior/ambiente>

Centro de Investigación en Salud Poblacional del Instituto Nacional de Salud Pública de México. (2024). *Estudios sobre PM_{2.5}*. Instituto Nacional de Salud Pública de México. <https://www.insp.mx/centros/salud-poblacional.html>

Agencia Europea de Medio Ambiente. (2024). *Calidad del aire en Europa*. Agencia Europea de Medio Ambiente. <https://www.eea.europa.eu/es/highlights/la-calidad-del-aire-en>

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2024). Calidad del aire. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. <https://www.gob.mx/aire/index.html>

Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2024). Monitoreo de calidad del aire. Ministerio del Medio Ambiente de Chile. <https://sinca.mma.gob.cl/>

Contribución de los Autores

Nombres y Apellidos del autor	Colaboración Académica													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Rubén Darío Egea	X	X					X					X	X	X
Fabio José Poli		X		X	X		X	X				X	X	X
Abel Gonzalo Robra Prieto			X	X	X	X	X	X			X		X	X
Cesar Enrique Ovejero			X	X	X	X	X	X		X			X	X
Rubén Darío Mansilla			X				X		X				X	X
José Lucas Abdala				X			X		X				X	X
Graciela Ester Baena						X	X	X		X			X	X

1-Administración del proyecto, 2-Adquisición de fondos, 3-Análisis formal, 4-Conceptualización, 5-Curaduría de datos, 6-Escritura - revisión y edición, 7-Investigación, 8-Metodología, 9-Recursos, 10-Redacción - borrador original, 11-Software, 12-Supervisión, 13-Validación, 14-Visualización.

La oportunidad de los retos medioambientales dentro del plan estratégico de sostenibilidad en distribución de gas natural por cañerías en el NOA

The opportunity of environmental challenges within the strategic sustainability plan for the distribution of natural gas through pipelines in the NOA

Mario Daniel Murillo

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán – Centro de Ingeniería Ambiental – Argentina.
cedia.frt@gmail.com
murillom@gasnor.com

Carlos Ramón Serrano

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán – Centro de Ingeniería Ambiental – Argentina.
cedia.frt@gmail.com

Resumen

En un escenario global que continúa tensionado por las diferentes crisis paralelas, los conflictos geopolíticos, las tensiones en la cadena de suministro, la evolución del cambio climático junto con un contexto económico marcado por la inflación y la subida de los tipos de interés que agrandan las desigualdades, las familias y empresas sienten la vulnerabilidad de la sociedad y el planeta.

En este escenario, los retos medioambientales son clave en el proceso de transición energética y las demandas de la sociedad trabajando con excelencia, transparencia, talento y compromiso, junto a los grupos de interés.

Para llevar a cabo este propósito y generar un impacto positivo sobre las personas y la naturaleza, la organización cuenta con el Plan Estratégico 2021-2025, asentado sobre los cinco pilares: la búsqueda del crecimiento orgánico, el foco en las actividades de energías renovables y redes, la mejora continua de los procesos (incluido especialmente los de relación con clientes), la plena integración de los criterios Ambientales, Sociales y de Gobernanza (ASG) en la estrategia y gestión, y la transformación cultural que haga posible todo lo anterior.

En 2023, el escenario macroeconómico influido por una alta inflación y en consecuencia las altas tasas de interés que añaden incertidumbre a las perspectivas económicas, la volatilidad sin precedentes en el sector energético, los cambios regulatorios acompañados de una aceleración de los planes para la transición energética tanto en Europa como en Estados Unidos, sin olvidar el protagonismo de la seguridad y asequibilidad del suministro, han aconsejado analizar la evolución del Plan Estratégico teniendo en cuenta estas tendencias.

Esta revisión, realizada en el ecuador del plan, incorpora y resalta el rol que Naturgy seguirá desempeñando como actor clave para aportar una solución equilibrada al trilema energético.



Palabras claves: Retos medioambientales, sostenibilidad, ecoeficiencia, cambio climático, criterios ASG.

Abstract

In a global context that continues to be stressed by the different parallel crises, geopolitical conflicts, tensions in the supply chain, the evolution of climate change together with an economic context marked by inflation and rising interest rates that widen inequalities, families and companies feel the vulnerability of society and the planet.

In this context, environmental challenges are key in the energy transition process and the demands of society, working with excellence, transparency, talent and commitment, together with stakeholders.

To achieve this goal and generate a positive impact on people and nature, the organization has the 2021-2025 Strategic Plan, based on five pillars: the search for organic growth, the focus on renewable energy and network activities, the continuous improvement of processes (including especially those related to customer relations), the full integration of Environmental, Social and Governance (ESG) criteria in strategy and management, and the cultural transformation that makes all of the above possible.

In 2023, the macroeconomic scenario influenced by high inflation and consequently high interest rates that add uncertainty to the economic outlook, unprecedented volatility in the energy sector, regulatory changes accompanied by an acceleration of plans for the energy transition in both Europe and the United States, without forgetting the importance of security and affordability of supply, have advised analyzing the evolution of the Strategic Plan taking these trends into account.



This review, carried out halfway through the plan, incorporates and highlights the role that Naturgy will continue to play as a key player in providing a balanced solution to the energy trilemma.

Keywords: Environmental challenges, sustainability, eco-efficiency, climate change, ESG standards.

Desarrollo

El plan estratégico integra los compromisos con el medioambiente, la sociedad y la gobernanza (ASG). La sostenibilidad como eje transversal de la estrategia permite reducir el impacto medioambiental, aumentar el compromiso de los grupos de interés y avalarnos como compañía responsable con la transición energética.

Los principales objetivos ASG en distribución de gas natural por cañerías en el NOA son los siguientes:

Medio ambiente

Cero emisiones netas en 2050

Reducir las emisiones totales de CO₂ en un 24% (2025 vs 2017).

Proteger la diversidad, alcanzando una cifra de más de 350 proyectos para preservar los ecosistemas.

Social

Paridad de género en 2030

Potenciar la diversidad, alcanzando más de un 40% de mujeres en cargos directivos. Extender las políticas ASG en la cadena de suministro hasta un 95%.

Gobernanza

Implantar las recomendaciones y metodología de riesgo de cambio climático y Taxonomía UE para mantener posiciones de liderazgo en los índices de sostenibilidad.

En Gasnor, como parte del grupo Naturgy, entendemos a la Responsabilidad Corporativa (RC) como el conjunto de acciones desarrolladas para establecer relaciones de confianza, estables, sólidas y de beneficio mutuo con nuestros grupos de interés.

Nuestra Política de Responsabilidad Corporativa establece el marco común de actuación que guía el comportamiento responsable de la compañía. Buscamos atender las necesidades energéticas de la sociedad, las necesidades de nuestros empleados y las necesidades de nuestros accionistas.

Los compromisos y principios de actuación con nuestros grupos de interés que asumimos en esta Política son:

Excelencia en el servicio

Poniendo al cliente en el centro de las operaciones, proporcionando un servicio ágil y eficiente.

Compromiso con los resultados

Gestionando adecuadamente los riesgos y desarrollando un modelo de negocio sólido que garantice la sostenibilidad y la creación de valor a largo plazo.

Gestión responsable del medio ambiente

Siendo conscientes de los impactos ambientales de las actividades en el entorno donde se desarrollan, prestando una especial atención a la protección del medio ambiente y al uso eficiente de los recursos naturales.

Interés por las personas

Promoviendo un entorno de trabajo de calidad, basado en el respeto, la diversidad y el desarrollo personal y profesional.

Seguridad y salud

Planificando y desarrollando las actividades asumiendo que nada es más importante que la seguridad, la salud y el bienestar de las personas.

Cadena de suministro responsable

Manteniendo relaciones de confianza, estables, sólidas y de beneficio mutuo, bajo los principios de transparencia y gestión del riesgo con proveedores y empresas colaboradoras.

Compromiso social

Comprometiéndonos con el desarrollo económico y social de la región, aportando conocimientos, capacidad de gestión, así como dedicando parte de los beneficios a la inversión social.

Integridad y transparencia

Consideramos que la confianza de los grupos de interés se fundamenta en la integridad, entendida como la actuación ética, honesta, responsable y de buena fe de cada una de las personas que trabajan en la compañía.

Principios de actuación responsable con el medio ambiente



En todas nuestras acciones y procedimientos, priorizamos:

- › La vida humana sobre cualquier otra consideración.
 - › La protección del medio ambiente y las actividades socioeconómicas y culturales.
 - › La salvaguarda de los bienes de la organización y de terceros.
-
- Contribuir al desarrollo sostenible mediante la ecoeficiencia, el uso racional de los recursos naturales y energéticos, la minimización del impacto ambiental, el fomento de la innovación y el uso de las mejores tecnologías y procesos disponibles.
 - Contribuir a la mitigación y adaptación del cambio climático a través de energías bajas en carbono y renovables, la promoción del ahorro y la eficiencia energética, y la aplicación de nuevas tecnologías.
 - Integrar criterios ambientales en los procesos de negocio, en los nuevos proyectos, actividades, productos y servicios, así como en la selección y evaluación de proveedores.
 - Minimizar los efectos adversos sobre los ecosistemas y fomentar la conservación de la biodiversidad.
 - Promover el uso eficiente y responsable de la energía y los recursos naturales, estableciendo actividades encaminadas a la mejora en su gestión en el marco de la economía circular.

- Garantizar la prevención de la contaminación mediante la mejora continua, el empleo de las mejores técnicas disponibles y al análisis, control y minimización de los riesgos ambientales.

Gestión ambiental

Para evaluar los aspectos e impactos ambientales en proyectos y mantenimiento de redes, seguimos la normativa ambiental actual (NAG 153). Realizamos un Estudio Ambiental Previo (EAP) en la fase de anteproyecto y un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) durante la etapa de proyecto ejecutivo. Poseemos también el Manual de Procedimientos Ambiental (edición 13 – diciembre 2023), que incluye Procedimientos Específicos y el Programa de Gestión Ambiental, compuesto por el Plan de Contingencias Ambientales, Plan de Auditoría Ambiental, Plan de Abandono o Retiro de Instalaciones y Plan de Capacitación y Entrenamiento.

Asimismo, realizamos auditorías trienales sobre el cumplimiento del Manual de Procedimientos Ambientales, de acuerdo con lo establecido en el apartado 7.5.5 de la Norma NAG 153/2006.

Eje estrategia ambiental	Tipología	Sub-tipología	Detalle
Cambio climático y transición energética (CC)	Prevención del cambio	Reducción y control de emisión GEI (CO ₂ , metano, sf6, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> Optimización de combustión y eficiencia energética en instalaciones propias y de clientes. Digitalización de la red y contadores inteligentes. Reparación de fugas de metano y mejora de redes. Cambio de materiales para reducir emisiones.
	Transmisión energética	Movilidad sostenible	<ul style="list-style-type: none"> Fomento de movilidad sostenible en clientes: instalación de puntos de carga eléctrica y estaciones de suministro de gas. Mejoras en flota propia: cambio a vehículos de bajas emisiones Reducción de viajes de empleados: uso de videoconferencias, compartir vehículos y bonos de transporte público.
Economía circular y ecoeficiencia (EC) (todos los contaminantes menos GEI)	Ecoeficiencia	Ruido, radiaciones y vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> Uso de pantallas y silenciadores, medición de ruidos. Instalación de amortiguadores. Control y reducción de radiaciones electro-magnéticas y radioactivas, incluyendo el uso de detectores iónicos y pararrayos, además de vigilancia radiológica.
Gestión y Gobernanza Ambiental (GA)	Personal	Gasto de personal	<ul style="list-style-type: none"> Remuneración del personal técnico, incluyendo empleados de departamentos de medio ambiente, coordinadores SIG y otros.
		Patrocinios y colaboraciones	<ul style="list-style-type: none"> Patrocinios y colaboraciones de carácter medioambiental con ONG, fundaciones, entidades académicas, etc.
	Formación, comunicación y patrocinios ambientales	Sensibilización, y comunicación ambiental	<ul style="list-style-type: none"> Elaboración de contenidos y publicaciones de carácter ambiental. Participación en congresos y eventos relacionados.

Referencias

Contribución de los Autores

Nombres y Apellidos del autor	Colaboración Académica													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Mario Daniel Murillo	X	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X	
Carlos Ramón Serrano						X			X				X	

1-Administración del proyecto, 2-Adquisición de fondos, 3-Análisis formal, 4-Conceptualización, 5-Curaduría de datos, 6-Escritura - revisión y edición, 7-Investigación, 8-Metodología, 9-Recursos, 10-Redacción - borrador original, 11-Software, 12-Supervisión, 13-Validación, 14-Visualización.

Evaluación del Desempeño Sísmico de Puentes Típicos en Argentina. Rehabilitación con Aisladores LRB.

Evaluation of the Seismic Performance of Typical Bridges in Argentina. Retrofitting with LRB Insulators.

Presentación: 02/12/2024

José Aníbal Saracho

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán - Argentina
joseanibalsaracho@yahoo.com.ar

Gustavo Ariel Pérez

Instituto de Estructuras - Universidad Nacional de Tucumán - Argentina
gperez@herrera.unt.edu.ar

Oscar Dip

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán - Argentina
odip@herrera.unt.edu.ar

Resumen

Se evalúa el desempeño sísmico de dos clases de puentes típicos en Argentina con el propósito de investigar la vulnerabilidad sísmica de dichas estructuras y comprobar la efectividad de la técnica de rehabilitación empleada para mitigarla, consistente en el uso de aisladores elastoméricos con núcleo de plomo (Lead Rubber Bearing, LRB). Se utilizó el método de evaluación detallada por análisis dinámico no lineal, siendo considerado éste como el procedimiento de mayor rigurosidad y complejidad. Se crearon modelos 3D de los puentes en la plataforma de elementos finitos OpenSees con consideración de la interacción suelo-estructura, tanto en estribos como en pilas. Por otra parte, la acción sísmica se representó por medio de acelerogramas compatibles con los espectros de pseudoaceleraciones obtenidos para los niveles de sismos requeridos para la evaluación. En cada caso, se comparó la demanda sísmica con la capacidad de los componentes críticos, determinándose así el grado de daño alcanzado por la estructura. Se verificó que ambos puentes no cumplen con los niveles de desempeño exigidos acorde a la vida útil remanente de cada uno de ellos. Conforme a los resultados obtenidos, la técnica de rehabilitación utilizada resulta altamente efectiva, llevando a ambos puentes al nivel de desempeño requerido.

Palabras claves: Puentes, Rehabilitación sísmica, Aisladores

Abstract

The seismic performance of two classes of typical bridges in Argentina is evaluated with the purpose of investigating the seismic vulnerability of said structures and verifying the effectiveness of the rehabilitation technique used to mitigate it, consisting of the use of lead rubber bearing (LRB). The detailed evaluation method by non-linear dynamic analysis was used, this being considered the most rigorous and complex procedure. 3D models of the bridges were created in the OpenSees finite element platform with consideration of the soil-structure interaction, both in abutments and in piers. On the other hand, the seismic action was represented by means of accelerograms compatible with the pseudo-acceleration spectra obtained for the earthquake levels required for the evaluation. In each case, the seismic demand was compared with the capacity of the critical components, thus determining the degree of damage achieved by the structure. It was verified that both bridges do not meet the performance levels required according to the remaining useful life of each of them. According to the results obtained, the rehabilitation technique used is highly effective, bringing both bridges to the required performance level.

Keywords: Bridges, Seismic retrofitting, Isolators

Introducción

El propósito de este trabajo de investigación es presentar un método de avanzada de evaluación detallada mediante análisis dinámico no lineal (ADNL) de puentes típicos ubicados en zonas caracterizadas como de elevada y muy elevada peligrosidad sísmica del territorio nacional. Dicha evaluación se aplica para la situación de dichos puentes en los estados original y rehabilitado. Para la rehabilitación se consideró la técnica basada en el uso de aisladores elastoméricos con núcleo de plomo. La metodología permite evaluar cuantitativamente la capacidad sísmica de una estructura existente y también determinar la efectividad global de la técnica de rehabilitación empleada.

Metodología

Se seleccionaron dos puentes típicos ubicados en la provincia de Mendoza, en los cuales las luces de tramo, número de tramos, altura de pilas y ancho de tablero se corresponden con los valores medios de un estudio estadístico llevado a cabo por los autores (Saracho et al., 2014). En Figuras 1 y 2 se ofrecen vistas y cortes de estos puentes de estudio. La longitud total de ambas estructuras es de aproximadamente 66 m.



Fig. 1: Puente sobre Arroyo Tierras Blancas, Ruta Nacional 40

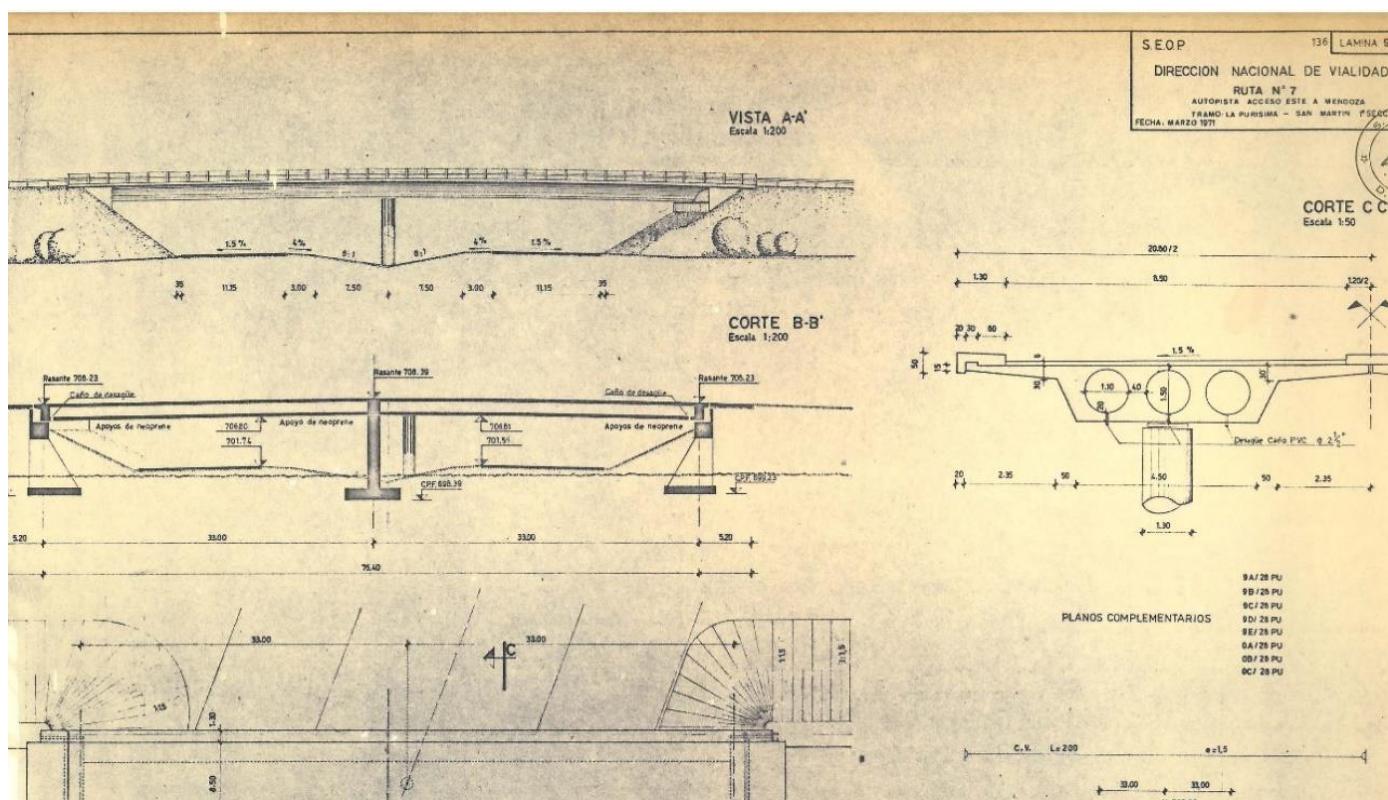


Fig. 2: Puente Acceso Este a Ciudad de Mendoza, Ruta Nacional 7

Se siguió la metodología establecida en el Manual de Rehabilitación Sísmica de Puentes (MRSP), una publicación de la Administración Federal de Carreteras de los Estados Unidos (FHWA) (Buckle et al., 2006). Allí se plantean objetivos de desempeño estructural para dos niveles de sismos, de 100 y 1000 años de periodo de retorno promedio, respectivamente, considerando asimismo la vida útil remanente de las estructuras.

Los acelerogramas a utilizar en los ADNL para verificación del desempeño estructural deben representar el ambiente tectónico y las condiciones locales del sitio de emplazamiento del puente. En este trabajo se utilizaron registros de sismos reales de ambientes tectónicos similares a los del centro-oeste argentino, los cuales fueron escalados para compatibilizar con los espectros de respuesta para los sismos menor y mayor respectivamente. Para la búsqueda de dichos acelerogramas se utilizó la aplicación web de la base de datos del PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center) - Next Generation Attenuation (NGA) PEER (2020).

En este estudio se emplearon dos parámetros de Demanda Ingenieril (PDI) para definir los Umbrales de Daño en Componentes que ofician de límites para los distintos niveles de desempeño establecidos: ductilidad por curvatura en las columnas y capacidad de desplazamiento de la superestructura en función de las dimensiones de los elementos que le sirven de apoyo.

Se desarrollaron modelos analíticos 3D de los puentes usando la plataforma de elementos finitos OpenSees (McKenna et al., 2013). La superestructura de cada puente fue modelada aplicando elementos de barra prismáticos elásticos, asumiendo la hipótesis de que permanecen en el rango elástico según las prescripciones de Caltrans (2013) (Dpto. de Transporte de California). Para las pilas se adoptaron elementos de barra no lineales con plasticidad concentrada en los extremos, donde se formarán las rotulas plásticas. En este caso, las secciones son discretizadas con fibras longitudinales de acero para las armaduras longitudinales, hormigón confinado para el núcleo central y hormigón no confinado para el recubrimiento.

Asimismo, la interacción suelo-estructura en los estribos se modeló disponiendo resortes en los extremos del modelo con adecuadas relaciones no lineales de fuerza-deformación, las cuales están basadas en las disposiciones de Caltrans (2013).

En Figura 3 se ofrece una vista del modelo analítico del puente sobre Ruta 40 con detalles de los resortes ubicados en estribos y pilas, como asimismo de las fibras en columnas.

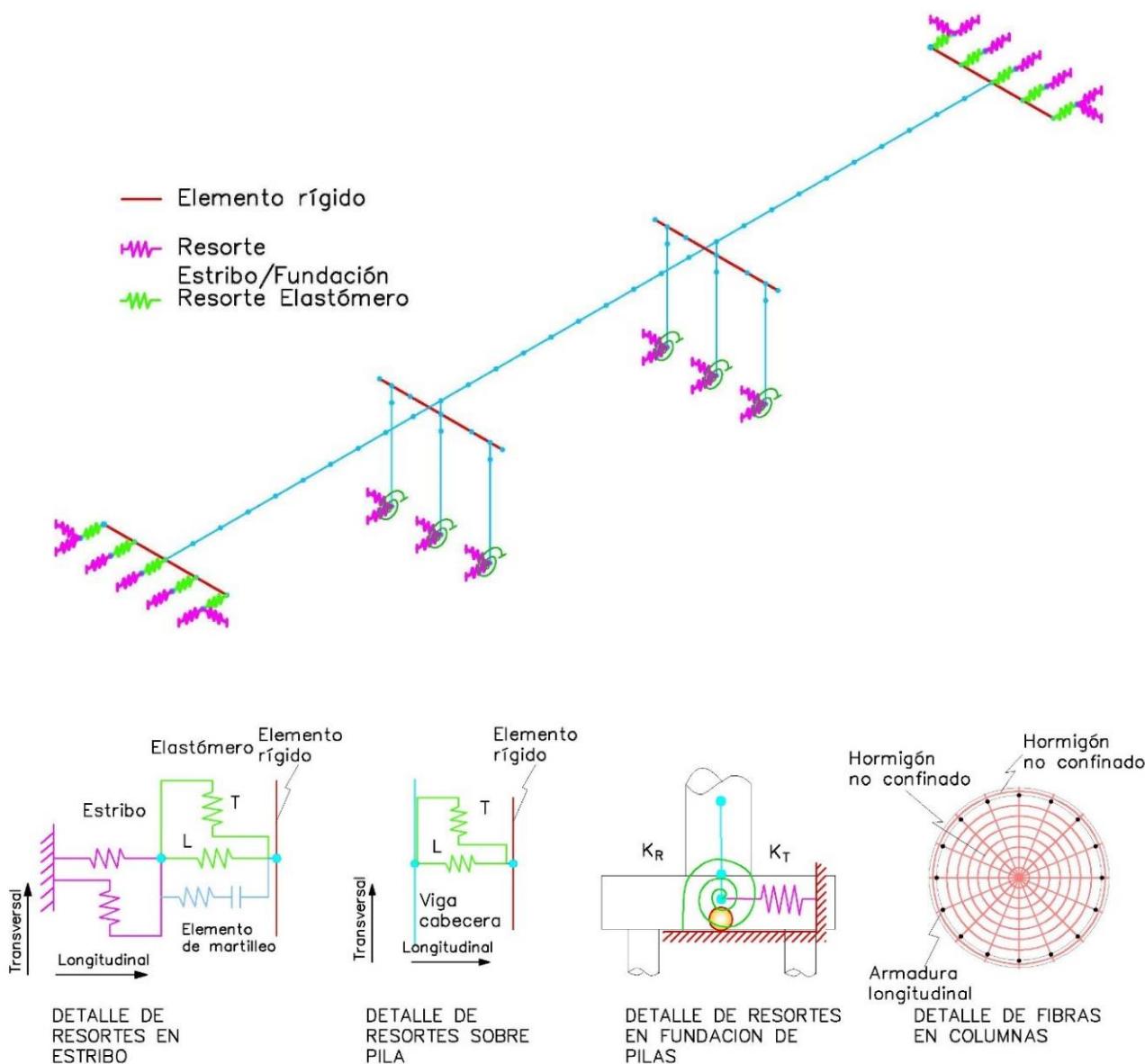


Fig. 3: Modelo analítico 3D detallado del Puente sobre Ruta 40. Basado en el trabajo de los investigadores norteamericanos Nielson y DesRoches (2005)

En relación con los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo (Figura 4), los mismos se diseñaron de conformidad con lo establecido por las especificaciones AASHTO (2014) en la materia.

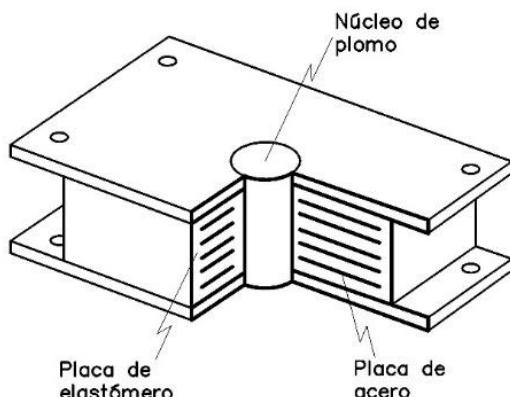


Figura 4. Aislador elastomérico con núcleo de plomo (LRB)

Por último, se dispusieron estos dispositivos en el modelo, en reemplazo de los apoyos elastoméricos existentes, para así realizar los análisis dinámico no lineales con cada sismo de entrada.

Resultados y Discusión

En las Figuras 5 y 6 se muestran las respuestas Momento-Curvatura para ambos puentes ante el sismo mayor en la dirección longitudinal, donde resultaron más desfavorables. Obsérvese la notable reducción de las curvaturas máximas de los casos aislados sísmicamente respecto de la situación original.

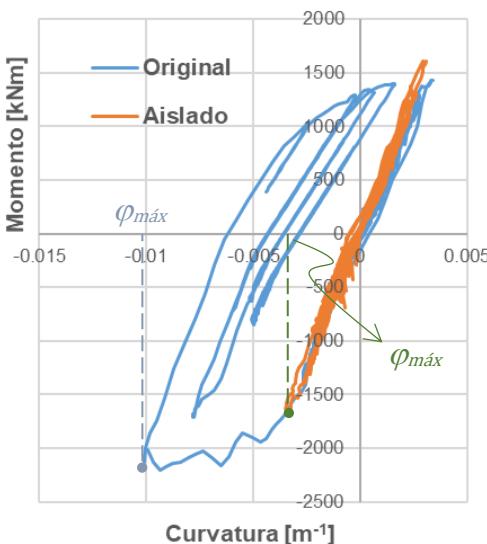


Figura 5: Diagrama Momento-curvatura en columna de pila del Puente sobre RN 40 en Dirección Longitudinal

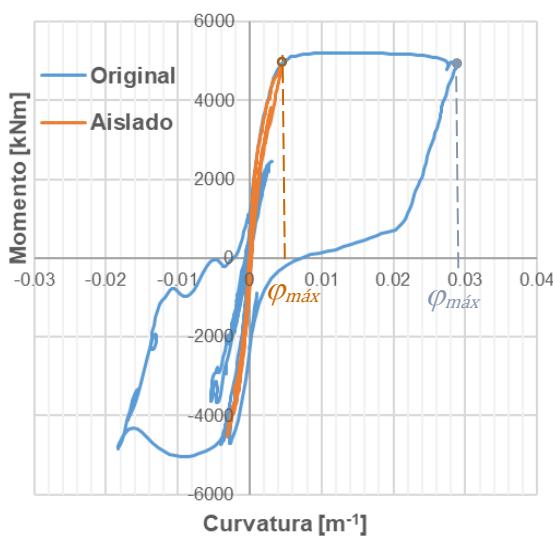


Figura 6: Diagrama Momento-curvatura en columna de pila del Puente sobre RN 7 en dirección longitudinal

La Figura 7 ofrece la respuesta de uno de los aisladores ubicados sobre la pila del puente sobre Ruta 7, en dirección longitudinal, apreciándose los ciclos histeréticos que dan lugar a la disipación de energía en estos dispositivos.

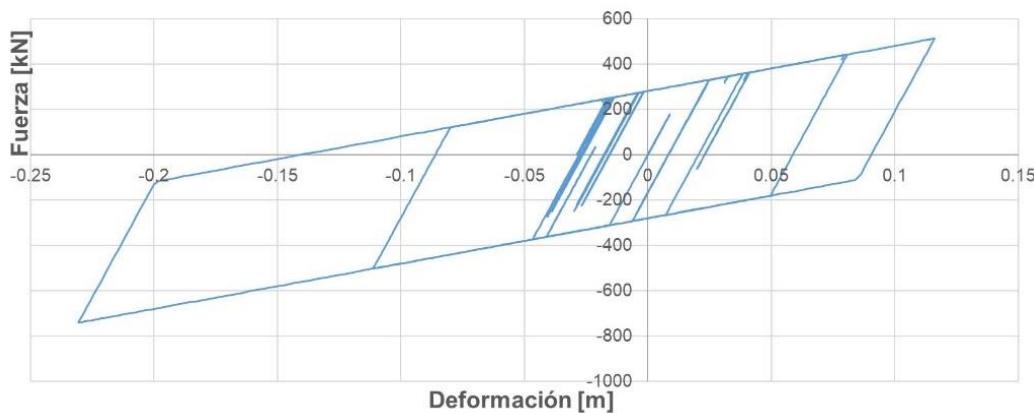


Figura 6. Respuesta de uno de los Aisladores sobre Pila en Puente sobre Ruta 7, en Dirección Longitudinal

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, ambos puentes no cumplen con los requerimientos mínimos de desempeño para el denominado Sismo Mayor, de 1000 años de recurrencia. La técnica de rehabilitación empleada resultó altamente efectiva, a través de la limitación de fuerzas en componentes críticos como las pilas y la modificación de la respuesta dinámica, permitiendo que las estructuras estudiadas puedan cumplir con los objetivos de desempeño esperados conforme a normativa.

Referencias

- AASHTO (2014). *Guide Specifications for Seismic Isolation Design*. American Association of State Highway and Transportation Officials Washington, DC, USA
- Buckle, I.; Friedland, I.; Mander, J.; Martin, G.; Nutt, R.; Power, M. (2006). *Seismic Retrofitting Manual for Highway Structures: Part 1 – Bridges*. Federal Highway Administration; Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research, University at Buffalo, State University of New York, USA.
- Caltrans (2013). *Seismic Design Criteria Version 1.7.*, California Department of Transportation, Sacramento, CA. USA. pag.124-129.
- McKenna, F., Fenves, G., Filippou, F., Scott, M., Elgamal, A., Arduino, P. (2013). *Open System for Earthquake Engineering Simulation*. Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, USA. <http://opensees.berkeley.edu>
- Nielson, B. G.; DesRoches, R. (2007). Analytical Seismic Fragility Curves for Typical Bridges in the Central and Southeastern United States. *Earthquake Spectra*, Volume 23, No. 3, pag. 615–633.
- PEER (2020). Ground Motion Database. Pacific Earthquake Engineering Research Center. <https://peer.berkeley.edu/peer-strong-ground-motion-databases>
- Saracho, J.; Perez, G.; Barlek, J.; Dip, O.; Castelli, E. (2014). *Clasificación de puentes en Argentina para la evaluación de su vulnerabilidad sísmica*. Memorias de la 1a Conferencia Internacional de Puentes-Chile 2014. Santiago. Chile

Contribución de los Autores

Nombres y Apellidos del autor	Colaboración Académica													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
José Aníbal Saracho	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gustavo Ariel Pérez			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Oscar Dip			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

1-Administración del proyecto, 2-Adquisición de fondos, 3-Análisis formal, 4-Conceptualización, 5-Curaduría de datos, 6-Escritura - revisión y edición, 7-Investigación, 8-Metodología, 9-Recursos, 10-Redacción - borrador original, 11-Software, 12-Supervisión, 13-Validación, 14-Visualización.

Analisis de las Barreras Económicas y Políticas en la Gestión de la Energía en la Industria Argentina del Siglo XXI

Analysis of the Economic and Political Barriers in Energy Management in the Argentine Industry of the 21st Century

Presentación: 10/11/2024

Garcia Luis

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán, Argentina.
luisgarcia@frt.utn.edu.ar

Abdelhamid Sado

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán, Argentina.
sahdoabdelhamid@doc.frt.utn.edu.ar

Martinez Sandra

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán, Argentina.

Villalba Marcelo

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán, Argentina.

Javier Quiroga

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán, Argentina.

Gonzalez Miguel

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán, Argentina.

Resumen

En los diagnósticos de “Gestión de la Energía” y “Eficiencia Energética” en la industria de Tucumán se identificaron grandes oportunidades de mejora comunes en sectores como el metalmecánico, azucarero, citrícola, frigorífico y textil. Una deficiencia notable es la falta de capacitación en la evaluación económica de proyectos de eficiencia energética y el desconocimiento de normas internacionales como la ISO 50001, lo cual reduce la competitividad empresarial. Las pérdidas energéticas ocurren en áreas clave, incluyendo bombas, motores y aislamiento térmico. La falta de conocimiento en gestión de energía, influenciada por fluctuaciones económicas y el impacto del costo de la energía y los subsidios, afecta los tiempos de recuperación de inversión, desincentivando mejoras. La ausencia de cultura y capacitación en eficiencia energética se debe, en parte, a cambios en las políticas económicas y energéticas, lo cual limita la inversión en proyectos de ahorro energético.

Palabras claves: Gestión de la Energía, PBI, Inflación

Abstract

The “Energy Management” and “Energy Efficiency” diagnostics conducted in Tucumán's industry revealed significant improvement opportunities across sectors such as metalworking, sugar, citrus, refrigeration, and textiles. A notable deficiency is the lack of training in the economic evaluation of energy efficiency projects and limited knowledge of international standards like ISO 50001, which reduces business competitiveness. Energy losses occur in key areas, including pumps, motors, and thermal insulation. The lack of expertise in energy

management, influenced by economic fluctuations and the impact of energy costs and subsidies, affects investment recovery times, discouraging improvements. The absence of a culture and training in energy efficiency is partly due to changes in economic and energy policies, which limits investment in energy-saving projects.

Keywords: Energy Management, GDP, Inflation

Introducción

Este trabajo de investigación, parte del PID titulado “Estado de la gestión de la energía y análisis de los puntos críticos para la mejora en la eficiencia energética en la industria de la provincia de Tucumán”, tiene como objetivo evaluar el avance en la gestión de la energía en los sectores industriales y de servicios de Tucumán y Argentina, comparándolos con estándares mundiales. El estudio busca proporcionar a cada empresa y sector industrial informes técnicos sobre los puntos críticos de mejora en la gestión energética, y a la UTN FRT, una lista de competencias necesarias para futuros profesionales en gestión energética, según la ISO 50001.

El primer paso es entender el estado actual de la industria nacional en relación con su contexto energético y variables macroeconómicas clave, esenciales para el análisis de contexto, proyectos de inversión y decisiones estratégicas para mejorar la competitividad y expansión industrial. Además, el artículo identifica las barreras que enfrentan las industrias a nivel nacional, clasificándolas en barreras del contexto energético y específicas para la gestión de la energía. Las barreras del contexto energético incluyen el compromiso institucional, marcos regulatorios estables y planes energéticos claros, fundamentales para la implementación efectiva de políticas y estrategias energéticas., las barreras energéticas de mayor trascendencia son las siguientes. (Heins, Afranchi, & Giumelli, 2021):

- Barreras del contexto macroeconómico y de mercado
- Barreras de Financiamiento a largo plazo
- Barreras Institucionales y del marco regulatorio
- Barreras tecnológicas y de capacidades
- Barreras socio culturales o de concientización

La principal dificultad que enfrenta la industria para implementar proyectos de eficiencia energética, según una encuesta realizada en el PlanEEAr 2018, está relacionada con el contexto económico general y la dificultad para obtener financiamiento a largo plazo. Estos desafíos están estrechamente vinculados a factores económicos más amplios, como la evolución de indicadores clave que reflejan la salud de la economía y el sector energético. Estos indicadores no solo dependen de las fluctuaciones en los precios de la energía, sino también de las políticas energéticas gubernamentales, que a través de subsidios y otras medidas pueden influir significativamente en los costos de la energía y, por ende, en la viabilidad de los proyectos de eficiencia energética (Maccarone & Gil, 2017).

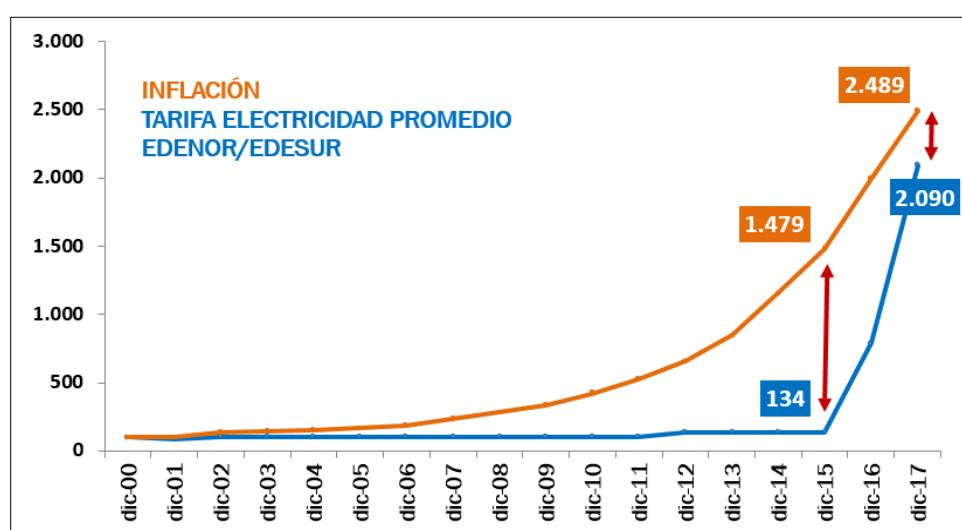


Figura 1: Fuente: Ministerio de Hacienda, Subsecretaría de Programación Macroeconomica.(Sebastián Galiani).

Un claro ejemplo de esta situación es la comparación del precio de la energía en el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) entre los años 2000 y 2017. Durante este período, el precio promedio anual de la energía (Edenor/Edesur) aumentó un 134% entre 2000 y 2015, mientras que la inflación acumulada (Índice de Precios al Consumidor, IPC) subió un 1479%. Esta política de congelamiento de precios de la energía se contrasta con la política de actualización de precios con el cambio de gobierno en 2015, donde el precio promedio de la energía pasó del 134% en 2015 al 2090% en 2017, en comparación con el año 2000, alcanzando prácticamente la inflación acumulada de 2489% respecto al año 2000. Lo mencionado anteriormente puede observarse en la Fig. 1.

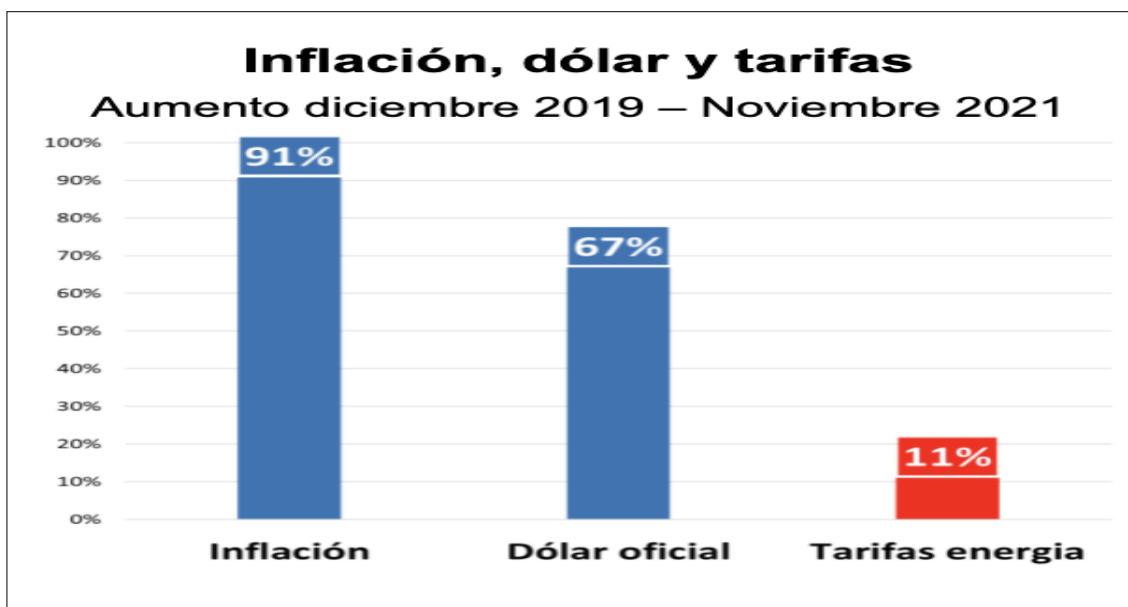


Figura 2. Fuente: IDESA Informe N°:939-2021.

Desarrollo

El objetivo del trabajo es identificar los puntos críticos para implementar proyectos de gestión de energía y eficiencia energética en Argentina, considerando variables macroeconómicas. El estudio se divide en dos partes: la primera analiza variables económicas energéticas como el consumo energético per cápita, el precio promedio anual de la energía, el PIB per cápita y el salario mínimo entre 2000 y 2020. La segunda parte se enfoca en los proyectos de gestión de la energía y eficiencia energética más impactantes durante el mismo período (Moreno, Simone, & Maduri, 2017).

El análisis revela que el consumo de energía eléctrica en Argentina está influenciado por los hábitos de consumo, las actividades realizadas y los recursos utilizados para generar energía, principalmente gas. Entre 2000 y 2020, el consumo promedio de energía por habitante fue de 2561 kWh anuales. El precio promedio anual de la energía se divide en tres etapas: un mínimo en 2002-2006, un aumento del 89% en 2006-2015, y un incremento del 62% en 2015-2020. Además, se observó una disminución en el consumo de energía a medida que el precio aumentaba.

El contexto macroeconómico y las políticas de regulación tarifaria no incentivan la inversión en producción, transporte y distribución de energía, lo que implica que el crecimiento sostenido de la demanda sin un aumento equivalente en la producción no mejorará la situación energética nacional.

Finalmente, se evalúan los proyectos y artículos de gestión de la energía y eficiencia energética más relevantes entre 2000 y 2022, analizando su respuesta a los cambios en las variables económicas estudiadas. (Borrotto Nordelo et al., 2014(Gil & Prieto, 2016).

Resultados

Tras la pandemia de COVID-19 en 2020, se observaron valores atípicos en la demanda de energía y variables económicas en Argentina. El gas es el principal recurso para la generación de energía eléctrica en el país, haciendo más rentables las inversiones en plantas termoeléctricas en comparación con fuentes renovables y proyectos de eficiencia energética. Sin embargo, es esencial planificar una transición energética equilibrada a futuro.

La gestión de la energía debe ser una prioridad tanto para el gobierno como para la población, ya que es crucial para los sectores productivos y los hogares. A nivel global, la tendencia hacia la "no contaminación" se ha establecido, aunque también se ha producido un daño climático y agotamiento de recursos, transformando la energía en una amenaza ambiental.

La economía argentina ha estado en declive desde 2015 y revertir esta tendencia requiere reactivar el motor productivo, lo que aumentará la demanda de energía eléctrica. Esta demanda debe ser gestionada racional y sostenidamente, con una mayor inclusión de proyectos de gestión de la energía.

En las últimas dos décadas, los proyectos de gestión de la energía han proliferado en diversos sectores debido a su rentabilidad. Sin embargo, los cambios en políticas nacionales y transiciones gubernamentales han impedido la implementación de proyectos con más de dos años de repago, priorizándose aquellos de corta amortización con beneficios inmediatos. Debido a la inestabilidad de los precios de la energía y los insumos dolarizados, las inversiones se orientan hacia proyectos de mayor rentabilidad a corto y largo plazo, descartando los de eficiencia energética.(Galiani, 2018).

Conclusiones

El estudio realizado en el marco de la norma ISO 50001, enfocado en industrias del NOA, identificó que la gestión energética y la eficiencia energética adolecen de importantes deficiencias. Entre los principales problemas se encuentran la falta de capacitación del personal en evaluaciones económicas de proyectos de eficiencia energética y el desconocimiento de estándares internacionales como la ISO 50001. La inestabilidad económica y las fluctuaciones en los precios de la energía eléctrica generan un contexto desafiante para la implementación de proyectos de eficiencia energética en Argentina, debido a la incertidumbre en los períodos de recuperación de la inversión. A esto se suma la falta de un marco regulatorio claro y de políticas energéticas sólidas, lo cual desalienta las inversiones a largo plazo. La carencia de una cultura energética arraigada y la formación especializada en la materia agravan aún más esta situación.

Referencias

Heins, A., Afranchi, A., & Giumelli, L. (2021). Eficiencia energética en Argentina: Apostando por conformar un sector energético más sostenible y eficiente en Argentina.

Maccarone, J. L., & Gil, M. (2017, junio). La gestión y eficiencia energética: Un sustituto extraordinario de una fuente de generación de energía: ¿Por dónde comenzar?

Moreno, C., Simone, D., & Maduri, M. (2017, octubre). Energías convencionales y alternativas: Síntesis legislación argentina en energías renovables y eficiencia energética.

Borroto Nordelo, A., Montesino Pérez, M., Viego Felipe Percy, C., Odobez Delgado, N., & Soldatti, M. E. (2014, agosto). Barreras y factores claves para promover la eficiencia energética en la industria.

Gil, S., & Prieto, R. (2016, mayo). Eficiencia energética en la Argentina: Una posible hoja de ruta.

Galiani, S. (2018). Impacto de las tarifas energéticas sobre el bienestar de los hogares. Recuperado de <https://dev.focoeconomico.org/2018/04/25/impacto-de-las-tarifas-energeticas-sobre-el-bienestar-de-los-hogares>.

Contribución de los Autores +info

Nombres y Apellidos del autor	Colaboración Académica													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Luis, Garcia,	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X
Sado, Abdelhamid,	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
Sandra, Martinez,			X	X	X	X	X	X	X	X				
Marcelo, Villalba,						X	X	X	X					
Javier, Quiroga						X	X	X	X					
Miguel, Gonzalez						X	X	X	X					

1-Administración del proyecto, 2-Adquisición de fondos, 3-Análisis formal, 4-Conceptualización, 5-Curaduría de datos, 6-Escritura - revisión y edición, 7-Investigación, 8-Metodología, 9-Recursos, 10-Redacción - borrador original, 11-Software, 12-Supervisión, 13-Validación, 14-Visualización.

Acceso Remoto para Aplicación Educativa en Física II. Medición en Circuito RLC con Corriente Alterna

Remote Access for Educational Application in Physics II.
Measurement in RLC Circuit with Alternating Current

Presentación: 06/12/2024

Joaquín Marcelo López

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán, Argentina.

joaquinlopez@doc.frt.utn.edu.ar

joaquinmarcelolopez.frt.utn@gmail.com

Adrián Javier Mangini

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán, Argentina.

adrianmangini@doc.frt.utn.edu.ar

Carlos Exequiel Garay

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán, Argentina.

exequielgaray@doc.frt.utn.edu.ar

Jorgelina Luisa López

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán, Argentina.

lopez_jorgelina@yahoo.com.ar

Santino Machín

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán, Argentina.

santinomachinucciardello@gmail.com

Resumen

Este trabajo presenta el diseño y desarrollo de un sistema de acceso remoto orientado al estudio práctico de circuitos RLC en corriente alterna, específicamente diseñado para estudiantes de Física II en carreras de ingeniería. El sistema utiliza un ESP32 como plataforma de control y una interfaz web que permite la interacción remota en tiempo real. Los usuarios pueden realizar mediciones de distintos parámetros, como tensión y corriente eficaz, ángulo de desfase, potencia activa, potencia reactiva y factor de potencia, en un circuito RLC configurado en paralelo. La implementación de este sistema tiene como objetivo superar las limitaciones de los entornos educativos tradicionales, proporcionando una experiencia práctica accesible desde cualquier ubicación geográfica, complementando así el estudio teórico de la materia.

Palabras claves: Circuito RLC, corriente alterna, acceso remoto, ESP32, educación en ingeniería.

Abstract

This work presents the design and development of a remote access system aimed at the practical study of RLC circuits in alternating current, specifically designed for Physics II students in engineering programs. The system utilizes an ESP32 as the control platform and a web interface that enables real-time remote interaction.

Users can perform measurements of various parameters such as root mean square voltage and current, phase angle, active power, reactive power, and power factor in a parallel-configured RLC circuit. The implementation of this system seeks to overcome the limitations of traditional educational environments by providing a practical experience accessible from any geographical location, thereby complementing the theoretical study of the subject.

Keywords: RLC circuit, alternating current, remote access, ESP32, engineering education.

Introducción

En la enseñanza de la ingeniería, los cursos de teoría de circuitos eléctricos constituyen una base fundamental para el desarrollo de competencias técnicas que los estudiantes necesitan a lo largo de su formación. Dentro de estos cursos, el estudio de los circuitos en corriente alterna (CA) juega un rol crucial, ya que estos circuitos representan un modelo esencial para comprender el comportamiento de sistemas eléctricos en una variedad de aplicaciones industriales y tecnológicas. El estudio de los circuitos de corriente alterna (CA) con componentes como resistencias, inductores y capacitores, conocidos como circuitos RLC, es clave para entender el comportamiento de sistemas eléctricos bajo diferentes configuraciones. Sin embargo, los conceptos asociados, como la medición de variables temporales, el desfasaje de señales, el cálculo de valores eficaces y el análisis de potencia en circuitos CA, suelen resultar abstractos y complejos cuando se enseñan únicamente desde un enfoque teórico.

La integración de experiencias prácticas en el estudio de circuitos en CA es de gran valor educativo, ya que facilita a los estudiantes observar directamente los efectos que estos componentes tienen en el comportamiento de las señales eléctricas. No obstante, debido a limitaciones de infraestructura, disponibilidad de equipos y costos, no siempre es viable ofrecer prácticas presenciales de manera continua. Para superar estas barreras, se ha desarrollado una experiencia práctica accesible en línea que permite a los estudiantes interactuar con un circuito RLC desde cualquier ubicación. Esta experiencia proporciona un entorno de aprendizaje flexible y autónomo, donde los estudiantes pueden ajustar parámetros del circuito, visualizar señales temporales, diagramas fasoriales, desfasaje entre las señales, valores eficaces y de potencia en tiempo real mediante una plataforma accesible. Este tipo de plataformas no solo flexibiliza el acceso al aprendizaje práctico, sino que también promueve el desarrollo de habilidades en entornos digitales, cada vez más importantes en la industria.

El presente trabajo explora el diseño y la implementación de esta experiencia práctica remota para la experimentación con circuitos RLC en CA, cuyo objetivo es complementar el aprendizaje teórico. A través de este circuito de acceso remoto, los estudiantes pueden conectar y desconectar los distintos componentes, visualizar resultados en tiempo real y analizar el comportamiento del sistema, logrando una comprensión más profunda de los conceptos estudiados en clase.

Objetivo:

El principal objetivo de este trabajo es habilitar a los estudiantes para realizar mediciones experimentales de parámetros eléctricos fundamentales en un circuito RLC paralelo, como el mostrado en la Figura 1, utilizando un sistema de acceso remoto diseñado específicamente para tal fin.

El circuito está compuesto por los siguientes elementos:

- **Resistor:** Una resistencia equivalente de 20 ohm (2 resistores de 10 ohm, 5W, conectados en serie). Si bien la figura representa esta configuración, en la implementación práctica se utilizó un único resistor equivalente para simplificar el montaje.
- **Capacitor:** Un condensador marca NGM, con un valor entre 270 y 324 MFD , 110 a 125 VAC, según datos de placa
- **Inductor:** Un inductor marca LEYBOLD, con valores de: n=1000, L=0,044H_y, 9,5 ohm, 1,24A

- **Fuente de alimentación:** Una fuente de tensión alterna con entrada de 220VAC, 50Hz, 140mA y salida de 9V, 1A, AC.

Los componentes están interconectados mediante relés controlados por un microcontrolador, lo que permite modificar la configuración del circuito de forma remota.

Los valores de los componentes seleccionados permiten que la corriente esté dentro de lo que la fuente de alimentación puede entregar sin problemas al circuito.

Las magnitudes que se decidieron medir son dos: la tensión de la fuente de alimentación, y la corriente que ésta entrega al circuito según la configuración de este. El microcontrolador, a través de una conversión analógica a digital, toma las mediciones de las variables hechas por los sensores, para su posterior transmisión a otro procesador vía red inalámbrica, el cual se encargará de los distintos cálculos y análisis de los datos obtenidos.

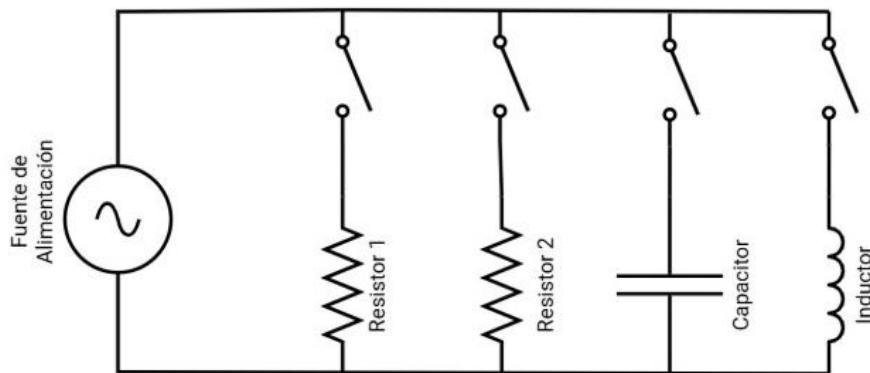


Fig.1: circuito RLC, alimentado por fuente de tensión alterna, controlado mediante relés.

Metodología:

Para alcanzar el objetivo mencionado, se desarrolló una solución cuya estructura se muestra en la figura 2.

El sistema implementado sigue un flujo de trabajo que integra el microcontrolador ESP32, una aplicación Python y una interfaz web para ofrecer una experiencia educativa interactiva y accesible. El proceso se desarrolla en los siguientes pasos:

1. **Servidor HTTP en el ESP32:**
El ESP32 actúa como un servidor HTTP, permaneciendo a la espera de comandos enviados por la aplicación Python. Este microcontrolador es responsable de gestionar el hardware del circuito, incluyendo la configuración mediante relés y la medición de señales eléctricas.
2. **Interfaz web e interacción del usuario:**
El usuario interactúa con una página web que sirve como interfaz gráfica del sistema. En esta página, se encuentran botones que permiten:
 - **Modificar el circuito:** Conectar o desconectar los elementos del circuito (resistencias, capacitor e inductor).
 - **Realizar mediciones:** Solicitar la obtención y visualización de datos.
3. La página web comunica las órdenes del usuario a la aplicación Python.
4. **Gestión de órdenes en la aplicación Python:**
La aplicación Python actúa como intermediaria entre la página web y el ESP32. Cuando recibe una orden desde la interfaz web:
 - **Para modificar el circuito:** Envía el comando correspondiente al ESP32, quien ajusta los relés según la configuración solicitada.

- **Para realizar mediciones:** Ordena al ESP32 que capture las señales de tensión y corriente.

5. Medición y transmisión de datos:

Una vez que el ESP32 recibe la orden de medición, realiza las siguientes tareas:

- Captura las señales de tensión y corriente mediante su módulo de conversión analógica-digital (A/D).
- Almacena las señales en vectores de 500 muestras por cada magnitud.
- Transmite los vectores a la aplicación Python para su procesamiento.

6. Procesamiento de las mediciones en la aplicación Python:

La aplicación Python procesa las mediciones recibidas del ESP32 para obtener parámetros clave del circuito:

- **Valor eficaz (RMS):** Calculado mediante la raíz cuadrática media de las señales.
- **Desfase entre señales:** Determinado utilizando correlación cruzada para calcular la diferencia de fase entre tensión y corriente.
- **Factor de potencia:** Calculado como el coseno del ángulo de desfase.
- **Potencias activa y reactiva:** Derivadas de las señales temporales, proporcionando un análisis energético completo del circuito.

7. Visualización de resultados:

Los datos procesados, junto con gráficos representativos y mediciones detalladas, son enviados desde la aplicación Python a la página web. Allí, el usuario puede observar en tiempo real tanto los resultados de las mediciones como la configuración actual del circuito.

Este flujo de trabajo asegura una integración eficiente entre el hardware y el software, permitiendo una experiencia práctica que complementa el aprendizaje teórico de circuitos eléctricos.

Resultados y Aplicación Educativa

Aunque esta experiencia remota de circuitos RLC en corriente alterna aún no está plenamente operativo para el acceso estudiantil, fue utilizado por algunos docentes de Física II como un recurso complementario en las clases prácticas de análisis de circuitos. Durante estas sesiones, el docente empleó la herramienta para ilustrar conceptos clave relacionados con señales temporales, cálculos de valores eficaces y desfasaje entre señales, proporcionando una experiencia visual y dinámica que reforzó el aprendizaje teórico de los estudiantes.

Utilización del sistema

El docente utilizó el sistema para:

- Mostrar en tiempo real las señales de voltaje y corriente generadas en diferentes configuraciones del circuito RLC.
- Realizar cálculos de valores eficaces y potencias activa, reactiva y aparente frente al grupo, explicando el procedimiento y los resultados obtenidos.

Esta demostración permitió a los estudiantes observar directamente fenómenos como la relación entre las formas de onda y los cálculos prácticos, mientras el docente contextualizaba los conceptos con ejemplos visuales.

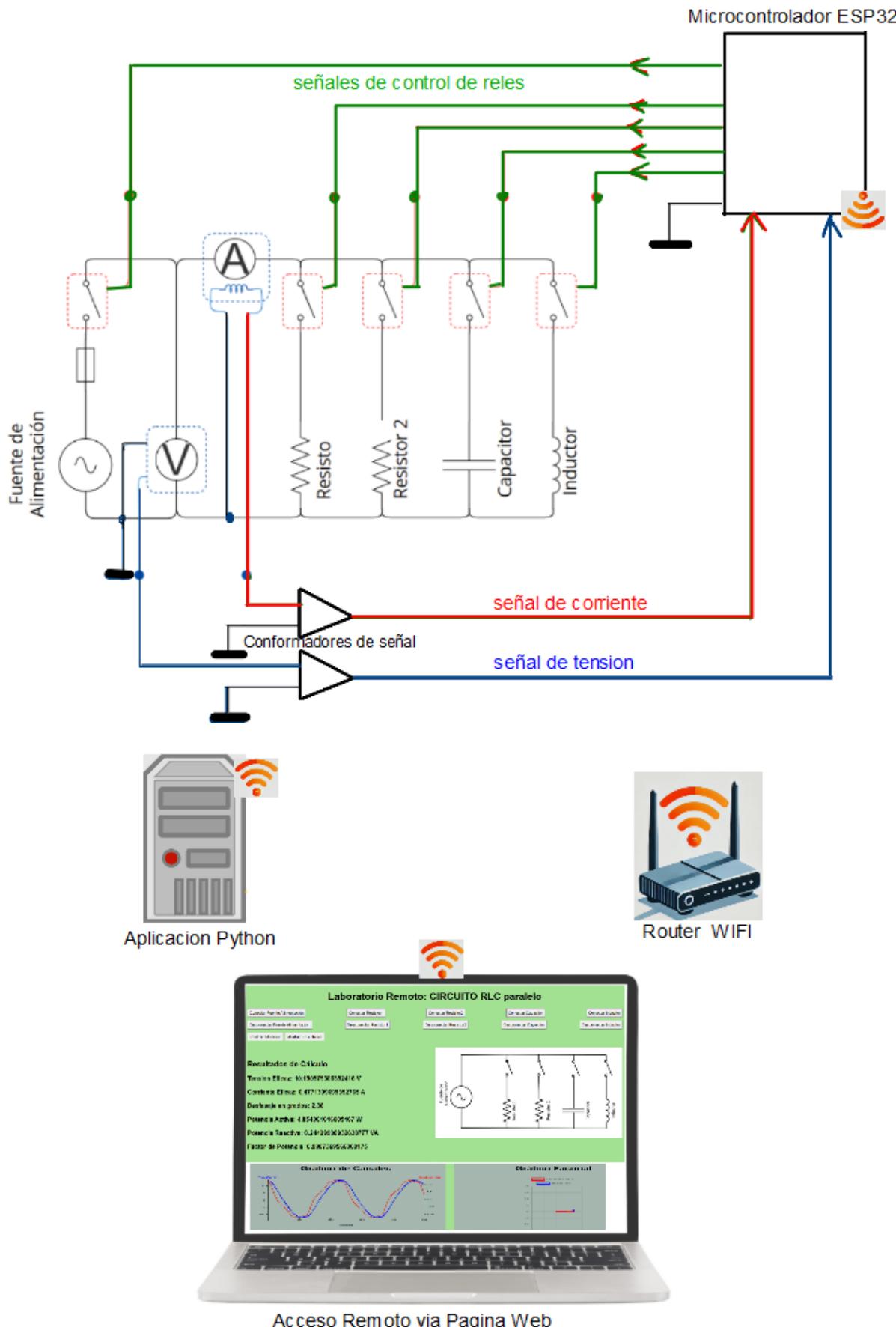


Fig.2: Diagrama en bloques del sistema implementado.

Se muestran a continuación algunas imágenes, entre ellas, del circuito mientras se hace la medición, así como de los cálculos y señales obtenidas de las experiencias realizadas:

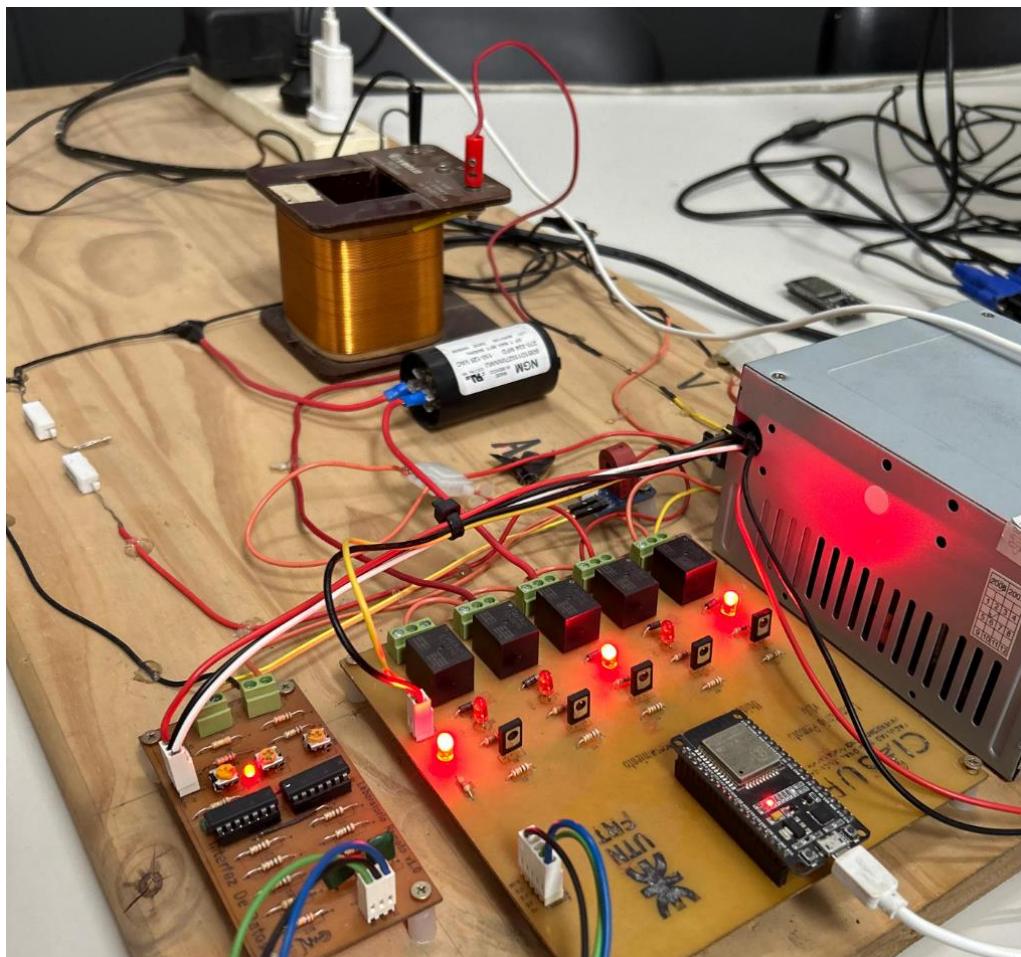


Fig. 3. Sistema funcionando.

Laboratorio Remoto: CIRCUITO RLC paralelo

Mostrar Resultados

Resultados de Cálculo

Tensión Eficaz: 10.190575386392416 V

Corriente Eficaz: 0.4771309699352765 A

Desfasaje en grados: 2.88

Potencia Activa: 4.854061616005467 W

Potencia Reactiva: 0.24429988932638777 VA

Factor de Potencia: 0.9987369566060175

```

graph LR
    V((V)) --- R1[Resistor 1]
    R1 --- C[Capacitor]
    C --- L[Inductor]
    
```

Fig. 4. Resultado de cálculos con el Resistor 1 conectado

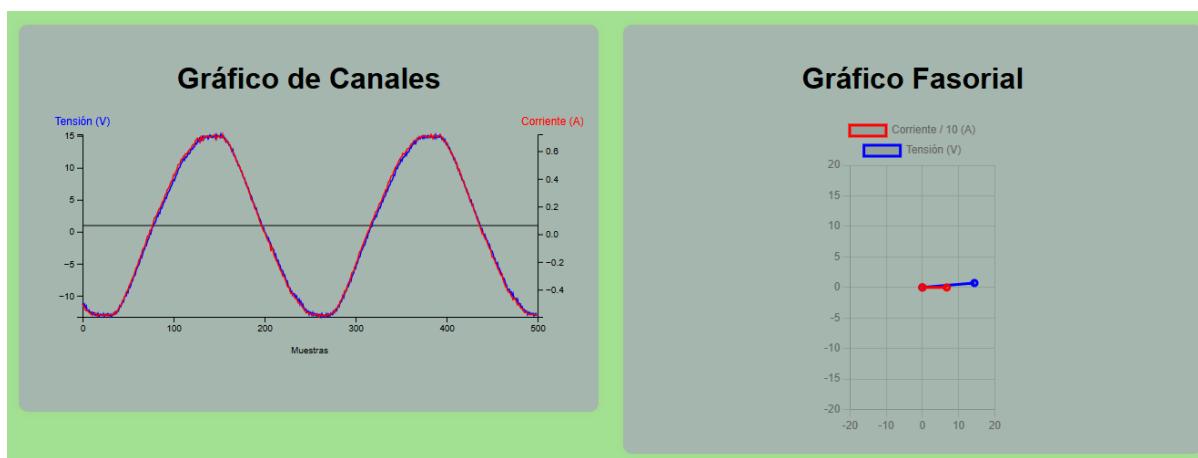


Fig. 5. Gráfico temporal y fasorial con el Resistor 1 conectado

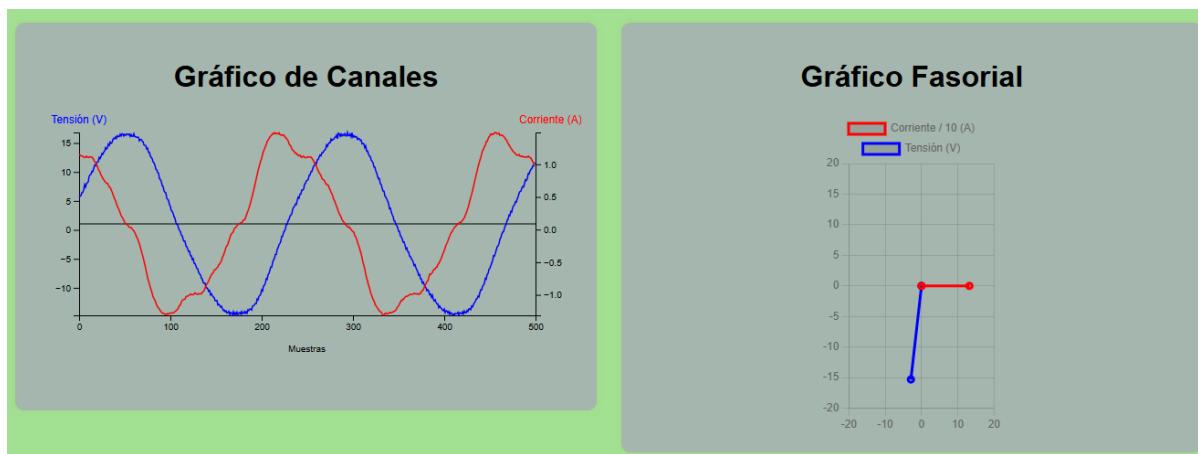


Fig. 6. Gráfico temporal y fasorial con el Capacitor conectado

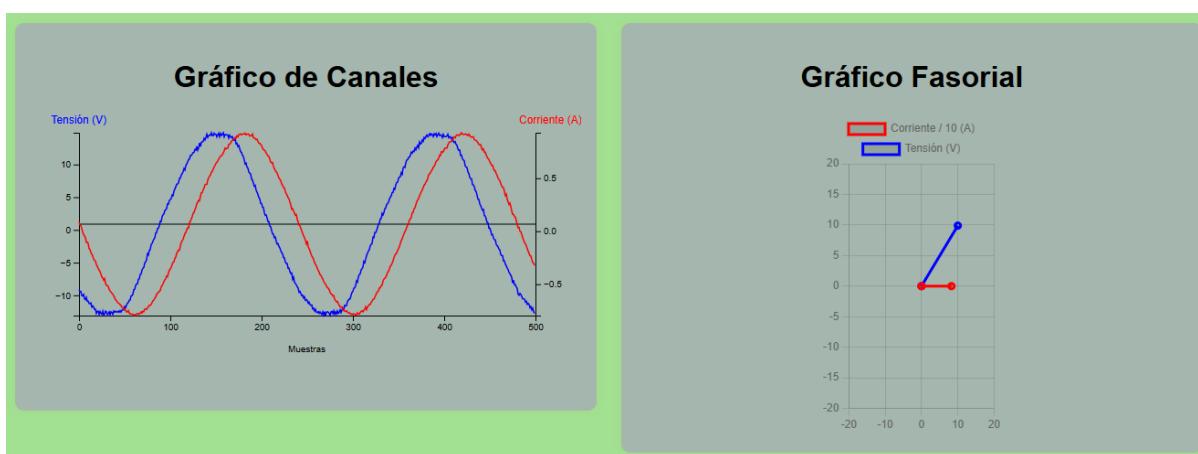


Fig. 7. Gráfico temporal y fasorial con el Inductor conectado

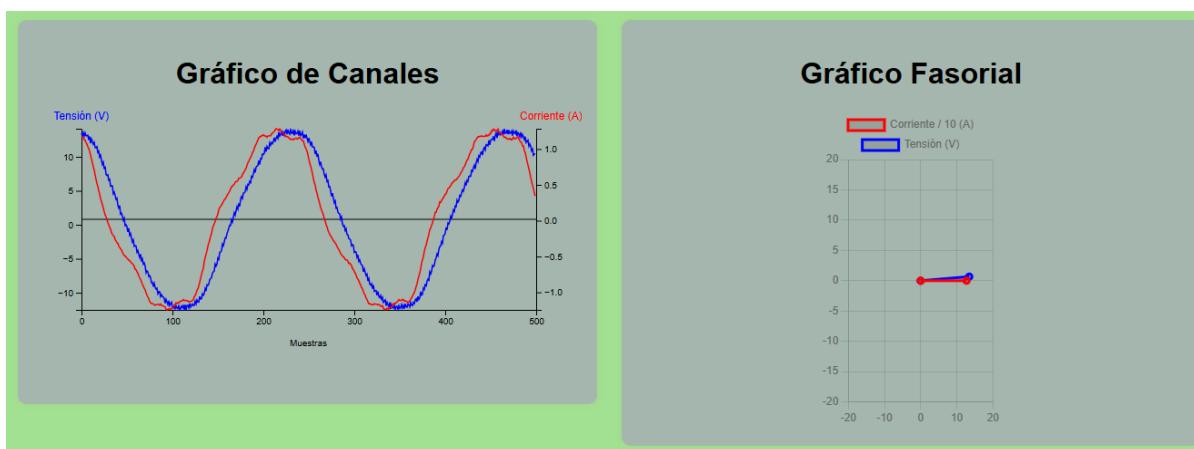


Fig. 8. Gráfico temporal y fasorial con los tres elementos conectados (RLC)

Discusión de Resultados y Beneficios para la Enseñanza

Aunque los estudiantes no interactuaron directamente con el sistema, su uso por parte del docente enriqueció significativamente las clases prácticas. La posibilidad de demostrar conceptos en tiempo real mediante una herramienta digital permitió que las explicaciones fueran más claras y visuales, facilitando la comprensión de temas que normalmente se presentan de manera abstracta.

Los principales beneficios observados fueron:

- Refuerzo de la enseñanza teórica:** Las demostraciones del docente proporcionaron una conexión clara entre las ecuaciones discutidas en clase y el comportamiento real de los circuitos RLC.
- Mayor atención y comprensión:** La representación gráfica de señales y el cálculo en tiempo real captaron el interés de los estudiantes, promoviendo una mejor retención de los conceptos.
- Preparación para el uso futuro del sistema:** Aunque el sistema aún no es accesible para los estudiantes, su demostración inicial les permitió familiarizarse con su funcionalidad, anticipando un futuro uso autónomo.

Conclusiones

El desarrollo y la implementación del sistema para el acceso remoto a circuitos RLC en corriente alterna representan un avance significativo en la enseñanza de Física II en carreras de ingeniería, al complementar el aprendizaje teórico con una herramienta práctica, flexible y accesible. Este sistema aborda una necesidad clave en la educación: brindar a los estudiantes oportunidades de experimentación que refuercen los conceptos abstractos estudiados en clase.

Aunque en esta etapa inicial el sistema fue utilizado únicamente por docentes para complementar las clases prácticas, los resultados obtenidos destacan su potencial para transformar la manera en que los estudiantes interactúan con los circuitos eléctricos. La posibilidad de visualizar los valores reales y las señales temporales, en un entorno accesible desde cualquier lugar elimina las limitaciones físicas y logísticas de los laboratorios tradicionales.

En el futuro, la implementación directa del sistema por parte de los estudiantes ampliará aún más sus beneficios, promoviendo el aprendizaje activo y autónomo y fortaleciendo su preparación para los desafíos técnicos de la profesión.

Anexo:

Microcontrolador ESP32 DevKit V1

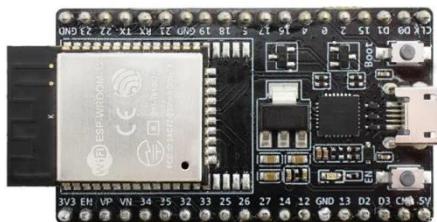


Fig. 9. Modulo Microcontrolador ESP32.

El **ESP32 DevKit V1** es un microcontrolador altamente versátil, diseñado para aplicaciones de IoT y sistemas integrados. Destaca por sus capacidades de conectividad, gracias a su soporte integrado para **Wi-Fi** y **Bluetooth**, lo que lo convierte en una herramienta ideal para proyectos remotos y de interacción en red.

Características principales:

- **Procesador:** Dual-core Tensilica Xtensa LX6 con una frecuencia máxima de 240 MHz.
- **Memoria:** 520 KB de RAM y soporte para almacenamiento externo mediante memoria Flash.
- **Entradas/Salidas (I/O):** 34 pines GPIO configurables, con capacidades de PWM, UART, SPI, I2C, ADC, DAC, entre otros.
- **Conversión A/D:** Módulo ADC de 12 bits que permite capturar señales analógicas con precisión.
- **Conexiones:** Wi-Fi 802.11 b/g/n y Bluetooth v4.2 (incluyendo BLE).

Ventajas en este proyecto:

- **Servidor HTTP:** Permite recibir comandos y transmitir datos en tiempo real.
- **Control de relés:** Gestión remota de los componentes del circuito.
- **Procesamiento eficiente:** Su capacidad de manejo de múltiples tareas lo hace ideal para medir señales y transmitir datos simultáneamente.

El ESP32 DevKit V1 combina potencia de procesamiento y conectividad, facilitando el diseño de sistemas interactivos, como el control y medición remota de circuitos eléctricos en este proyecto.

Sensor de Corriente Alterna AC TA12-100



Fig. 10. Sensor de corriente alterna utilizado.

El AC TA12-100 es un sensor de corriente alterna basado en un transformador de corriente. Su diseño compacto y su capacidad para medir corrientes de hasta **5 A RMS** lo hacen ideal para aplicaciones de monitoreo eléctrico.

Características principales:

- **Rango de medición:** Hasta 5 A de corriente alterna (RMS).
- **Salida analógica:** Proporciona una señal proporcional a la corriente medida, adecuada para circuitos de conversión A/D.
- **Precisión:** Adecuado para aplicaciones que requieren lecturas confiables de corriente.
- **Aislamiento eléctrico:** Al ser un transformador, asegura aislamiento galvánico entre el circuito medido y el circuito de medición.

Ventajas en este proyecto:

- Permite capturar la corriente del circuito RLC de manera segura y precisa.
- Su señal de salida puede ser fácilmente procesada por el microcontrolador ESP32 tras pasar por un acondicionamiento de señal.

El sensor AC TA12-100 es una solución eficiente y segura para monitorear corrientes alternas en tiempo real en sistemas de medición remota.

Referencias

E Haritman, Y Somantri, D Wahyudin and E Mulyana. (2018). A Remote PLC Laboratory (RLab) for Distance Practical Work of Industrial Automation. Published under licence by IOP Publishing Ltd IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 306, 2nd International Conference on Innovation in Engineering and Vocational Education 25–26 October 2017, Manado, Indonesia. DOI 10.1088/1757-899X/306/1/012034

Ji Hua1 , Aura Ganz. (2003). WEB ENABLED REMOTE LABORATORY (R-LAB) FRAMEWORK.33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference T2C-8.November 5-8, 2003, Boulder, CO.

Rodrigo M. Fernandes,, Luis Guilherme B. Rolim,, and Walter I. Suemitsu. (2003). Design and implementation of a power-electronic remote-laboratory (ELEPOT-rLab).2003 IEEE International Symposium on Industrial Electronics (Cat. No.03TH8692).June 2003. DOI: 10.1109/ISIE.2003.1267264.

Contribución de los Autores

Nombres y Apellidos del autor	Colaboración Académica													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Joaquin Marcelo Lopez	X		X	X		X	X	X		X	X			
Adrian Javier Mangini			X	X		X				X				
Carlos Exequiel Garay		X					X		X			X		
Jorgelina Luisa Lopez						X							X	X
Santino Machin								X			X			

1-Administración del proyecto, 2-Adquisición de fondos, 3-Análisis formal, 4-Conceptualización, 5-Curaduría de datos, 6-Escritura - revisión y edición, 7-Investigación, 8-Metodología, 9-Recursos, 10-Redacción - borrador original, 11-Software, 12-Supervisión, 13-Validación, 14-Visualización.

Desarrollo de capacidades locales para el diseño, construcción y operación de pequeños satélites

Development of local capacities for the design, construction and operation of small satellites

Mario J. Díaz

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán - Extensión Áulica Concepción - Argentina
mariojadi@yahoo.com.ar

Darío O. Lucchese Vides

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán - Extensión Áulica Concepción - Argentina
dariolucchese0@gmail.com

Mario R. Amani

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán - Extensión Áulica Concepción - Argentina
marioricardoamani@yahoo.com

José L. Ruiz

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán - Extensión Áulica Concepción - Argentina
joseluisruiz128@gmail.com

Rubén D. Egea

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán - Departamento Ingeniería Electrónica - Argentina
rubenegea@hotmail.com

Resumen

Este proyecto de investigación “Inter-Facultades” se plantea el análisis, desarrollo y construcción de pequeños satélites, en una primera etapa de aplicación netamente educativa con materiales no certificados para el Espacio; con la intención de generar los recursos humanos necesarios en las Facultades intervenientes, que permita, reconocer, ensayar y experimentar con diversas plataformas.

En ese sentido, este proyecto a realizarse entre la Extensión Áulica Concepción de la Regional Tucumán y la Regional Córdoba, pretende impulsar el trabajo colaborativo, la investigación y divulgación científica compartida, como también la cooperación entre los pares investigadores, con el fin de favorecer en los mismos su desarrollo y crecimiento en la investigación científica aplicada de los pequeños satélites; generando así un espacio amplio de interdisciplinariedad e interacción constructiva que contribuya a posicionar -junto a otros proyectos similares de investigación en otras Facultades Regionales- a la Universidad Tecnológica Nacional en esta nueva rama de la tecnología satelital.

Palabras claves: Pequeños satélites, aplicación educativa, capacidades locales.

Abstract

This “Inter-Faculties” research project proposes the analysis, development and construction of small satellites, in a first stage of purely educational application with materials not certified for Space; with the intention of generating the necessary human resources in the participating Faculties, which allows them to recognize, test and experiment with various platforms.

In that sense, this project to be carried out between the Extensión Áulica Concepción of the Regional Tucumán and the Regional Córdoba, aims to promote collaborative work, research and shared scientific dissemination,

as well as cooperation between peer researchers, in order to favor in the same their development and growth in applied scientific research of small satellites; thus generating a broad space of interdisciplinarity and constructive interaction that contributes to positioning - along with other similar research projects in other Regional Faculties - the Universidad Tecnológica Nacional in this new branch of satellite technology.

Keywords: Small satellites, educational application, local capacities.

1. Introducción

Un nuevo paradigma en la industria aeroespacial y más precisamente en la satelital surge a principios del año 2000. Gracias a la evolución de la tecnología, la miniaturización cobra preponderancia en esta rama investigativa y de desarrollo satelital. Con ello se quiso pasar del entonces reinante concepto “Old Space”, característico de pocos gobiernos y empresas oligopólicas importantes, al de “New Space” que intentaba democratizar el acceso al Espacio permitiendo la creación de satélites más pequeños y de menor costo, a través de universidades (Olson, 2019), entidades públicas y privadas, empresas locales y de cualquier grupo externo de investigación que se interesara por esta temática.

Por definición, los pequeños satélites (para nosotros, redusatélites: satélites reducidos en tamaño y masa) se clasifican en cinco grupos:

*Minisatélites: entre 100 kg a 500 kg de masa.

*Microsatélites: entre 10 kg a 100 kg de masa.

*Nanosatélites: entre 1 kg a 10 kg de masa.

*Picosatélites: entre 0,1 kg a 1 kg de masa.

*Femtosatélites: entre 10 g a 100 g de masa.

Desde hace más de una década, la revolución de los satélites en miniatura, en el rango inferior de masa, como los nanosatélites y picosatélites ha llamado la atención de organizaciones como la N.A.S.A., que ha instituido diversos programas y publicaciones, por ejemplo: el Lanzamiento Educativo de Nanosatélites (E.L.a.N.a.), el trabajo de grado de Instrumentación de Estudiantes Universitarios (U.S.I.P.), la Iniciativa de Lanzamiento de CubeSat (C.S.L.I.), y la Guía CubeSat 101 que proporciona los conceptos básicos y procesos para desarrolladores de CubeSat10.

Por lo general, un nanosatélite es cualquier satélite que presente una masa menor a 10 kilogramos, donde se encuentra específicamente el estándar CubeSat, que se caracteriza por su estructura cúbica modular de 10 centímetros por arista, diseñado para orbitar en altura entre los 600 y 800 km, con un periodo orbital entre 90 y 120 minutos (13 a 16 vueltas a la Tierra en el día).

Un picosatélite es el modelo intermedio dentro de los satélites más pequeños, con una masa menor a 1 kilogramo, y a diferencia de los CubeSat, son dispositivos no orbitales y por ello de menor costo. Aquí se impone el estándar CanSat, que no se encuentra diseñado para ser puesto en órbita ni soportar el ambiente espacial, pues solo puede realizar vuelos suborbitales transportado por cohetes, globos o drones (Artusa et al., 2013).

Por otra parte, el estándar más diminuto es el del femtosatélite. Son satélites de menos de 100 gramos de masa que están siendo desarrollados por varias organizaciones en el mundo, y que prometen utilizarse en aplicaciones en donde se requiere gran rapidez de despliegue, como la que se necesita para hacer observaciones en una zona afectada por un reciente desastre. En la Figura 1 puede observarse y compararse la morfología de estos tres redusatélites mencionados.



Fig. 1: Estándares de redusatélites en el rango inferior de masa

Con todo ello se puede advertir a nivel formativo, que la tecnología espacial es una amalgama multidisciplinaria que necesariamente engloba conocimientos de un gran número de áreas de ingeniería: Física, Matemáticas, Electrónica, Mecánica, Comunicaciones, Software, Instrumentación, Gestión, etc. En consecuencia, una posible incorporación futura de las actividades de desarrollo de un pequeño satélite, en asignaturas de diversas carreras de ingeniería, nos parece una tarea viable.

Sin embargo, el propósito general de este proyecto de investigación es procurar el desarrollo de capacidades locales, para el diseño, construcción y operación de estos pequeños satélites; y muy especialmente en alcanzar el conocimiento necesario para asimilar el estándar CubeSat, que es el más complejo de los redusatélites ya comentados. A continuación, en la Tabla 1, se presenta un detalle técnico comparativo entre los mismos (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2023).

Categoría	Masa (kg)	Potencia máxima del mód. de servicio (W)	Coste habitual (USD)	Dimensiones máx. (m)	Duración de producción (años)
Nanosatélite	1 - 10	20	12.000 *	0,1 - 1	1 - 3
Picosatélite	0,1 - 1	5	4.000	0,05 - 0,1	1
Femtosatélite	< 0,1	1	2.000	0,01 - 0,1	1

* Tipo educativo

Tabla 1: Detalle técnico comparativo de los satélites pequeños seleccionados

Cabe acotar que en la tabla anterior, el costo de un nanosatélite estándar CubeSat1U es para el tipo educativo, ya que los materiales y dispositivos utilizados no están certificados para el Espacio, pero tienen la misma capacidad y funcionalidad que uno certificado.

Estos nanosatélites pueden tener varios tamaños, pero todos se basan en la unidad estándar de CubeSat, que es una estructura en forma cubo de 10 centímetros de arista con una masa aproximada de entre 1 y 1,33 kg. Esta unidad es conocida como 1U. Tras los primeros años, esta unidad modular se fue multiplicando y los tamaños más grandes de nanosatélites se han vuelto habituales (1.5U, 2U, 3U o 6U), aunque actualmente se siguen desarrollando nuevas configuraciones (12U). La estandarización de los CubeSat abre las puertas al uso de componentes electrónicos comerciales, pudiendo escoger dentro de una multitud de proveedores de tecnología.

En 2008 dentro de la National Science Foundation (NSF) de E.E. U.U., el equivalente al CONICET argentino fue presentado un programa pionero de investigación basado en CubeSat, que posibilitó un progresivo compromiso con las universidades estadounidenses e internacionales.

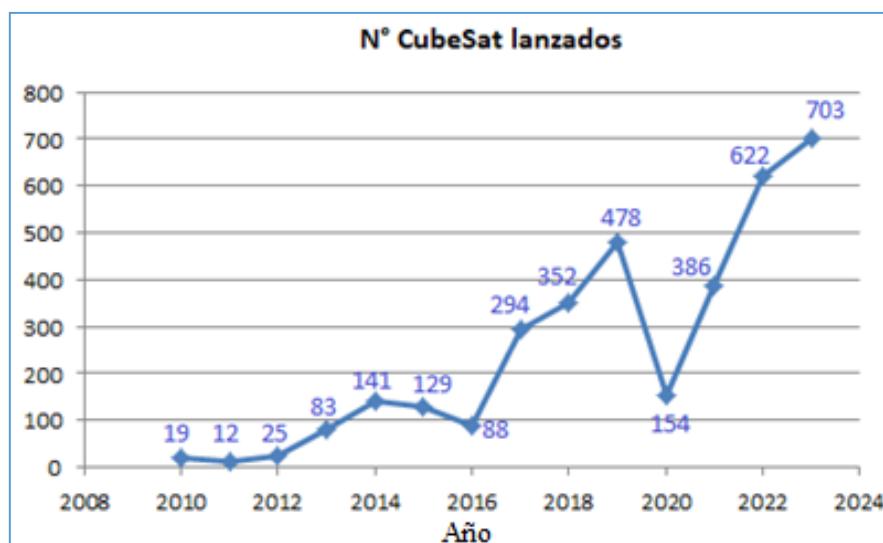


Figura 2: Número de CubeSat lanzados por diferentes organizaciones desde 2010

Además, un sector comercial en franco crecimiento también ha ayudado a impulsar rápidamente el desarrollo tecnológico de los CubeSat y sus lanzamientos, como puede observarse en la Figura 2, gracias a lo cual muchas tecnologías o subsistemas pueden ahora obtenerse gratuitamente por diferentes equipos, que buscan utilizar estos redusatélites para abordar objetivos y/o aplicaciones científicas. Dichas misiones satelitales corresponden, en su mayoría (91%), al segmento de comunicaciones (68%) y de observación de la Tierra (23%), mostrado en la Figura 3.

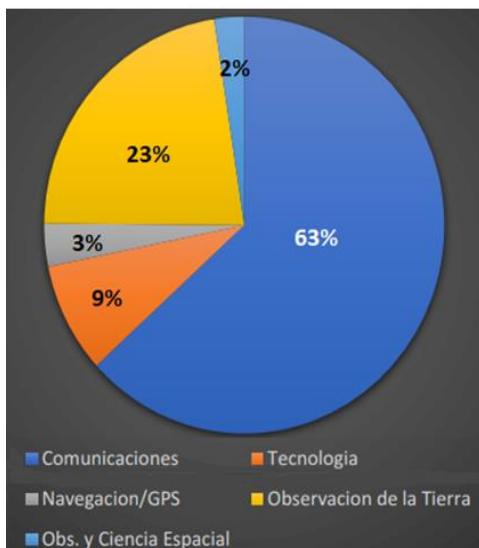


Figura 3: Misiones de los satélites CubeSat

Estos pequeños satélites disminuyen notablemente el tamaño usual de los convencionales y, por lo tanto, su costo. Si bien lo hacen considerando una menor vida útil y un riesgo mayor de fallo, en muchas aplicaciones es totalmente admisible su uso. Sus particularidades especiales no suponen que no puedan tener los mismos propósitos que los satélites de mucho mayor porte, aunque las prestaciones no sean exactamente las mismas, pero si más que convenientes en muchos empleos y desarrollos industriales. Un ejemplo bastante claro es el referido a la empresa internacional SpaceX, perteneciente a Elon Musk, que continúa desarrollando con mucho éxito una constelación de nanosatélites llamada Starlink, con el propósito de llegar a 30.000 unidades, para seguir brindando internet satelital en lugares donde todavía no llega esta tecnología,

En Argentina, existen iniciativas muy concretas de este tipo, por ejemplo, el nanosatélite de Internet de las Cosas que están desarrollando de manera conjunta el Consejo Profesional de Ingeniería de Telecomunicaciones, Electrónica y Computación (COPITEC), la Universidad Palermo (UP), junto a otras casas de estudios, organizaciones científicas y empresas del sector privado, bajo el auspicio precisamente de SpaceX. A su vez, las Universidades Nacionales de la Plata y de San Martín, que actualizaron sus carreras de ingeniería aeronáutica en ingeniería aeroespacial, y que son las pioneras en el desarrollo de picosatélites y nanosatélites en el país, en una primera etapa netamente educativa para generar las capacidades interdisciplinarias correspondientes para el diseño, fabricación y operación de estos redusatélites; concluyendo exitosamente en el desarrollo final con materiales aptos para el Espacio, y con misiones referidas a estudios atmosféricos y del suelo; siempre apoyadas con aportes del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Nación. Asimismo, la Universidad Nacional de Córdoba y las Regionales Haedo y Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional, cuentan con proyectos similares que se encuentran en la etapa de finalización, registrando altos índices de aceptación académica, en virtud de su actual accesibilidad y versatilidad educativa, como de su enfoque interdisciplinario.

A nivel regional sudamericano, países como Brasil, Colombia, Paraguay, Chile, entre otros, presentan también desarrollos satelitales en el estándar CubeSat, bajo la cooperación de organismos públicos y privados, y de universidades respectivamente (Guzmán, 2021). El desarrollo de los redusatélites es una actividad educativa formativa de gran éxito que se realiza en muchas universidades de todo el mundo. El principal objetivo de las misiones de los redusatélites es que los estudiantes adquieran experiencia práctica (hands-on) y capacidades de

diseño y trabajo en grupo, asemejando la actividad realizada a la de un proyecto en la industria espacial (Martínez Rodríguez Osorio et al., 2010).

En esa línea, en varios centros de estudios universitarios de E.E. U.U. y de Europa, con la finalidad de impulsar el estudio de diferentes aspectos de la ciencia, la tecnología y el manejo de procesos complejos y colaborativos, se utilizan las misiones de picosatélites y nanosatélites como dispositivos didácticos, debido a que dichas misiones forman parte de un proceso complejo e interdisciplinario. En particular, y debido en parte a la difusión de las mismas, en las últimas décadas han comenzado a verse en las universidades, asignaturas curriculares o extracurriculares centradas en las tecnologías espaciales, incluyendo cohetería, análisis de imágenes satelitales y satélites artificiales (Mermoz, 2003).

Por ello, considerando los aspectos de ingeniería involucrados, el desarrollo de un proyecto de un redusatélite comprende una serie de habilidades necesarias para llevar a buen término proyectos de ingeniería de alto nivel, como la planeación de trabajo y recursos, trabajo en equipo, documentación, manejo de problemas, mecanismos de adquisición y certificación de componentes, protocolos de pruebas, etc. Permite además trabajar con tecnologías avanzadas en sistemas de comunicación inalámbricos, paneles solares, sistemas operativos en tiempo real, sensórica y telemetría, diseño de circuitos multicapas, sistemas de control, entre muchas otras (Luna & Ariza, 2009).

En ese sentido, continuando la línea argumentativa, una vez que ya se encuentre consolidado, ensayado y verificado el prototipo educativo de un CubeSat, la segunda etapa que se proyecta, tiene el propósito de replicar su estructura, pero esta vez, con materiales certificados para el Espacio.

Esto implica realizar indefectiblemente un análisis de riesgos en dicha transición de materiales. Como riesgos técnicos, se tendrán en cuenta:

Compatibilidad: Los materiales certificados pueden no ser compatibles con el diseño existente, lo que podría requerir modificaciones significativas.

Desempeño: Los materiales certificados pueden tener diferentes propiedades mecánicas y térmicas, lo que podría afectar el rendimiento del satélite.

Durabilidad: Los materiales certificados deben ser capaces de soportar las condiciones extremas del espacio, incluyendo la radiación y las variaciones extremas de temperatura.

Como riesgos financieros:

Costo: Los materiales certificados son mucho más onerosos que los no certificados, lo que aumentaría el presupuesto del proyecto.

Tiempo: La adquisición y certificación de nuevos materiales puede afectar la planificación y los plazos.

Como riesgos de seguridad:

Certificación: Los materiales certificados deberán cumplir con estrictos estándares de seguridad y calidad, ya que ello reduce el riesgo de fallos críticos durante la misión.

Pruebas: Es necesario realizar pruebas exhaustivas para asegurar que los nuevos materiales funcionen correctamente en el entorno espacial, por ejemplo, usando una cámara térmica de vacío.

Como riesgos de logística:

Suministro: La disponibilidad de materiales certificados puede ser limitada, lo que podría causar retrasos en lo planificado.

Almacenamiento: Los materiales certificados pueden requerir condiciones especiales de almacenamiento para mantener su integridad, hasta el momento de su uso.

Finalmente, los riesgos de cumplimiento:

Regulaciones: Es esencial asegurarse de que los nuevos materiales cumplan con todas las regulaciones y normativas espaciales aplicables.

Documentación: La transición a materiales certificados requiere una documentación detallada y actualizada, para demostrar el cumplimiento de los estándares.

Dichos materiales certificados deben resistir el vacío, un rango de temperatura entre -60 °C y 100 °C, y la radiación electromagnética y de partículas; por lo que representan un costo mucho más elevado en dólares estadounidenses. Aquí surge la necesidad de contar con patrocinadores externos como, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Fondo para el Medio Ambiente Global (GEF), OAK Foundation, etc.; que apoyan iniciativas de este tipo, siempre y cuando exista el aval de organismos públicos en la materia, especialmente las universidades. Y más aún, cuando se haya demostrado que se pudo construir un nanosatélite

educativo desarrollando las capacidades correspondientes, y que la misión del CubeSat certificado pueda tener un verdadero impacto en la comunidad.

La clave está en lograr indicadores de éxito o de validación de prototipos en el contexto educativo, que ayuden a garantizar, que dichos prototipos no solo sean educativos, sino también efectivos y válidos desde un punto de vista técnico y científico.

Los indicadores de éxito a tener en cuenta son:

Cumplimiento de Objetivos: Evaluando si el prototipo ha cumplido con los objetivos educativos y científicos propuestos, como la internalización y enseñanza de conceptos técnicos y la realización de experimentos específicos.

Calidad de la Educación: Midiendo el impacto en la calidad de la educación, incluyendo el aumento del interés y la contribución de los participantes en este campo de la tecnología satelital.

Innovación y Creatividad: Evaluando el grado de innovación y creatividad demostrado por los participantes durante el desarrollo del prototipo.

Resultados Científicos: Analizando los resultados científicos obtenidos, como datos útiles y observaciones relevantes que contribuyan al conocimiento general.

Colaboración y Trabajo en Equipo: Midiendo la efectividad de la colaboración y el trabajo en equipo entre los agentes involucrados en el proyecto.

Sostenibilidad del Proyecto: Evaluando si el proyecto puede ser sostenido a largo plazo, incluyendo la posibilidad de futuras mejoras y actualizaciones del prototipo.

Los indicadores de validación serían:

Pruebas de Funcionamiento: Realizando pruebas exhaustivas para asegurar que el prototipo funcione correctamente en condiciones simuladas a las reales.

Revisión de Diseño: Evaluando el diseño del prototipo para asegurar que cumple con los estándares de ingeniería y seguridad.

Análisis de Datos: Analizando los datos recopilados durante las pruebas para validar la funcionalidad y el rendimiento del prototipo.

Feedback de Expertos: Obteniendo retroalimentación de expertos en el campo de la tecnología satelital y la educación, para validar el diseño y la funcionalidad del prototipo.

Documentación Completa: Asegurando de que toda la documentación necesaria, incluyendo planos, especificaciones y resultados de pruebas, esté completa y precisa.

Las aplicaciones de un CubeSat son amplias y variadas, van desde la observación de la Tierra, Communication and IoT, geolocalización y logística, monitorización de señales (SIGINT) hasta aplicaciones científicas. La misión elegida para nuestro nanosatélite será de tipo general en el modelo educativo, porque procura dejar establecida la estructura base de los módulos de potencia, de control de actitud y de comunicaciones, liberando -dentro de un determinado rango- la finalidad del módulo de la carga útil (payload); pero que en un futuro cercano será específica en el modelo certificado, ya que apuntaría en nuestro caso a la problemática ambiental como lo es el monitoreo de la calidad del aire que respiramos. En Latinoamérica la emisión de material particulado por la quema de biomasa es uno de los principales contaminantes atmosféricos, causantes de diversas enfermedades respiratorias, donde a nivel nacional, Tucumán es una de las provincias más afectadas por esa quema.

En el año 2022, en Tucumán se pone en marcha la Iniciativa “Breathe2Change” con la participación de investigadores del CONICET NOA Sur, cuyos objetivos son el monitoreo, análisis y toma de decisiones con respecto a la calidad del aire medida a baja altura en la provincia, más específicamente en la capital tucumana. Esta iniciativa se encuentra abierta a la colaboración de instituciones académicas, gubernamentales y no-gubernamentales, y ciudadanos comprometidos con esta problemática, para construir y mantener así, sistemas institucionales que afronten el problema de llenar ese vacío de vigilancia de la calidad del aire. Es decir, una oportunidad única de ayudar a consolidar, en un tiempo prudente, esta propuesta ambiental desde la Universidad Tecnológica Nacional, al poder recabar datos de capas de aire a mayor altura, mediante tecnología satelital propia.

2. Desarrollo

2.1 Grado de avance

Este proyecto PID-UTN de “Desarrollo de capacidades locales para el diseño, construcción y operación de pequeños satélites”, se encuentra aprobado para entrar en vigencia a partir del mes de enero de 2025. Sin embargo, durante el corriente año 2024, y a la fecha de elaboración de este paper, se realizaron numerosas investigaciones exploratorias rigurosas sobre las características específicas de los redusatélites seleccionados, que posibilitaron las primeras capacitaciones interdisciplinarias entre los recursos humanos. Además, se llevó a cabo el acondicionamiento del laboratorio disponible para la realización de las actividades propuestas en la Extensión Áulica Concepción de la Facultad Regional Tucumán.

Asimismo, se puede expresar como fortaleza que, parte de este equipo de trabajo tiene conocimientos sólidos referidos a un tipo de redusatélites: los picosatélites, donde se destaca el estándar CanSat, ya que se participó en una competencia nacional organizada por la CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales), obteniendo el año pasado el premio al “Mejor Logro Técnico CANSAT 2023”. Igualmente, otro miembro del equipo lleva realizados diversos proyectos sobre este tópico, con las publicaciones correspondientes.

No obstante, esta línea de investigación propone elevar el nivel de los conocimientos ya adquiridos, y de los requerimientos técnicos a utilizar, ya que los CubeSat son modelos de satélites destinados a desplazarse en una órbita baja de la Tierra (LEO: Low Earth Orbit), presentando una mayor complejidad de diseño y control.

Es importante señalar, que cada tipo de satélite en miniatura tiene sus características propias y sus posibilidades de implementación práctica de acuerdo a los recursos disponibles. Por ello, en la Tabla 2 se observa otro análisis comparativo de los redusatélites considerados, pero esta vez, para ver sus características, posibilidades y correspondientes aplicaciones educativas en función del objetivo general de este proyecto.

Tipo redusatélite	Características, posibilidades y aplicaciones educativas
CubeSat	Son satélites pequeños y onerosos, de gran complejidad técnica y requerimientos de certificación, que pueden ser lanzados al Espacio. Son ideales para proyectos universitarios y de investigación científica, permitiendo a los estudiantes participar en la creación y lanzamiento de un satélite real. Es decir, que permiten vivenciar la experiencia completa del ciclo de vida del satélite, brindando acceso a datos reales.
CanSat	Son dispositivos que simulan satélites reales y se lanzan a baja altura (hasta 3 Km) usando cohetes amateur, globos aerostáticos o drones. Son perfectos para competencias escolares de nivel secundario y universitario, y experimentos de aeronáutica, proporcionando una experiencia práctica sin necesidad de lanzar al Espacio. Presentan un costo relativamente más bajo, son fáciles de construir, y accesibles para escuelas y universidades, aunque tienen ciertas limitaciones en la simulación de las condiciones espaciales.
Femtosatélite	Son los satélites más pequeños y económicos, fáciles de construir, ideales para proyectos educativos básicos y experimentos de bajo costo. Son una excelente introducción a la investigación satelital, y a conceptos básicos de ingeniería mecánica, electrónica y de sistemas, para estudiantes de niveles más bajos. Aunque por su tamaño, son muy limitados en funcionalidad y también se lanzan a baja altura.

Tabla 2: Detalle comparativo de aplicaciones educativas de los satélites pequeños seleccionados

Por otra parte, para recabar información de primera fuente, que ayude al desarrollo exitoso del proyecto, el equipo de trabajo realizó este año importantes visitas a universidades y centros tecnológicos de nuestro país, que manejan tecnología satelital: Universidad Nacional de la Plata (Buenos Aires), Departamento de paneles solares del Centro Atómico Constituyentes (Buenos Aires), como se observa en la Figura 3, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Centro Espacial Teófilo Tabanera e Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich -CONAE/UNC- (Córdoba), como se observa en la Figura 4.



Figura 3: Visita a UNLP y Centro Atómico Constituyentes



Figura 4: Visita a ITBA y CETT-Instituto Gulich

Igualmente, se presentaron papers correspondientes a trabajos desarrollados sobre esta temática de los redusatélites, más específicamente del estándar CanSat:

- Díaz, Mario José A.; Lucchese Vides, Darío O.; Amaní, Mario R.; Ruiz, José L. Pequeños satélites como herramienta tecnológica para la enseñanza interdisciplinaria en ingeniería. III Congreso en Innovación y Creatividad Educativa en Enseñanza Tecnológica. Puerto Madryn, Chubut. Agosto de 2024. (Figura5).



Figura 5: CICE 2024 – UTN-FRCh

- Díaz, Mario José A.; Lucchese Vides, Darío O.; Amaní, Mario R.; Ruiz, José L. Dispositivo tecnológico de pequeños satélites para la enseñanza de ingeniería en forma interdisciplinaria. VII Congreso Argentino de Ingeniería y XIII Congreso Argentino de Enseñanza de Ingeniería. San Juan, San Juan. Septiembre de 2024. (Figura 6).



Figura 6: CADI-CAEDI 2024 – Universidad Nacional de San Juan

- Amaní, Mario R.; Díaz, Mario José; Lucchese Vides, Darío; Medel, Ricardo; Pienizzio, Andrés. Analysis of skills developed by students during a CanSat competition for secondary schools in Argentina (Análisis de las habilidades desarrolladas por estudiantes durante una competencia CanSat para escuelas secundarias de Argentina). International Academy of Astronautics Latin American Conference, on Small Satellite Technologies and Applications (Conferencia Latinoamericana de la Academia Internacional de Astronáutica, sobre Tecnologías y Aplicaciones de Pequeños Satélites). Salta, Salta. Noviembre de 2024. (Figura 7).



Figura 7: IAALAC 2024 –Secretaría de Ciencia y Tecnología de Salta

Como impacto positivo, todas las actividades anteriores permitieron lograr una consolidación, hasta la fecha, de los conocimientos previos y experiencias del equipo de trabajo, para poder encaminar y culminar con éxito el proceso del presente proyecto de investigación. Igualmente, se establecieron importantes lazos fluidos de comunicación con universidades y centros tecnológicos de nuestro país, que manejan tecnología satelital, como fuentes expertas de consulta; y las primeras capacitaciones interdisciplinarias entre los recursos humanos, mejoraron notablemente la nivelación académica y la predisposición del equipo a la mejora continua.

Con ello se espera, que el desarrollo de las capacidades para el diseño, construcción y operación de estos redusatélites, posibilite la generación de un currículum interdisciplinario flexible, que habilite a corto o mediano plazo a cualquier docente de ingeniería interesado en esta temática satelital, a elegir la secuencia

didáctica más adecuada a los conocimientos de sus estudiantes y a las competencias que pretenda desarrollar en su asignatura.

2.2 Objetivos de la investigación

A) General:

Desarrollar las capacidades para el diseño, construcción y operación de redusatélites.

B) Específicos:

1. Determinar las competencias (conocimientos, experiencias, habilidades situacionales, etc.) necesarias para el dominio de una misión satelital utilizando los modelos de redusatélites planteados y su enseñanza en las diversas ingenierías.
2. Investigar las herramientas de diseño, modelado y simulación de entornos y procedimientos electrónicos, mecánicos y de comunicación (Circuit Design Software, SolidWorks, Satellite Communications Toolbox, etc.) involucradas en el diseño, construcción y operación de una misión satelital, con el fin de conocer sus virtudes y limitaciones y comprender la forma en que serán implementadas.
3. Diseñar, construir y probar una plataforma de un redusatélite educativo, que incluya la estructura mecánica de soporte, las unidades de potencia eléctrica, comunicaciones, software, control de actitud, incluyendo diferentes cargas útiles (toma de datos) de relevancia para su aplicación en educación y el proceso de operación.
4. Formular un currículum interdisciplinario flexible que permita utilizar el modelo de redusatélite en diferentes contextos educativos de ingeniería.
5. Difundir los conocimientos adquiridos a través de talleres, publicaciones y seminarios.

2.3 Metodología

La metodología de trabajo a utilizar en este proyecto se basa en un enfoque sistemático y riguroso. En primer lugar, se lleva a cabo una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica relacionada con los pequeños satélites y la enseñanza de ingeniería. Esta revisión permite establecer los fundamentos teóricos necesarios y el estado del arte en este campo. A continuación, se formula un diseño curricular que contemple los conocimientos y habilidades que se irán adquiriendo. Posteriormente, se implementan laboratorios y prácticas que permitan el manejo de los conceptos teóricos aprendidos. Finalmente, se evalúan los resultados obtenidos y se procede a su comunicación y difusión.

En definitiva, la metodología del proyecto se centra en la implementación de las cinco fases de la gestión de proyectos (Guía PMBOK®), todas las cuales contribuyen a gestionarlo fácilmente de principio a fin, usando para ello un enfoque estructurado por fases, que representan en sí cinco procesos diferenciados:

a) Proceso de inicio:

- ❖ Investigaciones exploratorias sobre las características de los redusatélites y su aplicación en la enseñanza de la ingeniería (El abordaje estará orientado a conocer el estado del arte actual). ✓
- ❖ Capacitación interdisciplinaria de los recursos humanos. ✓
- ❖ Acondicionamiento del laboratorio de investigación. ✓

b) Proceso de planificación:

- ❖ Análisis de las necesidades de hardware y software requeridas para el proyecto.
- ❖ Evaluación de las tecnologías a utilizar en el desarrollo del redusatélite.
- ❖ Análisis del diseño de la estructura y módulos del redusatélite educativo.
- ❖ Formulación de un currículum interdisciplinario flexible para ser aplicado en la enseñanza de la ingeniería.
- ❖ Gantt de las tareas a realizar.

c) Proceso de ejecución:

- ❖ Desarrollo y construcción de un prototipo de redusatélite educativo.
- ❖ Generación de documentación adecuada para la discusión interna de resultados.
- ❖ Elaboración del currículum interdisciplinario aplicable a diversas asignaturas.

d) Proceso de monitoreo y control:

- ❖ Implementación de un modelo de validación de las tareas ejecutadas.
- ❖ Revisión de las pruebas y ensayos realizados.
- ❖ Seguimiento de los tiempos y costos.

e) Proceso de cierre:

- ❖ Presentación funcional del redusatélite educativo.
- ❖ Difusión de los conocimientos adquiridos a través de publicaciones y seminarios.
- ❖ Concreción del currículum interdisciplinario construido a lo largo del proyecto.

2.4 Impacto del proyecto

a) Contribución en el ámbito educativo:

Instituciones educativas como la Universidad de Stanford y la Universidad de Colorado han implementado programas exitosos de redusatélites que han mejorado la educación y la investigación. Competencias como el “CanSatCompetition” y el “CubeSatLaunchInitiative” han inspirado a miles de estudiantes a participar en el diseño y desarrollo de estos dispositivos, y numerosos proyectos satelitales han fomentado la colaboración internacional, permitiendo a estudiantes de diferentes países trabajar juntos en misiones espaciales (Pienizzio, 2024).

En resumen, se espera que este proyecto tenga un impacto positivo tanto cualitativo como cuantitativo en el contexto educativo, traducido en una mejora de la educación, a través de indicadores como el desarrollo de la innovación y la creatividad entre los estudiantes, que alienta a resolver problemas complejos; de un mayor compromiso y motivación al trabajar en proyectos prácticos y aplicados, lo que mejora su atención en la educación STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), y en un significativo interés por la colaboración y el trabajo en equipo, que son habilidades esenciales en el mundo profesional.

b) Contribución al avance del conocimiento científico y/o tecnológico:

La contribución científica y tecnológica de los redusatélites en ingeniería es de suma importancia debido a las múltiples ventajas que ofrecen. Estos pequeños satélites permiten realizar investigaciones y descubrimientos en el ámbito espacial de manera más accesible y económica. Además, su diseño modular y versatilidad tecnológica fomenta el desarrollo de nuevas tecnologías y aplicaciones, abriendo oportunidades para la experimentación en diferentes áreas científicas. Asimismo, contribuyen a mejorar la eficiencia y reducir los costos en la industria espacial, lo que impulsa la democratización del acceso al Espacio. En resumen, la contribución científica y tecnológica de estos redusatélites está revolucionando la manera en que se realiza la investigación y el desarrollo en el ámbito espacial, permitiendo a más actores participar activamente y ampliando las fronteras del conocimiento.

De allí que la contribución de este proyecto estará destinada principalmente al desarrollo de capacidades renovadas para el diseño, construcción y operación de pequeños satélites; así como a su enseñanza en ingeniería. Además de las aportaciones mencionadas anteriormente, el resultado de las investigaciones abordadas permitirá dar origen a otros proyectos más complejos y orientados en esta temática.

c) Contribución al desarrollo socio-económico:

La importancia del desarrollo socio-económico radica en el hecho de que los redusatélites tienen el potencial de impulsar el crecimiento económico y social en diferentes áreas. Estos ofrecen oportunidades en sectores clave como la observación de la Tierra, las comunicaciones satelitales, la investigación científica y el monitoreo del clima. Al ser más accesibles en términos de costo y tiempo de desarrollo, los redusatélites permiten la participación de una mayor diversidad de actores, incluyendo empresas emergentes, universidades y organizaciones sin fines de lucro. Esto favorece la generación de empleo, el desarrollo de habilidades especializadas y la democratización del acceso a datos e información global, lo que conlleva a avances significativos en diferentes campos y a un mayor progreso social y económico.

Como ejemplos concretos se pueden mencionar:

* En México, el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) ha desarrollado mini satélites para aplicaciones en meteorología y monitoreo ambiental, mejorando la capacidad del país para enfrentar desastres naturales, y contribuyendo al desarrollo económico y social.

* En Brasil, el programa de mini satélites de la Agencia Espacial Brasileña (AEB) ha permitido a universidades y empresas desarrollar y lanzar satélites para aplicaciones en telecomunicaciones y monitoreo ambiental, impulsando la innovación y generando beneficios económicos y sociales.

* En Argentina, el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF) ha desarrollado redusatélites para aplicaciones de monitoreo ambiental y seguridad. Estos proyectos han contribuido al desarrollo de capacidades tecnológicas y han generado empleo en el sector espacial (Bolcatto, 2023).

Asimismo, se pretende fomentar el desarrollo de capacidades de los recursos humanos que puedan impulsar esta actividad como un servicio comercial. En ese sentido, en el año 2017 en nuestro país se inauguró el primer simposio latinoamericano sobre pequeños satélites, organizado por el Instituto Colomb de la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) y la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE). Allí se caracterizaron a los pequeños satélites como “herramientas fantásticas para áreas tan importantes como la educación, la salud y el gobierno; pero también para proveer servicios comerciales de gran velocidad y calidad, como el de relevamiento de grandes cantidades de datos”.

d) Transferencia de los resultados

La transferencia de los resultados del proyecto se realizará académicamente a través:

- Del desarrollo inicial y formación de investigadores relacionados a la temática.
- De la exposición de seminarios y conferencias, introduciendo a alumnos y docentes en los temas relacionados a la implementación de prototipos de redusatélites en la enseñanza de la ingeniería.

e) Contribución a la formación de recursos humanos:

Tal como fue desarrollado en apartados anteriores, es uno de los objetivos específicos de este proyecto, la transferencia de los conocimientos obtenidos a lo largo del mismo, como pilar en la formación de recursos humanos. De esta forma, se propone desarrollar material teórico y práctico asociados al estándar de redusatélites, tanto para su diseño y elaboración como para su enseñanza.

La enseñanza de la ingeniería es una actividad fundamental en el desarrollo de profesionales competentes y preparados para enfrentar los desafíos del mundo actual. En este contexto, los pequeños satélites han surgido como una herramienta educativa prometedora, ya que brindan la oportunidad de aprender y aplicar conceptos de ingeniería espacial de manera práctica y accesible.

Finalmente, los conocimientos alcanzados a lo largo del proyecto serán divulgados a través de publicaciones y seminarios.

3. Conclusiones

Si bien este proyecto de investigación y desarrollo está en su fase preliminar, no obstante, nos permite avizorar no solo el crecimiento técnico, sino también el personal del equipo de trabajo. Un proyecto de este tipo no se limita a una sola disciplina. Combina elementos de ingeniería, programación, física, matemáticas y gestión de proyectos. Esta naturaleza multidisciplinaria fomenta un aprendizaje integral, y prepara a los participantes para enfrentar problemas complejos desde múltiples perspectivas. Así, la capacidad de enfrentar desafíos, aprender de los errores y colaborar con otros, son habilidades que se traducen más allá del ámbito del proyecto.

Por ello, el desarrollo de un redusatélite no solo contribuye al avance del conocimiento científico y tecnológico, sino que también sirve como herramienta educativa. Las misiones realizadas con estos pequeños satélites pueden proporcionar datos valiosos para investigaciones en geolocalización, meteorología, estudios ambientales, etc.

Esta experiencia, llevada a cabo hasta el momento, remarca que la educación, la investigación y el aprendizaje práctico son fundamentales para el desarrollo de futuros ingenieros y científicos. Constituye una puerta de entrada a la indagación espacial en miniatura, y representa un primer paso significativo hacia mayores desafíos tecnológicos.

Referencias

- Artusa, J. I., Campiti, N., Competiello, M., Mori Rodríguez, J.M., Rojas, S., Rubio, C., Solares, F.&González, P.M. (2013). CANSAT 2012: Metodología Espacial para la Enseñanza de las Ciencias. VII Congreso Argentino de Tecnología Espacial, CATE.
- Bolcatto, P. (2023). El Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF): historia y presente. *Revista Ciencia Tecnolog a y Pol tica*, 6 (10)
- Guzmán, J. (2021). "Programas espaciales en América Latina: Historia, operaciones actuales y cooperación futura". *Revista Fuerza Aerea-EUA*, 3ra Edición.
- Luna, I. &Ariza, M. (2009). Picosatélites como estrategia para la enseñanza de la ingeniería. Universidad Sergio Arboleda, Bogotá.
- Martínez Rodríguez Osorio, R., Calvo Ramón, M., Landeros Ayala, S. & Jiménez Leube, J. (2010). TelCUBE: Implementación de un Project-Based Learning multidisciplinar para el desarrollo de un picosatélite. Universidad Politécnica de Madrid.
- Mermoz, J. (2003). Ciencias del Espacio en la Educación: Hacia un Nuevo Enfoque de las Ciencias. 2º Congreso Argentino de Tecnología Espacial - CATE. Neuquén, Argentina.
- Olson, J. (2019). Olson 1: 33rd Annual AIAA/USU University Nanosatellite Program-20 Years of Education. UNP HISTORY, p. 1
- Pienizzio, A. (2024). Las competencias CANSAT como una forma de vincular las actividades educativas al desarrollo aeroespacial. Universidad Nacional de la Plata. Instituto de Relaciones Internacionales.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2023). Manual sobre pequeños satélites. ITU Publicaciones, p. 5

Contribución de los Autores

Nombres y Apellidos del autor	Colaboración Académica													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Mario J. Díaz	X		X	X	X	X	X	X		X		X	X	X
Darío O. Lucchese Vides	X	X	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X
Mario R. Amani			X	X	X	X	X	X			X		X	X
José L. Ruiz		X	X			X	X		X		X		X	X

1-Administración del proyecto, 2-Adquisición de fondos, 3-Análisis formal, 4-Conceptualización, 5-Curaduría de datos, 6-Escritura - revisión y edición, 7-Investigación, 8-Metodología, 9-Recursos, 10-Redacción - borrador original, 11-Software, 12-Supervisión, 13-Validación, 14-Visualización.

Monitoreo de la contaminación del aire en Tucumán utilizando IoT sobre redes WiFi

Air Pollution Monitoring in Tucumán Using IoT over WiFi Networks

Garay, Carlos Exequiel

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán – Argentina.
exequielgaray@doc.frt.utn.edu.ar

López, Joaquín Marcelo

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán – Argentina.

López, Jorgelina Luisa

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán – Argentina.

Mansilla, Gonzalo Nicolás

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán – Argentina.

Scida, Luis Alberto

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán – Argentina.

Ezquer, Rodolfo Gerardo

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán – Argentina.

Resumen

El Internet de las Cosas (IoT) es un concepto que se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos a Internet. Es importante tener en cuenta que el IoT representa la próxima evolución de Internet y supondrá un enorme salto en su capacidad para reunir, analizar y distribuir datos que puedan convertirse en información y conocimiento.

El objetivo principal de este proyecto es desarrollar un sistema de medición de la contaminación del aire mediante sensores IoT conectados a una plataforma para su visualización. Para ello, se creará una red de sensores para el monitoreo de diferentes variables ambientales en distintos puntos de interés de Tucumán, desarrollada por el CIASUR. Esto permitirá identificar las condiciones ambientales en diversos lugares de la provincia. Se utilizará un sistema ambiental constituido por varios sensores que medirán variables indicadoras de contaminación o calidad atmosférica. Los dispositivos desarrollados incluirán la toma de telemetría en tiempo real de la información proporcionada por los sensores instalados y transmitirán estos datos a la plataforma IoT implementada.

En esta plataforma, los datos serán procesados y visualizados de una forma amigable para los usuarios del sistema. El manejo de este software específico por parte de los investigadores garantiza el aprovechamiento de los datos generados para la modelización de procesos climáticos y la predicción de comportamientos atmosféricos.

Palabras clave: IoT; Calidad de Aire, Sensores Ambientales, Plataforma de Visualización, Modelización Climática

Abstract

The Internet of Things (IoT) is a concept that refers to the digital interconnection of everyday objects to the Internet. It is important to note that IoT represents the next evolution of the Internet and will mark a significant leap in its ability to collect, analyze, and distribute data that can be transformed into information and knowledge.

The main objective of this project is to develop an air pollution measurement system using IoT sensors connected to a platform for visualization. To achieve this, a sensor network will be created to monitor various environmental variables at different points of interest in Tucumán, developed by CIASUR. This will allow the identification of environmental conditions in different areas of the province. The system will consist of multiple sensors that will measure variables indicating pollution levels or air quality. The developed devices will include real-time telemetry capture of the information provided by the installed sensors and will transmit this data to the implemented IoT platform.

On this platform, the data will be processed and displayed in a user-friendly manner for the system's users. The management of this specific software by the researchers ensures the effective use of the generated data for climate process modeling and atmospheric behavior prediction.

Keywords: IoT; Air Quality, Environmental Sensors, Visualization Platform, Climate Modeling

Introducción

Respiramos aire para sobrevivir sin conocer sus características. Sin embargo, el aire en forma contaminada puede ser letal. Según el informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS), aproximadamente 7 millones de personas mueren cada año debido a la contaminación del aire (OMS, 2005).

La contaminación del aire es uno de los mayores riesgos ambientales que existen para la salud. Mediante la disminución de los niveles de contaminación del aire los países pueden reducir la carga de morbilidad derivada de accidentes cerebrovasculares, cardiopatías, cánceres de pulmón y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma.

En 2019, el 99% de la población mundial vivía en lugares donde no se respetaban las Directrices de la OMS sobre la Calidad del Aire.

Los efectos combinados de la contaminación del aire ambiente y la del aire doméstico se asocian a 6,7 millones de muertes prematuras cada año.

Se estima que en 2019 la contaminación del aire ambiente (exterior) provocó en todo el mundo 4,2 millones de muertes prematuras.

El 89% de esas muertes prematuras se produjeron en países de ingreso bajo y mediano, y fue en las regiones de Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental de la OMS donde se registraron las cifras más elevadas.

La adopción de políticas e inversiones de apoyo al uso de medios de transporte menos contaminantes, la mejora de la eficiencia energética de las viviendas, la generación eléctrica, la industria, y una mejor gestión de los desechos municipales permitirían reducir algunas de las principales fuentes de contaminación del aire exterior en las ciudades. El acceso a energía doméstica no contaminante también contribuiría enormemente a reducir la contaminación del aire ambiente en algunas regiones. (OMS, 2018).

En el mismo año, el 91% de la población total del mundo vivía en un lugar donde la calidad del aire supera las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Las muertes globales ocurridas debido a la contaminación del aire y los riesgos asociados en el año 2017 varían del 2% al 15% del total de muertes por país y el 9% del total de muertes en general a escala global con 8.21 mil

millones de muertes desde el año 1990-2017 (Ritchie y Roser, 2019). Se encontró que las muertes debido al problema de la contaminación del aire y los riesgos asociados eran máximas (15%) en el sur y este de Asia. Los países en desarrollo como India también han visto un aumento del ~14% en las muertes desde 1990 hasta 2017 a pesar de la reducción de la tasa de muertes debido a la contaminación del aire (Ritchie y Roser, 2019).

En Argentina y en especial en el NOA, el crecimiento poblacional fue prácticamente lineal entre 1895 y 2001, lo que ha significado una mayor presión hacia los recursos naturales (ej., espacios para viviendas, energía, agua y generación de residuos sólidos urbanos y patogénicos). Las normativas de la OMS sobre calidad del aire recomiendan un nivel máximo de 20 µg/m³ para las PM10 y un máximo de 10 µg/m³ para las PM2.5, las cuales producen afecciones a diferentes niveles del sistema respiratorio, siendo que las PM2.5 pueden alcanzar los alveolos pulmonares fácilmente, penetrando incluso hasta nivel sanguíneo. Los riesgos de la contaminación del aire y sus efectos en la salud no se distribuyen de manera homogénea en las áreas urbanas, siendo dependiente de diversos factores (socioeconómicos, etarios, patológicos, espaciales). Las personas con enfermedades previas, los niños menores de cinco años y los adultos entre 50 y 75 años de edad son los más vulnerables a la contaminación del aire. Las poblaciones con niveles socioeconómicos bajos son también vulnerables, por la utilización de métodos de quema de biomasa para la cocción diaria de alimentos o calefacción. Espacialmente, la proximidad a avenidas transitadas o de vertederos de residuos urbanos, representan fuente de grandes cantidades de partículas orgánicas e inorgánicas. La quema de cultivos (altamente estacional en la Provincia, restringida al invierno) se practica comúnmente, y los vientos actúan como transporte de grandes cantidades de material particulado que se deposita en el Gran SMT. El control y monitoreo de la calidad del aire debe resultar de interés y de aplicación comunitaria, incluyendo organizaciones gubernamentales, ONGs, empresas e industrias y grupos de trabajo en áreas de salud pública y ambiental. Es evidente que quienes trabajan en fábricas o plantas están mucho más expuestos al riesgo de inhalar sustancias químicas y gases nocivos debido a su exposición prolongada a las emisiones. La contaminación del aire agrava las condiciones dañinas, generando un impacto desfavorable en los seres vivos. Es uno de los problemas más serios que enfrenta el mundo entero.

Los efectos de la contaminación del aire abarcan desde dificultad para respirar, tos, agravamiento del asma y el enfisema, y el principal factor de riesgo ambiental en la incidencia y progresión de algunas enfermedades como el cáncer de pulmón, la hipertrofia ventricular, las enfermedades de Alzheimer y Parkinson, complicaciones psicológicas, autismo, retinopatía, crecimiento fetal y bajo peso al nacer (Ghorani-Azam et al., 2016).

Recientemente, la contaminación del aire con material particulado, especialmente aquellas con menos de 2.5 micrómetros, ha sido el foco de la mayoría de los estudios de contaminación del aire exterior debido a su capacidad para penetrar en el tejido pulmonar e inducir efectos locales y sistémicos (Nemmar et al., 2013). Los principales contaminantes que afectan la salud humana son PM2.5, PM10, dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), ozono (O₃) y monóxido de carbono (CO) (Ghorani-Azam et al., 2016). Junto con el efecto en la salud humana, estos contaminantes tienen el potencial de calentamiento global a través del efecto invernadero y pérdidas en los ecosistemas. El óxido de nitrógeno (N₂O) es un gas de efecto invernadero con un potencial de calentamiento global 298 veces mayor que el del CO₂. (Forster, P. et al., 2007) SO₂ y NO₂ son factores que reducen la producción mundial de cultivos. Por lo tanto, la evaluación y monitoreo de la calidad del aire (AQ&M) es relevante para las personas, los cultivos, los bosques, diferentes animales/insectos y el clima (Informe de Estadísticas Ambientales, 2020; Ritchie y Roser, 2019).

El cambio climático y la calidad del aire son problemas ambientales interrelacionados con graves consecuencias para la salud humana y los ecosistemas globales. El cambio climático, impulsado principalmente por las emisiones es una causa significativa de contaminación. En la mayoría de los casos, los contaminantes del aire pueden ser:

- Monóxido de carbono (CO): Un gas que proviene de la combustión de combustibles fósiles, generalmente en automóviles. No puede ser visto ni detectado por el olfato. Afecta a los seres humanos causando mareos, cansancio y dolores de cabeza.

- Ozono (O₃): Toxina secundaria formada por la reacción química de compuestos orgánicos volátiles en presencia de la luz solar. Reduce la función pulmonar y causa síntomas respiratorios como tos, asma y problemas relacionados con la respiración.
- Dióxido de nitrógeno (NO₂): Se genera por la combustión de combustibles, como los de vehículos, servicios eléctricos, quema de madera y calderas industriales. Es una causa de enfermedades relacionadas con los pulmones.
- Dióxido de azufre (SO₂): Proviene de la combustión de combustibles con alto contenido de azufre, así como de desastres naturales como las erupciones volcánicas. (Ayele, 2018).
- Dióxido de carbono (CO₂): El dióxido de carbono (CO₂) es uno de los principales gases de efecto invernadero y desempeña un papel crucial en el cambio climático. Al acumularse en la atmósfera, el CO₂ atrapa el calor irradiado por la Tierra, lo que conduce al calentamiento global. Las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles y la deforestación, han aumentado significativamente las concentraciones de CO₂ desde la Revolución Industrial, intensificando el efecto invernadero natural. (IC Change - 2013 - cir.nii.ac.jp)

Desarrollo

La UIT-T define el Internet de las Cosas (IoT) como una infraestructura global para la sociedad de la información que permite la prestación de servicios avanzados mediante la interconexión de objetos (físicos y virtuales) a través de la interoperabilidad de las tecnologías de información y comunicación presentes y futuras. (Seguridad, 2018)

El avance tecnológico y científico actual, ha impulsado el desarrollo de sistemas que mejoren la calidad de vida de las personas, aportando bienestar a la comunidad mediante el suministro de información relevante y pertinente para la toma de decisiones. En el contexto tecnológico de Internet de las Cosas (IoT), estos sistemas suponen la medición y el monitoreo de diversas variables del entorno, como es la calidad del aire.

Un diagrama en bloques de IoT para este sistema sería el siguiente:

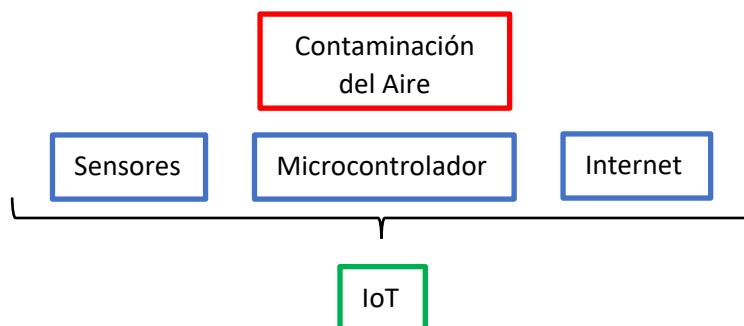


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema

Básicamente, hay cuatro capas clave en el IoT, que incluyen:

- a) **Capa de Aplicación:** Comprende las diferentes aplicaciones y servicios que el IoT proporciona.
- b) **Capa de Percepción:** Está compuesta por diversos tipos de sensores, como sensores de CO₂, temperatura, material particulado, etc.
- c) **Capa de Red:** Incluye tanto el software de comunicaciones de red como los componentes físicos de los módulos de comunicaciones.
- d) **Capa Física:** Esta capa abarca el hardware principal, como los circuitos, sensores, microcontroladores y fuente de energía.

El despliegue masivo de dispositivos de detección de calidad del aire y el análisis de los datos resultantes permiten el desarrollo de aplicaciones y servicios inteligentes como indicadores de calidad del aire en tiempo

real. Se fabricó en el CIASUR un dispositivo ambiental con sensores para medir la presión atmosférica, temperatura ambiente, humedad relativa porcentual, dióxido de carbono, contaminación sonora, además de la masa, el número de material particulado PM1.0, PM2.5, PM10 y también velocidad y dirección del viento, además este sistema cuenta con un pluviómetro.

Este conjunto de sensores se implantará en distintas zonas de Tucumán con el objetivo de conformar una red de sensores, que midan en tiempo real la contaminación del aire. Los datos obtenidos se los analizará y se comprará con las directrices de la ONU.

Los sensores de calidad de aire están conectados a un microcontrolador, en este caso el ESP32. El ESP32 es una serie de microcontroladores de bajo costo y bajo consumo con capacidades integradas de Wi-Fi y Bluetooth de doble modo, desarrollada por Espressif Systems. Es ampliamente utilizado en aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT) debido a su versatilidad y rendimiento. Tiene una conectividad inalámbrica en Wi-Fi y soporta estándares 802.11 b/g/n en la banda de 2.4 GHz. Tiene los siguientes modos de funcionamiento:

- Modos AP, STA y AP+STA.
- Soporte para Wi-Fi Direct (P2P) y SoftAP.

1. Modos AP, STA y AP+STA:

• AP (Access Point - Punto de Acceso):

En este modo, el **ESP32 actúa como un punto de acceso Wi-Fi**, creando su propia red inalámbrica a la que otros dispositivos pueden conectarse. Esto es similar a cómo funciona un router inalámbrico doméstico. Los dispositivos conectados al ESP32 pueden comunicarse directamente con él, lo que es útil para aplicaciones donde se requiere una conexión directa sin intermediarios.

• STA (Station - Estación):

Aquí, el **ESP32 funciona como un cliente** que se conecta a un punto de acceso Wi-Fi existente, como un router o hotspot. En este modo, el ESP32 puede acceder a Internet o comunicarse con otros dispositivos en la misma red. Es el modo típico para dispositivos que necesitan enviar o recibir datos a través de una red establecida.

• AP+STA (Modo Dual):

En el modo AP+STA, el **ESP32 opera simultáneamente como punto de acceso y como estación**. Esto significa que puede estar conectado a una red Wi-Fi existente (como cliente) mientras proporciona su propia red Wi-Fi para que otros dispositivos se conecten a él. Este modo es útil para:

- Actuar como puente entre una red local y dispositivos que se conectan directamente al ESP32.
- Permitir configuraciones iniciales donde un dispositivo se conecta al ESP32 para proporcionarle credenciales de red, mientras mantiene su conexión a la red principal.

2. Soporte para Wi-Fi Direct (P2P) y SoftAP:

• Wi-Fi Direct (P2P - Peer-to-Peer):

Wi-Fi Direct permite que dispositivos Wi-Fi se conecten directamente entre sí sin la necesidad de un punto de acceso intermedio, como un router. En este modo:

- El **ESP32** puede establecer **conexiones directas** con otros dispositivos compatibles con Wi-Fi Direct.
- Es útil para transferencias rápidas de datos, comunicaciones directas y situaciones donde no hay una infraestructura de red disponible.
- Facilita la creación de redes ad-hoc temporales para intercambio de información.

- **SoftAP (Software Enabled Access Point):**

El término **SoftAP** se refiere a la capacidad de un dispositivo de actuar como un punto de acceso Wi-Fi utilizando software, sin hardware adicional específico para esa función. En el caso del ESP32:

- **El ESP32 crea una red Wi-Fi utilizando su hardware integrado**, permitiendo que otros dispositivos se conecten a él.
- Es especialmente útil para configuraciones iniciales, donde un usuario puede conectarse al ESP32 para establecer parámetros (como credenciales Wi-Fi) a través de una interfaz web o aplicación.
- Permite flexibilidad en el diseño de redes y facilita la comunicación directa con el dispositivo. (Espressif)

Resultados

Los sensores de material particulado, CO₂, de temperatura, humedad, presión etc., efectuaron mediciones, los mismos están conectados a un microcontrolador con conexión a Wifi en este caso el ESP32. Estos datos son enviados a una plataforma para su visualización en este caso Thingspeak.



Figura 2. Mediciones de los sensores en la Nube.

ThingSpeak es una plataforma de código abierto basada en la nube diseñada específicamente para el Internet de las Cosas (IoT). Permite la recopilación, almacenamiento, análisis y visualización de datos generados por dispositivos y sensores conectados a Internet. A través de protocolos estándar como HTTP y MQTT, los dispositivos pueden enviar datos a canales en ThingSpeak, donde se pueden procesar en tiempo real. A continuación, se adjuntan algunas imágenes de las mediciones del sistema de medición de calidad de aire desarrollado por el CIASUR, donde algunos de los valores medidos se muestran en una plataforma en la nube para IoT implementada, en este caso se trata de Thingspeak.

Conclusiones

Es importante destacar que se están realizando mediciones en un punto de interés para probar el sistema. La idea es comenzar a desplegar este dispositivo, una vez validado, y llevar a cabo mediciones masivas.

Se monitoreará el material particulado y los distintos gases que contaminan el aire, tal como se describió. Cabe resaltar que el material particulado es abundante en la provincia de Tucumán debido a la gran cantidad de quema de cañaverales durante la zafra. De ahí la importancia de su medición en tiempo real, ya que produce polución y contaminación ambiental, afectando la salud de los ciudadanos.

Referencias

Ayele, T. W. (2018). *Air pollution monitoring and prediction using IoT*. 2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT), 1741–1745.

Change, I. C. (2013). The physical science basis.

(Espressif) <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp32>

Forster, P., et al. (2007). Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. En Solomon, S. (Ed.), Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge.

Ghorani-Azam, A., Riahi-Zanjani, B., & Balali-Mood, M. (2016). Effects of air pollution on human health and practical measures for prevention in Iran. Journal of Research in Medical Sciences, 21(1), 65.

Nemmar, A., Holme, J. A., Rosas, I., Schwarze, P. E., & Alfaro-Moreno, E. (2013). Recent advances in particulate matter and nanoparticle toxicology: a review of the in vivo and in vitro studies. BioMed Research International, 2013(1), 279371.

Ritchie, H., & Roser, M. (2019). *Outdoor air pollution*. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/outdoor-air-pollution>

Seguridad, S. A. Y. (2018). *UIT-T*.

Energías Renovables – Optimización de la producción de Hidrógeno a partir de la electrólisis del agua mediante pulsos de alta frecuencia.

Renewable Energies – Optimization of Hydrogen production from water electrolysis using high frequency pulses.

Juan Carlos Colombo

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán – Argentina.
colombojcc@gmail.com

Carlos Ignacio Colombo

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán – Argentina.
ignaciocolombo84@gmail.com

Rubén Roberto Navarro

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán – Argentina.
rubenrobertonavarro@gmail.com

Martín Leal

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán – Argentina.
ing.martinleal@gmail.com

Resumen

Se demuestra un método novedoso más eficiente de generación de hidrógeno por electrólisis de agua. Se trata de la aplicación de pulsos de corriente continua. Se busca encontrar la óptima producción de hidrógeno aplicando diferentes señales a los electrodos de una celda electrolítica. Para ello se tendrán en cuantas variables tales como la frecuencia y la forma de onda. Utilizando tecnología ya conocida como la modulación por ancho de pulsos (PWM) y tiristores, se puede aplicar de forma efectiva esta nueva tecnología a las ya existentes. Posteriormente, con el resultado experimental, se diseñará y construirá una cuba electrolítica con un dispositivo electrónico que aseguré la óptima producción de hidrógeno.

Palabras Clave: Electrólisis del Agua, Respuesta en frecuencia, Componentes armónicas.

Abstract

A novel and more efficient method for generating hydrogen by water electrolysis is demonstrated. This method involves the application of direct current pulses. The aim is to find the optimal hydrogen production by applying different signals to the electrodes of an electrolytic cell. Variables such as frequency and waveform will be taken into account. Using existing technologies such as pulse-width modulation (PWM) and thyristors, this new technology can be effectively applied to existing systems. Subsequently, based on the experimental results, an electrolytic cell with an electronic device that ensures optimal hydrogen production will be designed and built.

Keywords: Water electrolysis, frequency response, harmonic components.

1. Introducción

El crecimiento de la población y la economía en el mundo es directamente proporcional a la utilización de combustibles fósiles y al deterioro del medio ambiente. Actualmente, el 81% del suministro total de energía primaria y el 66% de la generación de electricidad se basan en combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo), lo que genera casi el 100% de las emisiones de CO₂ en el mundo. [1,2]

Actualmente, la preocupación se centra en el aumento de la temperatura global debido principalmente a las emisiones de GEI (gases de efecto invernadero) resultantes de su procesamiento y combustión. Debido a los esfuerzos en la dirección de la transición a la tecnología de energía baja en carbono, los expertos esperan "reducir" la curva de emisiones de GEI. Una "fuente de energía sostenible" sería aquella que no se agota sustancialmente por el uso continuado, que no implica emisiones contaminantes significativas u otros problemas ambientales, peligros para la salud o injusticias sociales. [1]

Las temperaturas ya están 1 grado centígrado por encima de los niveles preindustriales y, según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), con solo elevarse otro 0.5 C los efectos podrían ser devastadores.

1.1 Métodos de producción del H₂

Hay métodos disponibles para la producción de hidrógeno a partir de combustibles fósiles, biomasa, agua; compuestos como hidruros metálicos, H₂S y fuentes biológicas [5].

Se están desarrollando procesos fotoquímicos y photoelectroquímicos basados en la degradación fotocatalítica de materia orgánica, con el propósito de producir electricidad e hidrógeno a partir de residuos. Existen varios métodos de producción de hidrógeno a partir del agua, que incluyen electrólisis, descomposición térmica directa o termólisis, procesos termoquímicos y fotólisis [6-8].

Podemos decir que existen dos tecnologías que tienen un potencial prometedor para generar hidrógeno sin producir emisiones de gases de efecto invernadero: 1) electrólisis y 2) descomposición termoquímica del agua. [16,20].

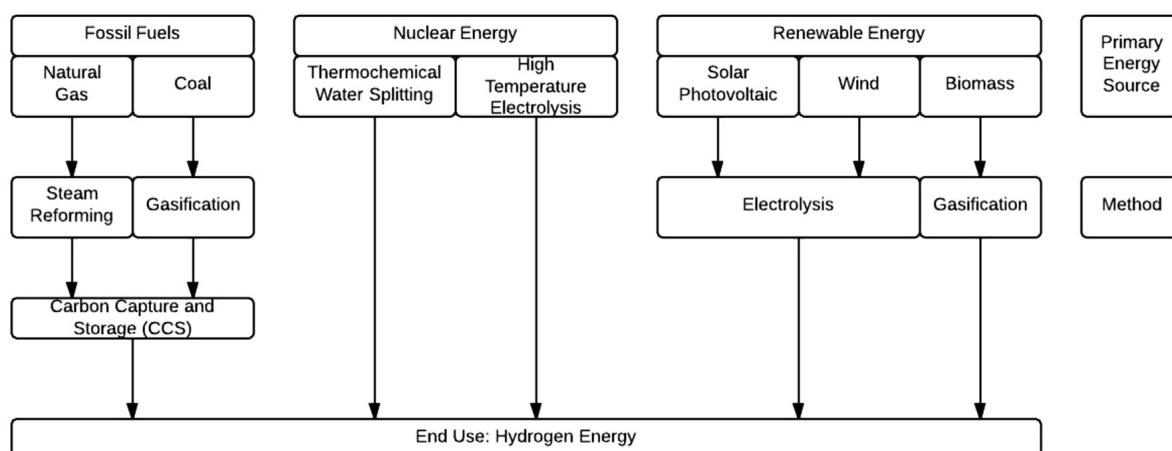


Fig. 1. Diagrama general de los métodos de producción de hidrógeno. [14].

1.2 Electrólisis del agua

En la actualidad, la producción de hidrógeno por electrólisis del agua ha alcanzado el 4% de la producción total de hidrógeno del mundo, pero su producción consume mucha energía y la producción de electricidad representa aproximadamente el 80% del costo total de producción de la producción de hidrógeno con agua electrolítica .[44] La razón principal del enorme consumo de energía de la producción de hidrógeno por electrólisis del agua es que los electrodos de trabajo que catalizan la reacción de desprendimiento de hidrógeno y oxígeno requieren sobrepotenciales excesivos. [45] Por lo tanto, es importante comprender cómo mejorar la electrólisis del agua y reducir el consumo de energía para que se pueda satisfacer el requisito de producción sostenible de hidrógeno.

2. Desarrollo

2.1 Teoría de la electrólisis del agua

El sistema de electrólisis alcalina generalmente se compone de un ánodo y un cátodo, que se sumerge en una solución alcalina, generalmente al 20%. -30% de hidróxido de potasio (KOH). [46] Funcionan a una

temperatura inferior a 100 °C y presión atmosférica. En este sistema, se necesita un diafragma para separar los dos electrodos (ánodo y cátodo). El diafragma conduce iones de hidróxido (OH^-) a través de una solución de KOH, que mantiene el hidrógeno y el oxígeno separados para evitar su recombinación. La reacción parcial en los electrodos viene dada por: [47]

La cantidad de gases producidos por unidad de tiempo está directamente relacionada con la corriente que pasa a través de la celda electroquímica [30].

Para la electrólisis del agua, el voltaje mínimo necesario de la celda es 1.21 V. Para que comience una reacción, es necesario superar una barrera de energía (extra), la energía de activación de 0.25V. La celda electroquímica produce calor a potenciales superiores a 1,48 V y absorbe calor a potenciales inferiores a este valor, con la condición de que la temperatura de la celda se mantenga constante.

El sobrepotencial debe mantenerse bajo para maximizar la eficiencia y minimizar la producción de calor. Por otro lado, cuanto menor sea el sobrepotencial, más lenta será la reacción, por lo que tenemos que hacer un compromiso. Una de las mejores formas de aumentar la corriente sin aumentar el sobrepotencial es aumentar las áreas de contacto entre los electrodos y el líquido [31]

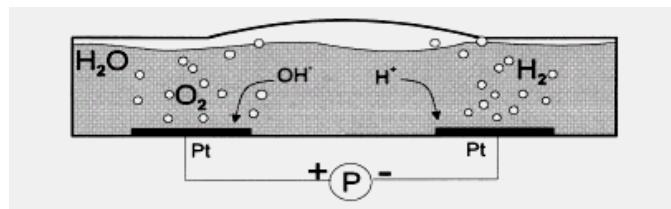


Fig. 2. Esquema de una celda electroquímica [31].

2.2 Interfaz entre electrodo y electrolito: La doble capa

Cuando dos electrodos iguales se sumergen en un electrolito, inicialmente no hay voltaje medible entre ellos. Pero cuando una batería hace que la corriente fluya de una varilla a la otra, la separación de carga se crea naturalmente en cada interfaz líquido / sólido y se crean dos condensadores electroquímicos conectados en serie. Los condensadores típicos almacenan la carga eléctrica físicamente, sin que se produzcan cambios químicos o de fase, y este proceso es altamente reversible; el ciclo descarga-carga se puede repetir una y otra vez, prácticamente sin límite. En el condensador electroquímico en la interfaz electrodo / electrolito, los iones solvatados en el electrolito son atraídos a la superficie del electrodo por una carga igual pero opuesta en él. Estas dos regiones paralelas de cargas en la interfaz forman la "doble capa" donde la separación de cargas se mide en dimensiones moleculares (es decir, pocos angstroms) y el área de superficie se mide en miles de metros cuadrados por gramo de material de electrodo [32].

Los fenómenos de doble capa y los procesos electro-cinéticos son los elementos principales de la electroquímica.

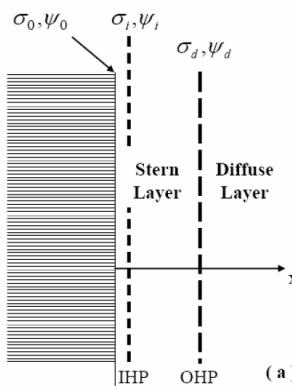


Fig. 3. Diagrama ilustrando la Doble Capa [33].

2.3 Desafíos de la hidrólisis.

El uso extensivo de la electrólisis de agua presenta algunos desafíos con respecto a la minimización del consumo de energía, la estabilidad y confiabilidad del electrodo. En particular, los costos de consumo de energía debido a la producción ineficiente de hidrógeno es uno de los mayores problemas a superar. La eficiencia de la electrólisis del agua es de alrededor del 56 al 73%, lo que no es ideal para la producción económica de hidrógeno [34, 35]. En la electrólisis de CC, el flujo de corriente en solución acuosa está limitado por el coeficiente de difusión de la especie. Especialmente la cobertura de burbujas del electrodo es un gran problema para las pérdidas de transferencia de masa. En la electrólisis del agua, las moléculas de hidrógeno se producen en el lado del cátodo y las moléculas de oxígeno se producen en el lado del ánodo. Estas moléculas en forma de burbuja, se adhieren a la superficie del electrodo hasta que las fuerzas de equilibrio provocan la separación de la superficie y el movimiento del electrolito. La alta saturación de gas disuelto en el electrolito implica que es menos probable que se formen burbujas autógenas dentro de la agregación. La condición de equilibrio entre la superficie del electrodo y el movimiento de especies en el electrolito causa limitaciones de transferencia de masa.

Por esta razón, la electrólisis de CC posee una velocidad de reacción limitada por la difusión de iones a través del electrolito y la capa de difusión cerca de la superficie de cada electrodo [36, 37]. Por esta razón, es difícil mejorar la eficiencia de la electrólisis sin aumentar la potencia de entrada para obtener el mismo volumen de hidrógeno.

2.4 Una solución novedosa

Existe un nuevo método experimental que sigue siendo estudiado y motivo de debate, donde descubrimos que la electrólisis del agua se produce mediante un mecanismo diferente del convencional de CC. Se trata de la aplicación de pulsos de corriente continua, lo que podría llevar a la electrólisis a un nuevo nivel totalmente diferente. Entrando en juego variables tales como la frecuencia y la forma de onda. Utilizando tecnología ya conocida como la modulación por ancho de pulsos (PWM) y tiristores, se puede aplicar de forma efectiva esta nueva tecnología a las ya existentes [13, 15].

Cuando se aplica el voltaje de pulso ultracorto de menos de varios microsegundos a un baño de electrólisis de agua, la aplicación de voltaje es tan rápida que ni la doble capa eléctrica ni la capa de difusión pueden formarse de manera estable en las proximidades de los electrodos, la falta de formación de la doble capa eléctrica estable significa que los iones de hidrógeno se pueden mover más rápido que en la electrólisis de CC convencional. Estos diferentes mecanismos que surgen a través de la aplicación de pulsos ultracortos, que conducen a la ausencia de la capa de difusión y la doble capa eléctrica estable, pueden abrir la posibilidad de electrólisis de agua de alta capacidad [13].

Usando una fuente de alimentación de CC interrumpida mecánicamente se aprecian dos fenómenos. Inmediatamente después de la aplicación del potencial a un sistema electroquímico, se observa un pico de corriente alto, pero de corta duración. Cuando se desconecta el potencial aplicado, continúa fluyendo una corriente significativa durante un corto tiempo. El primer fenómeno se comporta como un transitorio de carga de capacitancia de la doble capa, seguido de la descarga electroquímica de la primera capa iónica, dando lugar a la corriente, y repuesta por el transporte de masa iónica desde la mayor parte del electrolito.

El segundo fenómeno se atribuye a la descarga de iones en la doble capa que mira al electrodo en ausencia del campo aplicado externamente. Esto sugiere que la carga y descarga de la doble capa puede desempeñar un papel importante en la reducción de los requisitos de energía [38].

2.5 Metodología

Las celdas electrolíticas utilizadas en la actualidad se pueden modificar con tecnología ya conocida (PWM, uso de FET y MOSFET) para desarrollar una celda de electrólisis por pulsos de alta frecuencia.

En la siguiente figura se pueden ver las diferentes señales a aplicar en la celda, sabiendo que se puede variar en modo DC y PDC, amplitud, frecuencia y ciclo de trabajo.

Existen diferentes formas de crear un sistema electroquímico que nos permita producir y cuantificar los fenómenos objetos de estudio.

En el siguiente diagrama se muestra a modo conceptual un sistema electroquímico con sus componentes más importantes, pudiendo variar el diseño del mismo según se requiera.

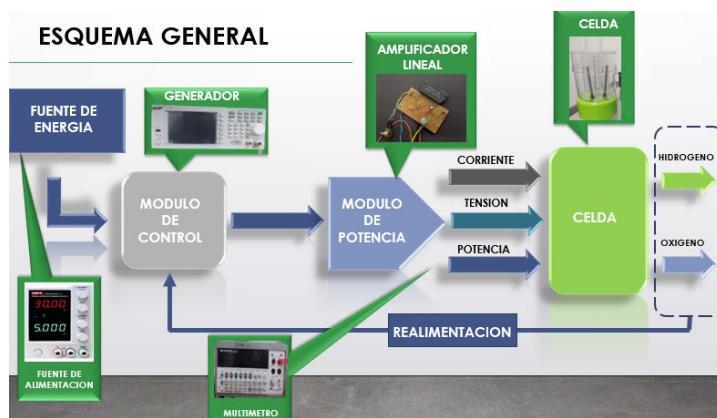


Fig. 4. Diagrama de un sistema electroquímico.

Durante la experimentación, sabiendo que se necesitan medir diferentes combinaciones de señales (diferentes amplitudes, frecuencias y ciclos de trabajo) y comparar sus efectos, se debe contar con un sistema de mediciones automático que facilite la tarea y un sistema de adquisición de datos para guardar los resultados. El principal motivo es la imposibilidad de realizar todas las mediciones manualmente en una escala de tiempo real.

El generador de ondas que se utilice debe ser capaz de producir todas las señales según el criterio y parámetros de trabajos que se adopte.

La celda electrolítica básicamente es un recipiente hermético, con los electrodos colocados dentro de la misma. Se debe diseñar según dimensiones o topologías preestablecidas y deberá ser la misma para todas las mediciones. La celda, además, debe poseer un sensor de temperatura para controlar las variaciones según se experimenta. Y un sensor de presión, el cual es esencial ya que la tasa de aumento de presión es directamente proporcional a la tasa de flujo del gas producido.

La electroválvula es necesaria, en la medida que es necesario liberar la presión de la celda entre mediciones para no distorsionar los resultados.

3. Conclusiones

En base a la información analizada se puede concluir que la electrolisis del agua es el método más fácil, práctico y económico de generar hidrógeno. Al alcance de prácticamente todo el mundo y con el creciente interés para desplazarse a un nuevo tipo de energía limpia, es cuestión de tiempo que empecemos a ver notables mejoras en los sistemas electroquímicos. La fabricación de un prototipo de prueba para evaluar la electrólisis del agua por pulsos es posible y muy prometedora.

El objetivo del proyecto de investigación planteado en la propuesta era el de examinar detenidamente la aplicabilidad de una fuente de alimentación por pulsos para la electrólisis del agua. A fin de modelar un sistema electrónico capaz de utilizar esta técnica estudiada con el objetivo de dejar asentado un antecedente que pueda servir a futuro para la realización de prototipos funcionales.

4. Recomendaciones.

Durante la investigación de esta novedosa técnica surgió el siguiente desafío. Mientras se analizaba y comparaba la información sobre la materia de estudio se encontró diversos autores que experimentaron este proceso cada uno utilizando sus diferentes topologías, celdas, concentraciones de electrolitos en soluciones acuosas, variables estudiadas y los respectivos resultados a cada una de las interrogantes planteadas en cada investigación de manera individual.

Para poder unificar todas estas experiencias es necesario construir un sistema electroquímico analizando todas las variables al mismo tiempo en sucesivas mediciones, para poder obtener un resultado que pueda ser aplicado luego universalmente.

5. Referencias

1. Sema Z. Baykara (2018) . Hydrogen: A brief overview on its sources, production and environmental impact. International Journal of Hydrogen Energy Volume 43, Issue 23, Pages 10605-10614.
2. International Energy Agency. (2017) Key world energystatistics. Technical Report. <http://www.iea.org/publications/>
4. Chang R. (2002). Chemistry. Boston: McGraw Hill
5. Veziroglu TN, Barbir F.(1998). Hydrogenenergy technologies. Vienna: UNIDO.
6. Kalinci Y, Hepbasli A, Dincer I. (2009) Biomass-basedhydrogen production: a review and analysis. Int J HydrogenEnergy 34:8799e817.
7. Abuadala A, Dincer I. (2012) A review on biomass-basedhydrogen production and potential applications. Int J EnergyRes 36:415e55.
8. Chen D, He L.(2011). Towards an efficient hydrogen production frombiomass: areview of processes and materials. ChemCatChem 3:490e511.
9. Bonner M, Botts T, McBreen J, Mezzina A, Salzano F, Yang C. (1984) Status of advancedelectrolytichydrogen production in the United States and abroad. Int J HydrogenEnergy 9(4):269e75.
10. Carpetis C. (1984) An assessment of electrolytichydrogen production by mans of photovoltaicenergy conversion. Int J HydrogenEnergy 9(12):969e92.
11. Gaicia-Conde AG, Rosa F. (1992) Solar hydrogen production: aSpanishexperience. In: Veziroglu TN, Derive C, Pettier J, editors. Hydrogenenergyprogress IX, vol. 2. Paris: M.C.I.; p. 723e32.
12. Gahleitner G.(2013) Hydrogen from renewable electricity: an international review of power-to-gas pilot plants for stationary applications. Int J HydrogenEnergy ;38:2039e61.
13. Naohiro Shimizu, Souzaburo Hotta, TakayukiSekiya and Osamu Oda. (2006) A novelmethod of hydrogengeneration by water electrolysisusingan ultra-short-pulse power supply. Journal of AppliedElectrochemistry 36:419–423
14. Canan Acar, Ibrahim Dincer (2014) Comparative assessment of hydrogen production methodsfromrenewable and non-renewable sources. International Journal of HydrogenEnergy, Volume 39, Issue 1, Pages 1-12.
15. NesrinDemir, Mehmet Fatih Kaya*, M. SalahaldinAlbawabiji. (2018) Effect of pulse potential on alkaline water electrolysis performance. International Journal of HydrogenEnergy, Volume 43, Issue 36, Pages 17013-17020
16. Berry, Gene D., Aceves, Salvador M. (2006) La economía del hidrógeno como solución al problema de la estabilización del clima mundial. Acta Universitaria [en linea]. 16(1), 5-14.
17. A.M. Fernández and U. Cano. (2012) Alkaline Electrolysis with Skeletal Ni Catalysts. Electrolysis by JanysKleperis, 1.
18. Seth Dunn (2002). Int. J. Hydrogen Energy, 8 16.
19. H. Balat and E. Kirtay. Int. J. HydrogenEnergy, 35 (2010) 7416.
20. A. Züttel, A. Borgschulte and L. Schlapbach (2008), Hydrogen as a Future Energy Carrier. Darmstadt.
30. Zoulias E., Varkarakis E., Lymberopoulos N., Christodoulou C.N. and Karagiorgis G.N. (2002) A Review On Water Electrolysis. Centre for RenewableEnergy Sources (CRES), Pikermi, Greece. 21.11.2011. Availablefrom: <http://www.cres.gr/kape/publications/papers/dimosieyseis/ydrogen/A%20REVIEW%20ON%20WATER%20ELECTROLYSIS.pdf>
31. Neagu C, Jansen H, Gardeniers H, and Elwenspoek M, (2000), The electrolysis of water: An actuation principle for MEMS with a bigopportunity, Mechatronics: 571-581.
32. Miller J.R. and Simon P. (2008) Fundamentals of ElectrochemicalCapacitor Design and Operation, The Electrochemical Society Journal Interface, Spring:31-32.
33. Jong U. Kim (2005) Electrical double layer: revisit based on boundary conditions Departement of Electrical and Computer Engineering, Texas A \$M UniversityCollege Station, USA
34. Holladay JD, Hu J, King DL, Wang Y. (2009) An overview of hydrogen production technologies. CatalToday 139:244e60.
35. Zeng K, Zhang D. (2010) Recentprogress in alkaline water electrolysis for hydrogen production and applications. Prog Energy Combust Sci ;36:307e26.
36. Lumanauw D. (2000) Hydrogen bubble characterization in alkaline water electrolysis. Master Thesis University of Toronto.
37. Monk N, Watson S. (2016) Review of pulsed power for efficient hydrogen production. Int J Hydrogen Energy 41:7782e91.
38. Aly H. Shaaban (1993), Water Electrolysis and Pulsed Direct Current, J. Electrochem. Soc. Volume 140, Issue 10, Pages 2863-2867.

43. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-56531777>.
44. Roy, A.; Watson, S.; Infield, D. (2006), Comparison of electrical energy efficiency of atmo-spheric and high-pressure electrolyzers. International Journal of Hydrogen Energy, 31 (14), 1964 –1979.
45. Stojic, D. L.; Marceta, M. P.; Sovilj, S. P.; Miljanic, S. S.(2003), Hydrogen generation from water electrolysis: Possibilities of energy saving. Journal of Power Sources, 118(1-2), 315 –319.
46. Kreuter, W.; Hofmann, H.(1998), Electrolysis: The important energy transformer in a world of sustainable energy. International Journal of Hydrogen Energy , 23 (8), 661–666
47. Ursua, A.; Gandia, L. M.; Sanchis, P. (2012), Hydrogen Production From Water Electrolysis: Current Status and Future Trends. Proceedings of the IEEE, 100 (2), 410–426.

Comportamiento socio comunitario, residuos sólidos urbanos y calidad ambiental en áreas específicas de San Miguel de Tucumán

Community socio-behavior, urban solid waste and environmental quality in specific areas of San Miguel de Tucuman

Presentación: 03/12/2024

Claudia Valeria Graieb

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán - CEDIA (Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Ambiental) - Argentina.
vgraieb@yahoo.com.ar

Ricardo Ferrari

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán - Argentina.
rrferrari@yahoo.com.ar

Resumen

El comportamiento responsable al ambiente, por parte de individuos, grupos e instituciones, de una sociedad determinada, está vinculado con la conciencia ambiental y la educación ambiental. La posmodernidad trajo consigo patrones exagerados y acelerados de consumos de diferentes productos, provocando descartes irresponsables, luego de que fueran consumidos. Esta situación derivó, en la mayoría de las sociedades, un incremento en la contaminación por residuos comunes.

La presente investigación se orientó a detectar si se presenta cierto manejo de los residuos en los pobladores de San Miguel de Tucumán. Asimismo, determinar los contenidos mínimos en educación ambiental si mejora la gestión de residuos, a fin reducir la presencia residuos en la vía pública, la dispersión, la falta de diferenciación, como la clasificación en origen. Este estudio se llevó en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán, a través un análisis de muestra probabilística no aleatorio de un proyecto de investigación más abarcador.

Palabras claves: Educación Ambiental, Conciencia Ambiental, Sustentabilidad, RSU, Conducta de Separación.

Abstract

Responsible behavior towards the environment, by individuals, groups and institutions, of a given society, is linked to environmental awareness and environmental education. Postmodernity brought with it exaggerated and accelerated patterns of consumption of different products, causing irresponsible discarding, after they were consumed. This situation led, in most societies, to an increase in pollution by common waste.

This research was aimed at detecting whether there is a certain management of waste in the inhabitants of San Miguel de Tucumán. Also, to determine the minimum contents in environmental education if it improves waste management, in order to reduce the presence of waste in public roads, dispersion, lack of differentiation, such as classification at source. This study was carried out at the Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán, through a non-random probabilistic sample analysis of a more comprehensive research project.

Keywords: Environmental Education, Environmental Awareness, Sustainability, MSW, Separation Behavior.

Introducción

En este proyecto se busca determinar la conciencia o el conocimiento ambiental, de los pobladores, sobre el manejo de los residuos sólidos urbanos, a través de indicadores, y comprobar si se observan conductas con atributos ambientales que surjan como nuevas prácticas en terreno y los comportamientos poblacionales en relación a los residuos (ahora en más RSU). Se procurará dimensionar la educación ambiental como impulsor de un compromiso personal, institucional y comunitario para un ambiente sano y sustentable. El control de la generación de residuos en origen resulta trascendente, como llave y cambio, en el desarrollo de conductas de la población. El proyecto se dirigió además a intentar posibilidades de mejorar la vigilancia o las estrategias tecnológicas o municipales que permitían un cambio en los pobladores. Apunta a promover la gestión social destinada a lograr conciencia y conducta ambiental con la participación de líderes comunitarios, y la educación ambiental para permitir la generación de las conductas vistas como herramientas de valor colectivo y correctivo. Se quiere cambios que deben materializarse, en plazas y parques más limpios, saneamiento de ríos, reducción de vertederos clandestinos, entre otros. Los cambios deben perseguir aspectos correctivos, no obstante, se justifica los preventivos, para que esta sea una acción futura proactiva en los pobladores. En síntesis, el proyecto busca promover el comportamiento ambiental humano para el desarrollo del mejoramiento cultural y ambiental de la ciudad de San Miguel de Tucumán, a través de la conducta de separación de residuos, la toma de decisiones encaminada al desarrollo de entornos sostenibles y la capacitación para transmitir valores y destrezas en la separación y disposición de RSU en origen. Se busca promover la educación ambiental, como recurso pedagógico favorecedor de cambios de hábitos y cultural ambiental.

En cualquier tiempo y espacio los seres humanos podemos elegir en actuar de forma positiva o negativa sobre el entorno, para ser corresponsables de un ambiente limpio. Pero tal situación, requiere tener tal sensibilidad, atento al vínculo irreductible hombre y ambiente, en permanente interacción. Este último debe reconocer los daños que surgen de su propia acción y actividad.

Cuestiones en torno a la conducta para la educación ambiental

La Investigación presente opera con procedimientos no probabilísticos, pero si estadísticos. En este momento y ante las posibilidades actuales de la investigación la misma siempre tuvo como objeto de interés la comprensión y, en lo posible, la interpretación de las cualidades del fenómeno de las formas más comunes de descartes de residuos en habitantes de San Miguel de Tucumán. Algunas consideraciones que guiaron nuestro estudio:

¿De qué manera los pobladores de Tucumán eliminan los RSU?, ¿Cómo caracterizar la conducta de descarte de RSU en términos sociales?, ¿Por qué se produce el abandono o el olvido o la misma indiferencia de los residuos en los espacios públicos?

¿Resulta fétida, ofensiva, repelente los propios RSU decidiendo abandonarlo de cualquier manera?, ¿Por qué se desconoce el acto de disponer los RSU de la forma que plantea la Ley 8177 decidiendo el modo de la externalidad ambiental?, ¿De dónde surge el supuesto ciudadanos de que los propios residuos no le pertenecen y que estaría legitimado desprenderse de cualquier modo?

No se trata de medir o cuantificar las conductas, más bien interpretar corroborar hipótesis y comprender o explicar ciertos acontecimientos socio-culturales para luego proponer algún diseño de cambio (Una propuesta de Cambio).

Cuestiones en torno a la conducta para la educación ambiental

La Investigación presente opera con procedimientos no probabilísticos, pero si estadísticos. En este momento y ante las posibilidades actuales de la investigación la misma siempre tuvo como objeto de interés la comprensión y, en lo posible, la interpretación de las cualidades del fenómeno de las formas

más comunes de descartes de residuos en habitantes de San Miguel de Tucumán. Algunas consideraciones que guiaron nuestro estudio:

¿De qué manera los pobladores de Tucumán eliminan los RSU?, ¿Cómo caracterizar la conducta de descarte de RSU en términos sociales?, ¿Por qué se produce el abandono o el olvido o la misma indiferencia de los residuos en los espacios públicos?

¿Resulta fétida, ofensiva, repelente los propios RSU decidiendo abandonarlo de cualquier manera?, ¿Por qué se desconoce el acto de disponer los RSU de la forma que plantea la Ley 8177 decidiendo el modo de la externalidad ambiental?, ¿De dónde surge el supuesto ciudadanos de que los propios residuos no le pertenecen y que estaría legitimado desprenderse de cualquier modo?

No se trata de medir o cuantificar las conductas, más bien interpretar corroborar hipótesis y comprender o explicar ciertos acontecimientos socio-culturales para luego proponer algún diseño de cambio (Una propuesta de Cambio).

Metodología

La metodología utilizada, en el presente trabajo, es cuasi experimental. El interés por dicha metodología se explica en razón de admitir trabajar en condiciones naturales. León y Montero refieren que en los experimentos cuasi experimentales no se pueden usar la asignación al azar de los participantes a las condiciones de un experimento. Por tal razón, se pueden utilizar escenarios de trabajo o de actividades de la vida cotidiana como las escuelas, las universidades, las empresas, el uso de plazas y parques que son utilizado de forma espontánea por personas. Para estos casos, es poco probable recurrir al azar y tomar grupos (León, 2015).

La investigación cuasi experimental es una forma de investigación experimental muy utilizada en las ciencias sociales y la psicología. Este tipo de investigación cuasi experimental se caracteriza porque los individuos bajo estudio no se seleccionan de forma aleatoria, sino que se encuentran establecidos previamente. Y no se desean romper los dispositivos y vínculos que ya existen en estos escenarios. Se caracteriza por ser descriptiva, la cual consiste en observar el comportamiento de los individuos y de las diferentes variables sociales y registrar datos cualitativos y cuantitativos. La investigación cuasi experimental se ubica entre la investigación experimental y el estudio observacional. Cabe mencionar que no se tiene el control de variables independientes o de los elementos que intervienen en el contexto del sujeto de estudio. De todas maneras, son estudios ricos en información por la flexibilidad de ambiente existentes como interés de contextos aplicados.

Características de la investigación cuasi experimental

La investigación cuasi experimental tiene las siguientes características:

- La población de estudio que forma parte de esta investigación no se selecciona aleatoriamente, por el contrario, el investigador selecciona grupos previamente establecidos.
- La investigación cuasi experimental es valiosa en investigación aplicada.
- Aunque su origen surgió para realizar investigaciones en el sector educativo, actualmente, también se utiliza en la rama de la psicología y sociales.
- Este tipo de investigación se enfoca en identificar la forma en la que se relaciona una variable independiente sobre la variable dependiente y qué es lo que esto produce.
- La investigación cuasi experimental se lleva a cabo en campo, en un ambiente donde el sujeto de estudio se desarrolla naturalmente, lo que disminuye el control de las variables.

Diseño Pretest y Posttest (Previa prueba y Post Prueba)

La presente investigación se diseñó bajo el criterio pre y post prueba (pretest y posttest). Es decir, se toma una medida antes de alguna intervención (para este caso, la intervención fue la implementación de

contenidos de educación ambiental en temas de separación de residuos) y luego otra medición luego de la intervención, con objeto de detectar si hubo modificación respecto a la intervención aplicada.

Se realizó la medición inicial, a través de un cuestionario en Google Forms conociendo criterios habituales de RSU. A posteriori, se llevaron adelante varias intervenciones con contenidos en educación ambiental: pequeñas charlas en las aulas de la UTN-FRT, se colocaron de cartelería en cada una de las comisiones sobre las Islas Verdes y los contenidos de los residuos para cada una de ellas, se grabaron videos con presencia en Instagram de la facultad, asimismo, se adquirieron tres Islas Verdes que se ubicaron en lugares estratégicos de la facultad, cuyos contenidos separaron residuos de tipo plásticos (contenedor amarillo), papel y cartón (contenedor azul) y latas (contenedor verde). Luego, se llevó la nueva medición, aplicando un nuevo cuestionario, con objeto de evaluar cambios en la variable dependiente. La primera medición se realizó en el año 2023 y la segunda se midió en el año 2024. Entre ambas mediciones se realizó una intervención en materia de educación ambiental dirigida a la separación de RSU.

Diseño Longitudinal

La investigación además se ajusta a la lógica longitudinal, ya que permite un seguimiento de la variable dependiente (conducta de separación de residuos en alumnos) a lo largo del tiempo, lo cual tiene interés en averiguar los cambios por los que atraviesan los participantes en un período de tiempo continuo (en este caso tres años, 2022-2024). Para esto, el diseño selecciona diferentes medidas de la variable para cada sujeto de estudio, los cuales pueden ser una persona o un grupo de personas que conformen una unidad. En este caso, fueron ciertos grupos naturales, que ya estaban constituidos por comisiones de estudiantes de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Tucumán. Este aspecto es muy importante debido que se mantuvieron los vínculos y actividades naturales de la institución, y no se crearon grupos nuevos, que podría entenderse como artificial, en tanto y en cuanto, los individuos no tuvieran lazos establecidos para dispositivo de actividad.

Se realizaron los cuestionarios a lo largo de tres años. Bajo técnicas de observación de grupos, probabilísticos no aleatorios, dentro de la UTN-FRT, basado en investigación cuasi experimentales, a fin de poder hacer seguimiento de la variable dependiente.

VARIABLES

Variable Independiente: contenidos ambientales, información sobre separación de residuo visual (imágenes, videos, otros), textual, informativa verbal

Variable Dependiente: conducta de separación de residuos

NOMBRE DE LA VARIABLE	TIPO DE VARIABLE Y CLASIFICACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	ALCANCE OPERACIONAL	UNIDAD DE MEDIDA Y CATEGORIAS DE MEDICIÓN	PRUEBA ESTADÍSTICA CON LA QUE SE VA A EVALUAR
CONDUCTA DE SEPARACIÓN	Variable Dependiente	Abajo	Abajo	Nominal	Chi_Cuadrado Frecuencias Densidad
PROGRAMA EN SEPARACIÓN DE RSU;					Chi_Cuadrado Frecuencias
CONTENIDOS AMBIENTALES EN SEPARACIÓN DE RSU	Variable Independiente	Abajo	Abajo	Nominal	Densidad

Tabla 1: Modelo de clasificación de variables

Tipo de RSU	Cantidad
CONDUCTA ARBITRARIA	
CONDUCTA DE ELIMINACIÓN EN RECIPIENTE INTEGRADO	
CONDUCTA DE SEPARACIÓN	

Tabla 2: Herramienta observacional de los Residuos Sólidos Urbanos

Otros datos del diseño de Investigación

- Población: alumnos de la Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán.
- Muestra: subgrupo de los estudiantes pertenecientes a la UTN-FRT. Se estima una muestra aproximada entre 60-100 alumnos.
- Tipo de muestreo: se seguirá un muestreo probabilístico no aleatorio de alumnos interesados, en participar, de la UTN-FRT. Probabilístico no al azar. El método permitirá elegir las unidades realizarán el cuestionario a fin todos tengan la misma oportunidad de ser seleccionados.
- Unidad de análisis: concepciones cognitivas ambientales particulares, perspectivas y/o prácticas de los alumnos que permitan la conducta de clasificación y descarte de residuos.

Instrumento de recolección de datos

- Cuestionario: Se realizarán indagaciones con preguntas previamente determinadas sobre conceptos básicos educación ambiental, y la conciencia ambiental referidas a gestión de residuos en vista del cuidado del entorno ambiente.
- Formularios – Google forms: se prevé que los alumnos contesten una guía de preguntas estructuradas en la nube de internet, en particular, Google forms
- Observación no participante. Se observará modos de eliminación y uso de los residuos en los recipientes de la UTN-FRT directamente cuando se realice u observando los contenidos de los recipientes. Se tomarán datos en forma de tablas y registros. Para las conductas observadas se dispone de una Tabla 2 para cuantificar los resultados. Se determinan si se practica la Conducta Arbitraria, la Conducta de eliminación en Recipiente Integrado y la Conducta de Separación.

Herramientas de trabajo

Se utiliza el Jamovi 2.3.28 para el análisis de los datos estadísticos y probabilísticos.

Se programa Jamovi, es un software, es decir, un programa gratuito para realizar cálculos estadísticos. Su apariencia es la de una hoja de cálculo, pero es una interfaz gráfica de R. Se ejecuta código de R para llevar a cabo los cálculos, la programación R está encapsulado dentro del programa.

Interés metodológico en los años 2023 y 2024

En el año 2023, se comenzó con la implementación del diseño pretest y postest. Es decir, se tomó una medida basada en criterios habituales de gestión de RSU, reconocimientos de islas verdes, valoración y separación de RSU, gestión de los RSU en la facultad y la vía pública. Se consideraron, que estos

constituyen contenidos de educación ambiental para el tema de separación de residuos, en calidad de diagnóstico en la muestra seleccionada. y luego otra luego de la intervención, con objeto de ver si hubo modificación respecto a la intervención aplicada. Se realizó la medición inicial, a través de un cuestionario de Google Forms. Los resultados se indican más abajo adelante, pagina 22, subtítulo Año 2023. A posteriori, se llevaron adelante una serie de intervenciones con contenidos en educación ambiental, en toda la institución, a través de pequeñas charlas en las aulas de la UTN-FRT, se colocaron cartelería en todas las aulas sobre las Islas Verdes con información precisa de tipos de contenidos respecto a residuos para cada una de ellas, se grabaron videos con presencia en Instagram de la facultad sobre separación y la ubicación de los puntos verdes, asimismo, se compraron nueve recipientes para constituir los tres Puntos Verdes ubicados en lugares estratégicos de la facultad. Respecto a los colores de las Islas Verdes fueron amarillo, azul y verde. El contenedor amarillo para residuos de tipo plásticos, el contenedor azul para residuos de tipo papel y cartón y el contenedor verde para residuos de tipo latas y vidrios. Luego, se llevó la nueva medición, aplicando el mismo cuestionario, con objeto de evaluar cambios en la variable dependiente. La segunda medición se realizó en el año 2024. Entre ambas el objetivo fue constatar diferencias en la variable dependiente como efecto de la intervención en materia de educación ambiental dirigida a la separación de RSU.

Interesa averiguar si la educación ambiental tiene causales en cambios en la gestión de residuos en los alumnos de la UTN-FRT. La presencia de las tres islas verdes se constituyó como parte de la estrategia, la lectura de las leyendas de los carteles con información de separación de RSU, estimular el descarte correcto en el recipiente apropiado.

Adicionalmente, implica la caracterización de la comunidad universitaria ya que se describen actitudes y comportamientos acerca de la producción y clasificación de los RSU, con miras a establecer acciones que conlleven al aprovechamiento de la fracción inorgánica de los RSU y su apropiada aplicación como material reutilizable.

Se considera, además, una investigación de campo porque implica la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios) sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, sin alterar las condiciones existentes. En este caso, la información fue provista directamente por la muestra de la población elegida. La técnica de recolección de datos para el 2024 fue la aplicación de la encuesta en formulario Google. Los resultados se indican más adelante, pagina 26, subtítulo Año 2024.

Marco Teórico

Definición de conductas observadas - tipificación

Conducta Arbitraria: se refiere a la conducta de rechazar el correcto modo de eliminación de los residuos en lugares definidos. Se observa en el acto de abandono por parte del individuo de sus propios residuos, tal es el caso de tirarlo al piso, dejarlo en mesas, ventanas, sillas, pasillos etc. manifestando una actitud de negación a un buen comportamiento cívico ambiental.

Conducta de Eliminación en Recipiente Integrado: se refiere a la conducta de descarte de los residuos por parte del individuo en recipientes grises o que integren todo tipo de residuos. Evitando así el abandono arbitrario del residuo

Conducta de Separación: acción que realiza un individuo de diferenciar y clasificar elementos reciclables y reutilizables que iban a ser descartados junto con los desechos. Separar, dividir o diferenciar los residuos, se atribuye al acto de agrupar los mismos según características específicas (Cremona, 2019). Se refiere a la conducta pro ambiental en dónde el individuo toma la decisión de dirigirse a puntos ecológicos donde es posible clasificar los residuos en base a los distintos recipientes. Su conciencia ambiental favorece ajustar su comportamiento ciudadano ambiental al cuidado del medio ambiente en base a las posibilidades de los colores de los contenedores.

Las herramientas cual-quantitativas permiten obtener datos la Observación Directa (no participante) tales como Encuestas, Entrevistas y la Observación directa (propriamente dicha), que se dan en la vida cotidiana. También, es posible tomando fotografías o grabaciones a fin de recopilar los patrones de prácticas existentes, y

a partir del mismo ir pesquisando modos socio-culturales que se repiten, en este caso, la UTN-FRT, pero se extiende en distintos contextos como barrios, plazas y parques, instituciones, clubes, centros, shopping, otros.

Los modos de gestión de residuos, en los distintos contextos, se toma como Unidad de Análisis fundamental: Hombre interacción con el ambiente.

Nuestra Unidad de Análisis son las conductas de eliminación de residuos de las personas. Por lo tanto, las conductas, al ser manifiestas, son altamente observables. No se lleva nada a laboratorio ya que, al ser recortado, restringido, no manifestarían el despliegue real y espontáneo existente en sus contextos naturales. Por lo tanto, los sujetos para el presente estudio se hallan sin manipular, se miden sus conductas respetando los escenarios naturales.

Porque interesan las Conductas

- Porque son observables. Son acciones ejecutables que producen algo.
- Encierran un conjunto de fenómenos visuales plausibles de ser observado. Se dejan ver, se ponen en manifiesto, no se ocultan. Entran en escena.
- Una conducta es una estructura conformada por un conjunto de elementos psicológicos anudados con el cuerpo.
- Tienen repetición. Pueden ser descriptos o explicados.
- Responden a instancias psíquicas, sociales, educativas y culturales.
- Las conductas consolidadas se entienden como resultados
- Las acciones realizadas por una persona es expresión de su personalidad

Las conductas realizadas en el ambiente son respuestas a deseos, intereses, impulsos, motivaciones que se realizan en ese micro y macro ambiente. Las conductas son respuestas adaptativas a nivel individual, grupal, institucional y cultural.

Uno de los grandes problemas ambientales es la producción de residuos. En todo el mundo, en Tucumán sucede también de forma explícita. Con el tiempo se pudo identificar la denominada conductas ambientales o favorables al ambiente o pro ambiente, también amigables, ecológicas, sustentables, versus la conducta no amigable, no favorables, o incívicas.

Conducta Ambiental: son acciones intencionadas, dirigidas y efectivas. Para ello es necesario que los individuos sean competentes y posean habilidades para que se efectúen. Dichas habilidades son un factor determinante para el éxito de los resultados.

Conducta de Separación de residuos: acción que realiza cada individuo de diferenciar y clasificar elementos y separara fin sean reutilizables los residuos que iban a ser descartados juntos con los desechos. Implica, separar, dividir, diferenciar los residuos en un acto de agruparlos según categorías específicas.

La relación hombre - ambiente es una unidad estructurante imposible de escindir. No puede existir el hombre sin un ambiente. No existe el ser humano en un vacío. Es una unidad psicofísica lo que permite a cada hombre poner en marcha disposiciones fisiológicas, psicológicas, conscientes e inconscientes de la conducta que se integra al ambiente y tendrán cierta estabilidad.

La crisis ambiental refuerza las dos naturalezas propias del hombre: biológica y cultural. De ninguna de las dos puede sustraerse. Y cada una de ella expresa sus leyes. El conocimiento del ambiente se da en el individuo a través del procesamiento de información, sentidos culturales, sociales, la técnica que dan estructuras de oportunidad individual y social. De ahí, lo que cada cultura o sociedad hace con respecto a residuos no responde a un mecanismo sino a un proceso sociocultural. Así el ambiente, es interpretado, apropiado, vivido, reproducido según los sentidos que se transmitan. Un ejemplo es “se puede tirar la basura”. “No pasa nada”.

Según el pensamiento de Freud es importante señalar que existen dos modos de regulación psíquica: el principio de Placer, podemos tomar el ambiente para un disfrute egocentrista, hedónico, puro bienestar (Freud, 1922). En este principio, no hay demora para el disfrute. El consumo de un producto es disfrutable al igual que tirar un residuo al piso, desapropiarse del residuo sin disponerlo. Se presenta, además, el Principio de Realidad ya supone un esfuerzo, en esta idea, supondría el esfuerzo de llevarlo a un recipiente y disponerlo de forma integrada o valorizada, es decir, clasificada. Se extiende la lógica al ambiente que está siendo asistido desde el cuidado, para mejorarlo, para orientar esfuerzos y demorar el placer. Dimensión socio-ambiental.

La Percepción ambiental es necesaria para la gestión del ambiente, pero no suficiente. Es necesario para que alcance conciencia y acción ambiental. A la sensibilidad del ambiente es necesario responder con acción.

Esta última se alcanza, si los sujetos han atravesado programas de educación ambiental, un hacer basado en un acto de toma de decisión e información la ejecución. Esta da lugar a una conducta correctamente de disponer de separar los residuos. Por lo anterior dicho, la conducta para que se ejecute requiere de factores cognitivos que refieran al conocimiento de separación de residuos como también de las posibilidades situacionales para la acción, pero por sobre todo apuntalan el saber hacer, que refieren las habilidades conjuntas de llevarlas a cabo.

La conducta de separación de R es una competencia

- Saber
- Saber Hacer
- Querer Hacer
- Poder Hacer
- Saber Estar

Taylor nos refiere aspectos importantes a nivel conductual, dice que los individuos realizan conductas ambientalmente responsables cuando están suficientemente informados de la problemática, sus requerimientos de participación, están motivados hacia ello, están convencidos de la efectividad, y sienten que lo pueden aprender (Taylor, 2005).

Aun cuando las condiciones socio-culturales no sean favorables al cuidado del medio ambiente, la conducta ambiental puede surgir de una decisión personal basada en competencias. Significa que requerirá del desarrollo de sucesivos actos de aprendizajes, esfuerzos, interiorización de nuevas experiencias hasta llegar a la nueva conducta. Los nuevos conocimientos orientan los significados ambientales que se buscan. Las habilidades son destrezas referidas al saber hacer. Los motivos son los impulsores de las conductas. Y los valores son los que permiten poner en prioridad ambiental y no actuar por procrastinación.

Análisis de Resultados

El análisis de datos consistió en identificar la influencia de las variables independientes sobre las dependientes y sus consecuencias. En este caso, si los contenidos en educación ambiental que favorecen la separación de residuos, en conjunto, con la disponibilidad de las islas para que la conducta de separación se practique actúen como condicionantes de la conducta de separación. Entre los elementos que se analizan y los comportamientos sociales. De las mediciones en 2023 y 2024 se observó una sensible diferencia. Se cuentan con indicios de criterios de clasificación y separación, en el tiempo por la permanencia de las Islas Verdes, de RSU. En un primer momento y por el impacto visual de las islas verdes de colores (distintas al recipiente gris que integra todo tipos de residuos) fomentaba y facilitaba intentos de separación de residuos por los alumnos y demás miembros de la institución. Saber además para el espacio territorial las islas verdes eran pocos, por lo que quien está constituyendo la conducta de separación, supone un esfuerzo de percepción ambiental, como también, traslado a dicho punto de la isla verde, para efectivizar el descarte de acuerpo al tipo de residuo disponiéndolo con eficacia. No obstante, este esfuerzo puede verse diluido, por las prácticas más comunes y culturales para el descarte del residuo. De ahí, que la comunicación a través de cartelería, como educación ambiental fue esencial. La misma se mantuvo permanente desde que se colocaron en año 2023 en todas las aulas. El interés fue crear cierta valoración, clasificación y disposición de los RSU. Para una comunidad educativa que, según las encuestas, no recibió o recibió poca educación ambiental, fue positiva, la misma estuvo facilitada con pictogramas y señalamientos a nivel textual de los mensajes alusivos a la separación más adecuada de residuos. Se observó, a través de la observación no participante, que los recipientes tenían los residuos al tipo del color, No obstante, un 50% pertenecía al RSU de dichos recipientes contenía resto residuos integrados. En términos de residuos clasificados y separados se pierde bastante el objetivo de separación, mayoritariamente completa al residuo del recipiente. Se vuelve ineficaz para trasladarlo a centros de transferencias. Pero en términos de conducta y conciencia de separación podríamos decir que se logró un porcentaje de conductas que puede generar el 50% de RSU que permite el descarte diferenciado. Sería esperable que este porcentaje de conductas, modificadas por la educación ambiental, con conciencia ambiental y las normas socio-subjetivas ambiental no se desmotiven frente al resto del porcentaje de conductas que abandonan sus residuos de manera integrada y culturalmente tradicional. El interés es crear una cultura del

cuidado del ambiente a través de la educación ambiental así se forjen los comportamientos amigables en la reducción de los RSU.

Año 2022

Relevamiento de datos por cuestionario en Google Forms

Población: UTN - FRT

Tamaño de la Muestra: 93 estudiantes que contestaron la muestra. N= 93

Aspectos más significativos del análisis de datos basados en Google Forms:

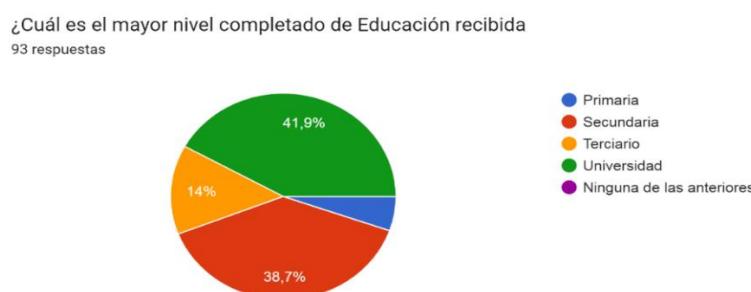


Fig. 1: Resultado a la pregunta del cuestionario, Educación Recibida

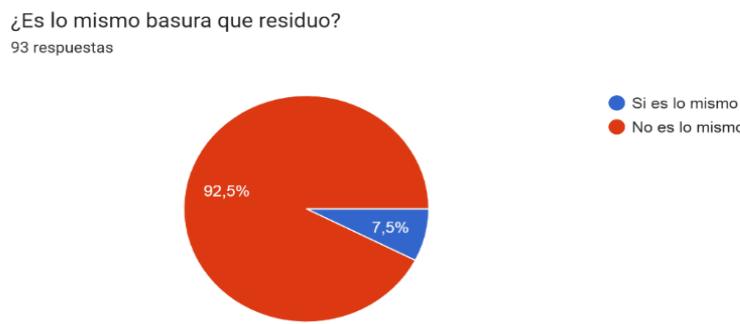


Fig. 2: Resultado a la pregunta del cuestionario a la diferenciación de residuos y basura

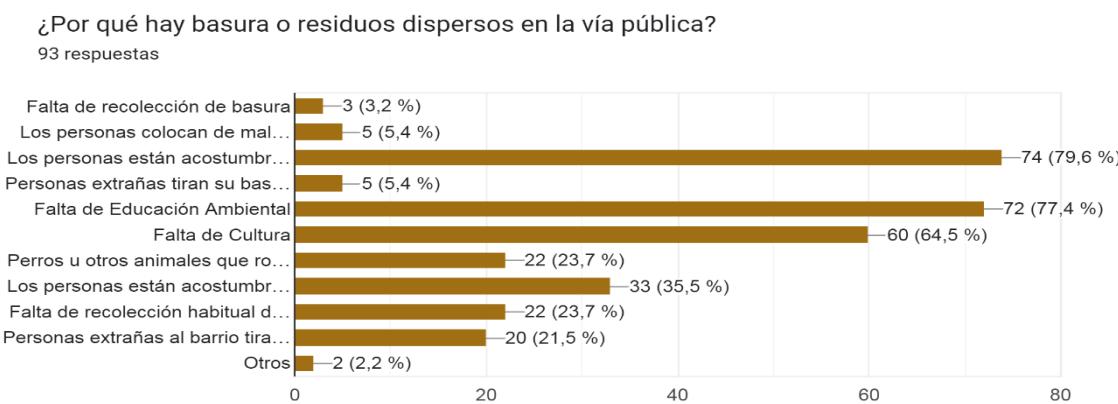


Fig. 3: Resultado a la pregunta del cuestionario sobre causas de basura en la Vía Pública

¿Usted separa los residuos en su hogar en distintas bolsas?
93 respuestas

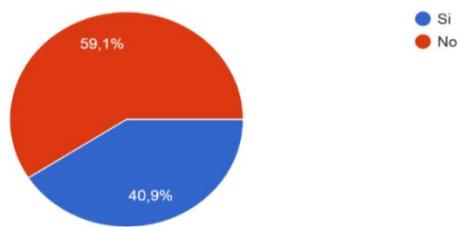


Fig. 4: Resultado a la pregunta del cuestionario sobre separación de residuos en el hogar

¿Qué aspectos dificultan la clasificación de residuos?
93 respuestas

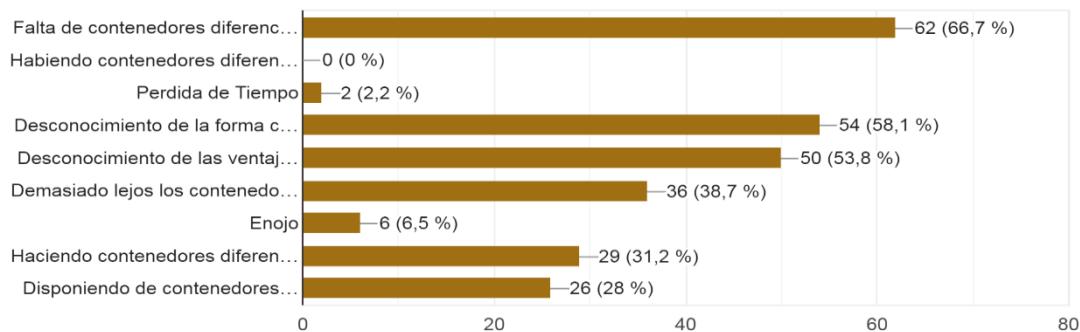


Fig. 5: Resultado a la pregunta del cuestionario sobre dificultades en la clasificación

¿Qué opina usted cuando observa a un ciudadano arrojando un residuo sobre al piso?
93 respuestas

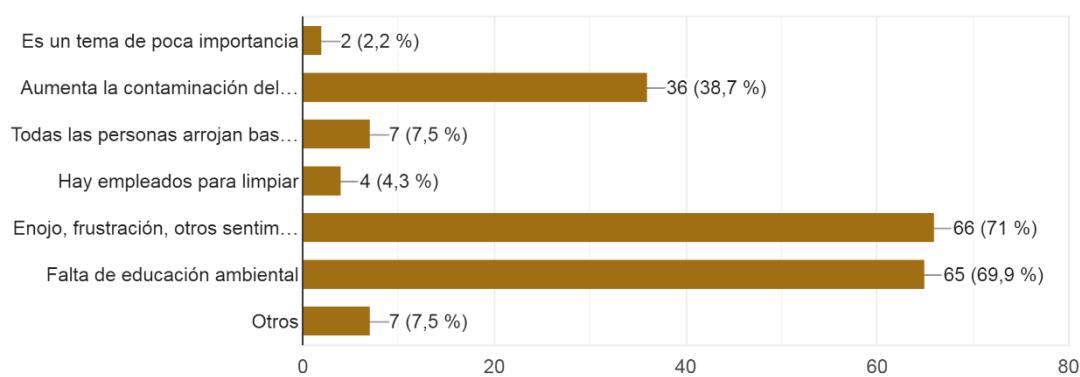


Fig. 6: Resultado a la pregunta del cuestionario opinión cuando otros arrojan en la calle

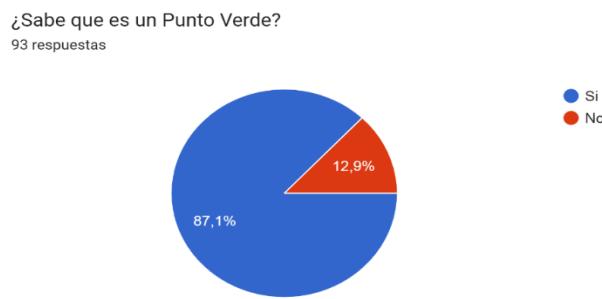


Fig. 7: Resultado a la pregunta del cuestionario sobre saber que son los puntos verdes

Datos analizados con Jamovi 2.3.28

Cruce de variables ordinales: Educación Recibida y Conocimiento de Punto Verde

		Descriptivas	
		¿Sabe que es un Punto Verde?	Educación recibida
N	1		81
	2		12
Perdidos	1		0
	2		0
Media	1		3.01
	2		2.33
Mediana	1		3
	2		2.00
Desviación estándar	1		0.981
	2		1.07
Varianza	1		0.962
	2		1.15
Mínimo	1		1
	2		1
Máximo	1		4
	2		4

Tabla 3: Resultados en Jamovi de Correlacionar dos variables ordinales Conocimientos de Puntos Verdes y Nivel de Educación Recibida.

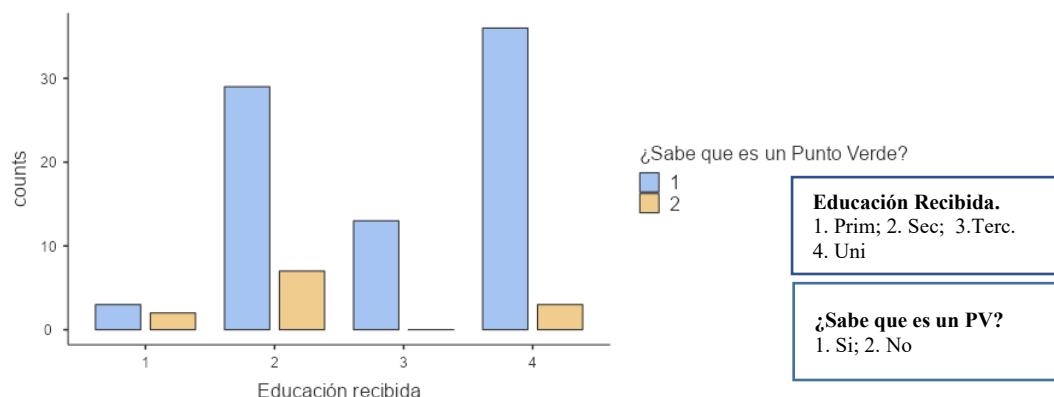


Fig. 8: Relación entre educación recibida y diferenciación de RSU de basura

Tablas de Contingencia

¿Recibió algún tipo de Educación Ambiental?	¿Es lo mismo basura que residuo?		Total
	1	2	
1	2	9	11
2	1	34	35
3	0	12	12
Total	3	55	58

Tabla 4. Resultados de Relacionar Educación Recibida y Diferencias RSU de Residuos

Pruebas de χ^2

	Valor	gl	p
χ^2	4.83	2	0.089
N	58		

Tabla 5: Resultados Chi Cuadrado Relacionar Educación Recibida y Diferencias RSU de Residuos

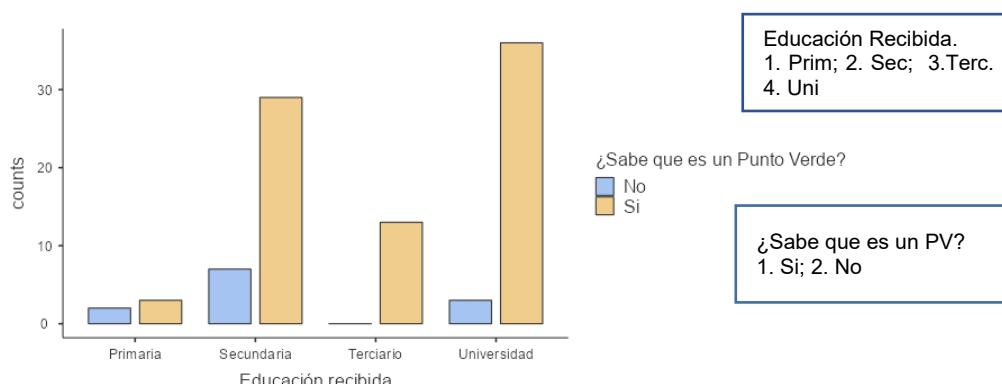


Fig. 9: Relación entre Educación Recibida y Conocimiento de Puntos Verdes

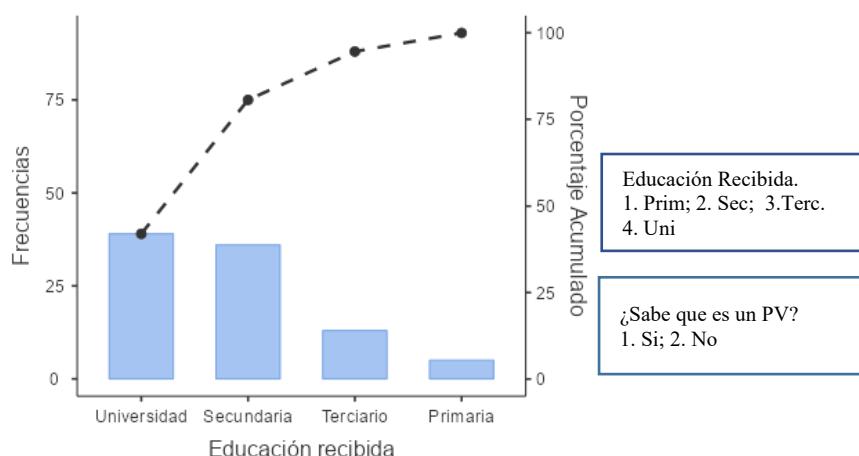


Fig. 10: Frecuencia de Educación Recibida

Frecuencias de Educación recibida

Educación recibida	¿Sabe que es un Punto Verde?	Frecuencias	% del Total	% Acumulado

Frecuencias de Educación recibida

Educación recibida	¿Sabe que es un Punto Verde?	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
Primaria	No	2	2.2 %	2.2 %
	Si	3	3.2 %	5.4 %
Secundaria	No	7	7.5 %	12.9 %
	Si	29	31.2 %	44.1 %
Terciario	No	0	0.0 %	44.1 %
	Si	13	14.0 %	58.1 %
Universidad	No	3	3.2 %	61.3 %
	Si	36	38.7 %	100.0 %

Tabla 6: Resultados de Relacionar Educación Recibida y Conocimientos de Puntos Verdes

Año 2023

Población: UTN – FRT.

Relevamiento de datos por cuestionario en Google Forms.

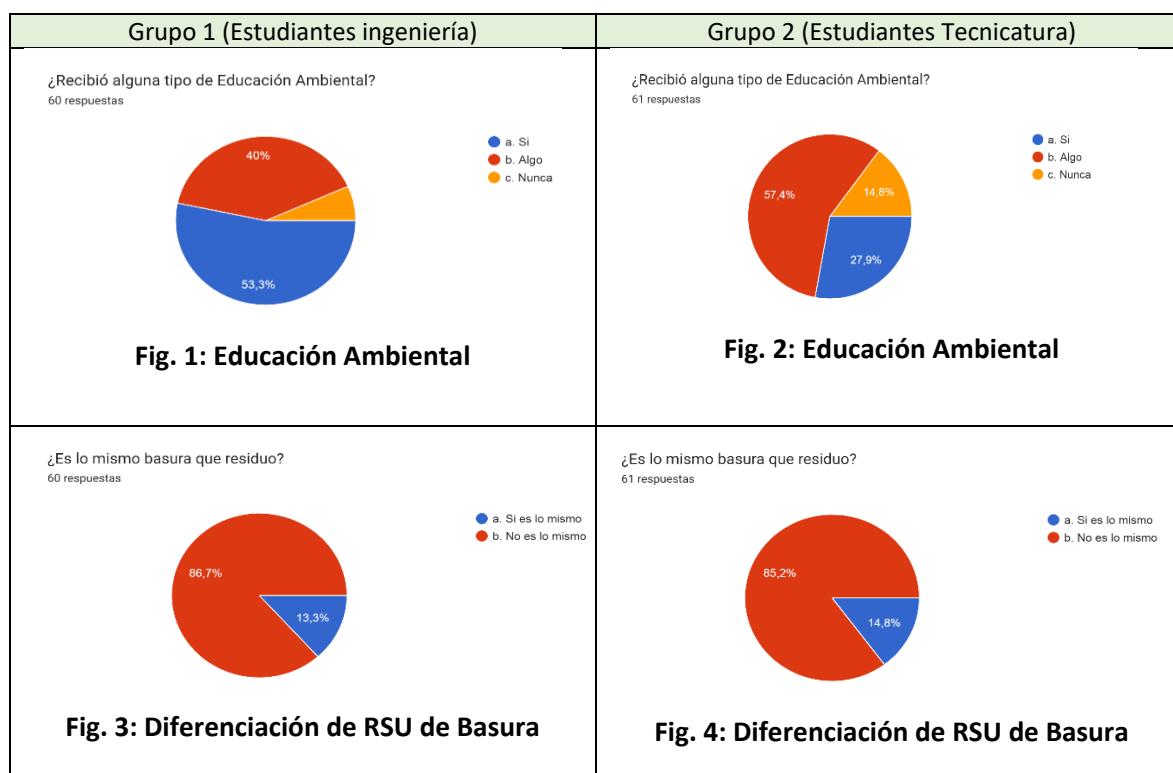
Se considero dos grupos de estudiantes. Grupo estudiantes de ingenierías y grupo de estudiantes de tecnicatura

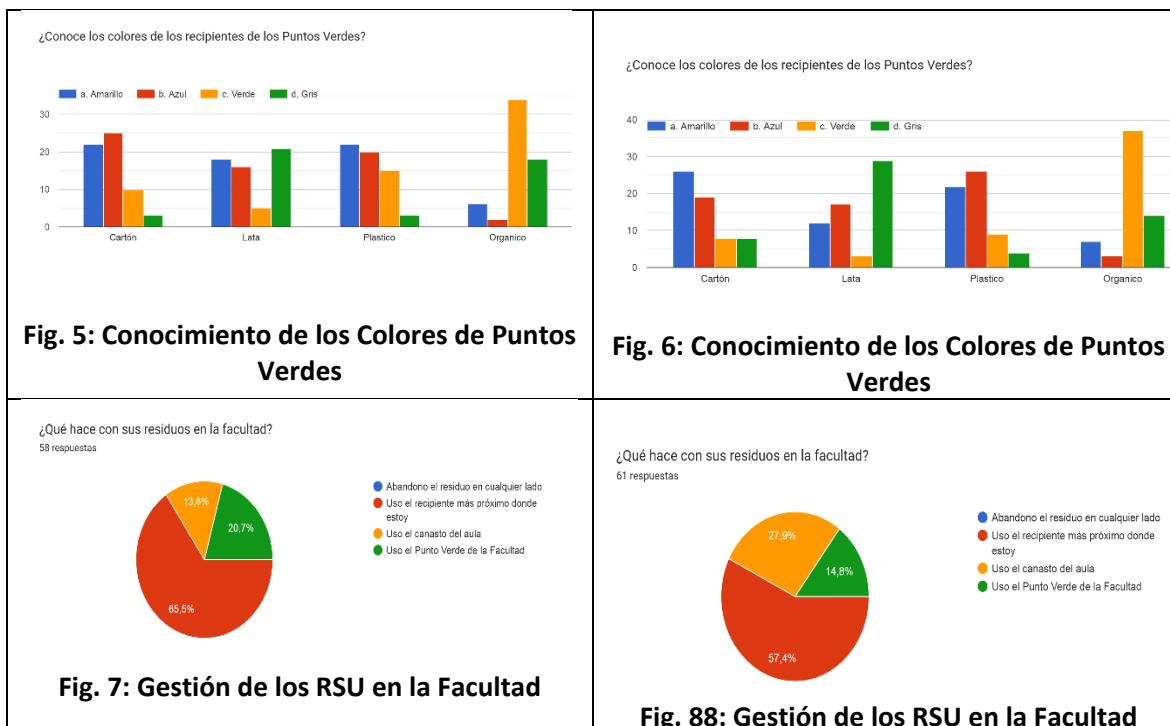
(Tecnicatura en Seguridad e Higiene en el Trabajo).

Tamaño Muestra de Estudiantes de Ingeniería UTN-FRT = 60 estudiantes

Tamaño Muestra de Estudiantes de Tecnicatura UTN-FRT = 61 estudiantes

Aspectos más significativos del análisis de datos basados en Google Forms:





Descriptivas

	¿Recibió Educación Ambiental?	¿Podemos cambiar y ser una ciudad limpia respecto a residuos?
N	60	60
Perdidos	0	0
Media	1.53	1.37
Mediana	1.00	1.00
Desviación estándar	0.623	0.780
Mínimo	1	1
Máximo	3	3

Tabla 6: Datos de Estudiantes de Ingeniería Resultados Educación Ambiental Recibida y Posibilidades de Cambiar y ser una Ciudad Limpia

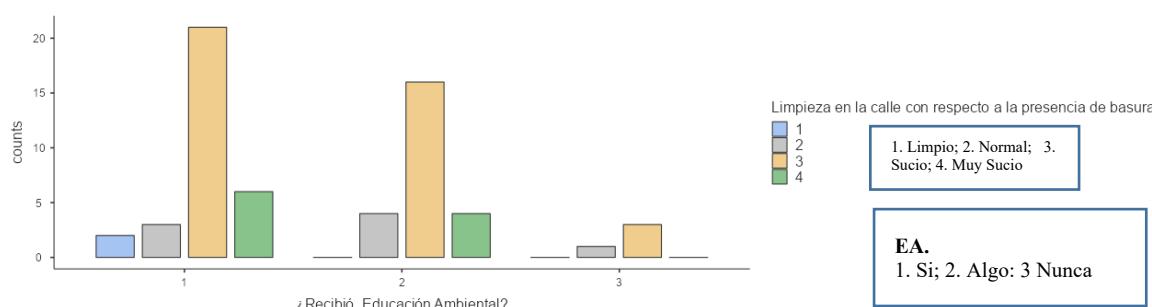


Fig.19. Resultados de Educación Ambiental en Estudiantes de Ingeniería y Calificación de Estado de Limpieza en la Calle

Descriptivas

	¿Recibió algún tipo de Educación Ambiental?	¿Cómo calificaría la limpieza en la calle respecto RSU?
N	61	61
Perdidos	1	1
Media	1.87	3.13
Mediana	2	3
Desviación estándar	0.645	0.591
Mínimo	1	2
Máximo	3	4

Tabla 7: Datos de Estudiantes de Tecnicatura Resultados Educación Ambiental Recibida y Posibilidades de Cambiar y ser una Ciudad Limpia

Frecuencias de ¿Recibió algún tipo de Educación Ambiental?

¿Recibió algún tipo de Educación Ambiental?	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
1	17	27.9 %	27.9 %
2	35	57.4 %	85.2 %
3	9	14.8 %	100.0 %

Tabla 8: Datos de Estudiantes de Tecnicatura Resultados Educación Ambiental

Frecuencias de ¿Cómo calificaría la limpieza en la calle respecto RSU?

¿Cómo calificaría la limpieza en la calle respecto RSU?	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
2	7	11.5 %	11.5 %
3	39	63.9 %	75.4 %
4	15	24.6 %	100.0 %

Tabla 9: Datos de Estudiantes de Tecnicatura

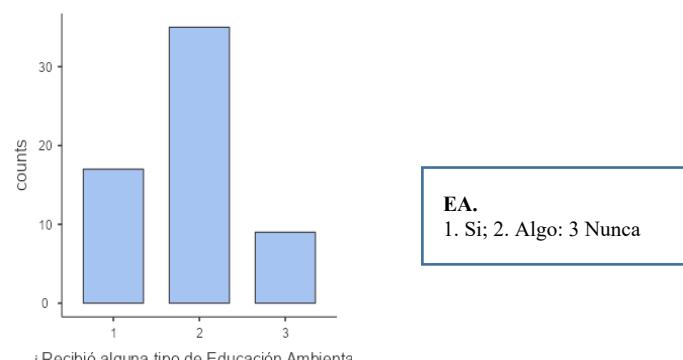


Fig. 20. Distribución de Frecuencia a variable de Educación Ambiental en estudiantes de Tecnicatura

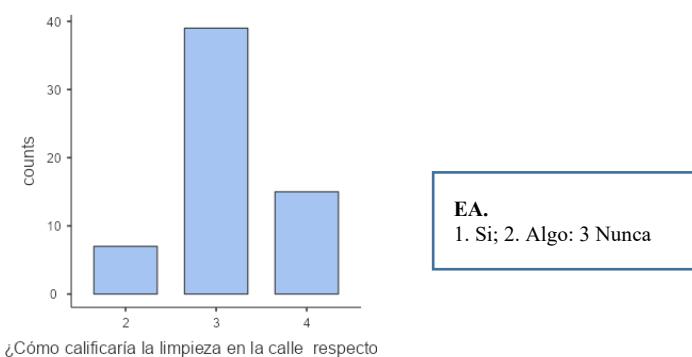


Fig. 21. Resultados a Calificación de Limpieza en la Calle en Estudiantes de Tecnicatura

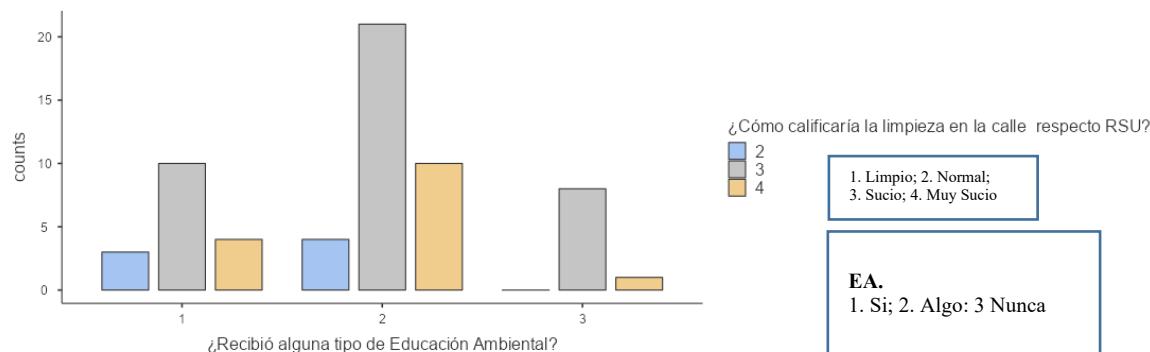


Fig. 22. Educación Ambiental y Calificación de Limpieza en la Calle

Año 2024

Población: UTN - FRT

Relevamiento de datos por cuestionario en Google Forms

Tamaño de la Muestra: 58 estudiantes que contestaron la muestra. N= 58

Aspectos más significativos del análisis de datos basados en Google Forms:

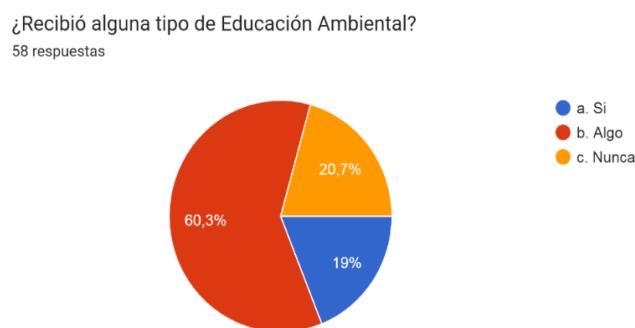


Fig. 23: Educación Ambiental Recibida

¿Cómo calificarías el nivel de limpieza en las calles de la capital con respecto a la presencia de basura?
58 respuestas

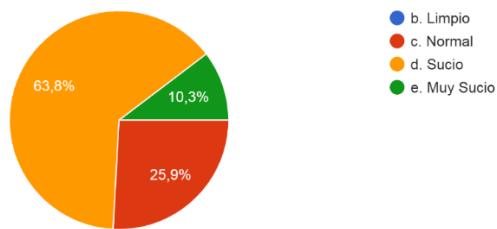


Fig. 24: Calificación de Limpieza en la Calle

¿Es lo mismo basura que residuo?
58 respuestas

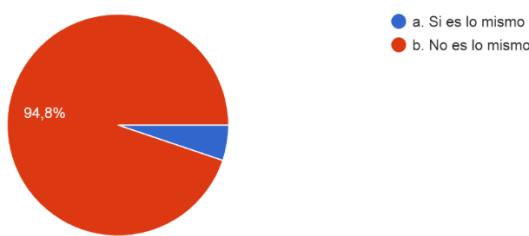


Fig. 9: Diferenciación de RSU de Basura

¿Por qué hay basura o residuos dispersos en la vía pública?
58 respuestas

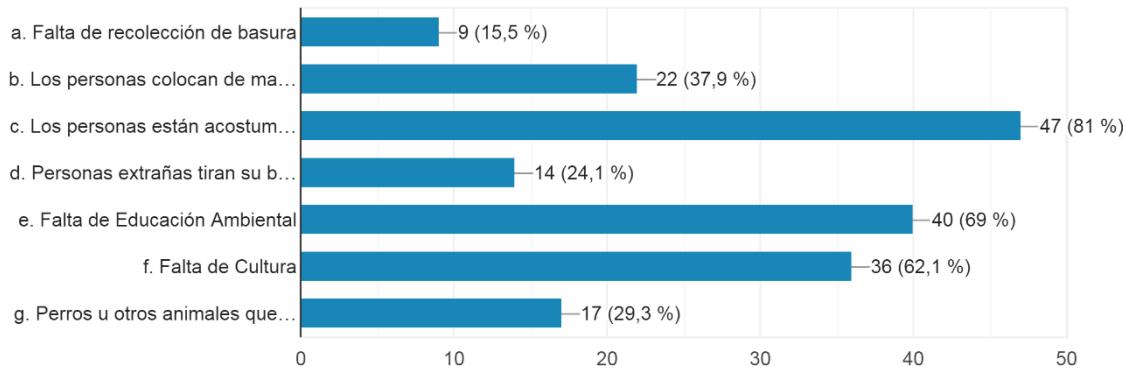


Fig. 26: Razones de RSU en la Vía Pública

¿Qué aspectos dificultan la clasificación de residuos?

58 respuestas

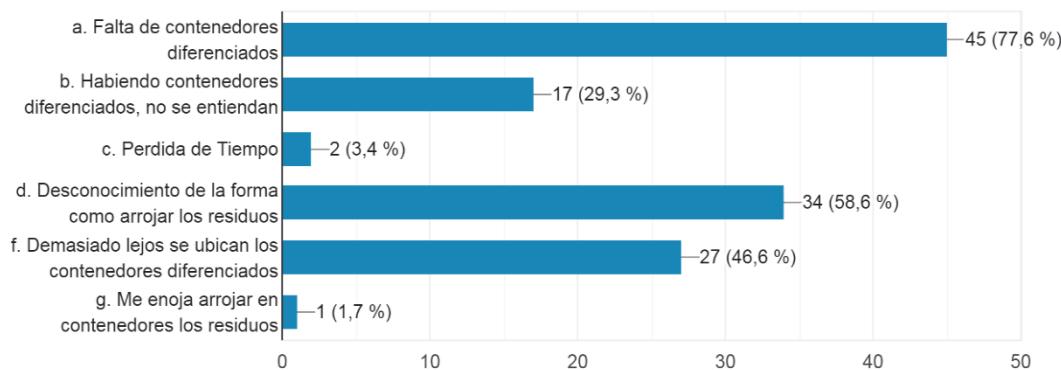


Fig.27: Dificultades en la Clasificación

Para una Cultura Ambientalmente Ecológica, el control de los residuos

58 respuestas

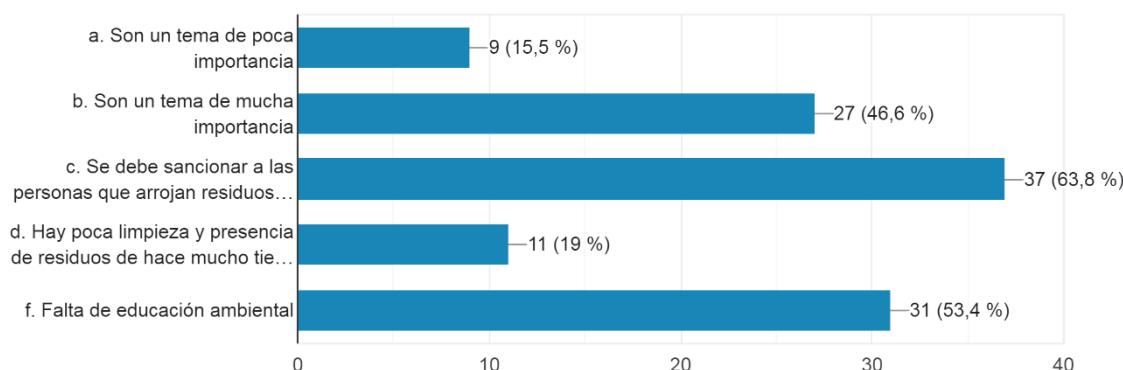


Fig. 10: Como Generar una Cultura Ambiental

¿Conoce los colores de los recipientes de los Puntos Verdes?

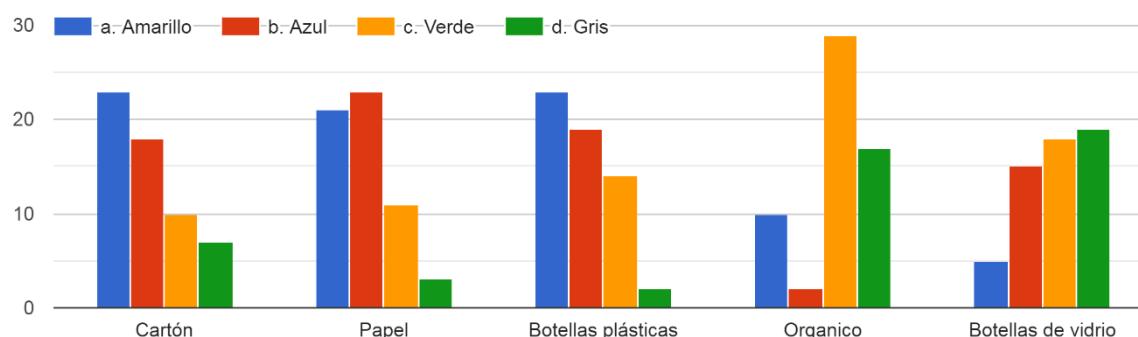


Fig. 11: Reconocimiento de Colores para Tipo de RSU

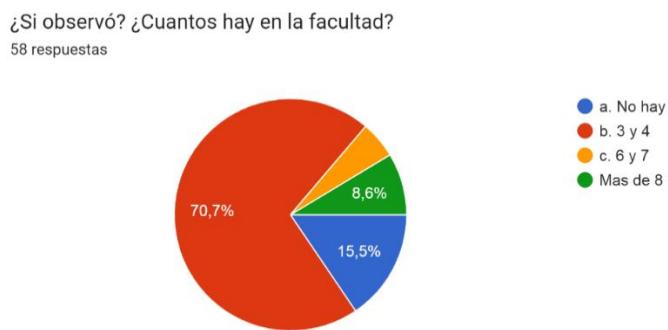


Fig. 12: Percepción a la Cantidad de Puntos Verdes en la UTN-FRT

Conclusiones

Se plantean posibles problemas con la validez interna, debido al ser una investigación basada en una muestra probabilística no aleatoria. Lo cual, plantea considerar prudencia en no extender estos resultados a la población de interés, San Miguel de Tucumán. No obstante, resultan ser interesantes los resultados hallados para proponer nuevas propuestas de investigación más de carácter experimental. Tucumán también conocida por el resto de país, como Jardín de la República Argentina, deja mucho que desear respecto a salud ambiental y estética anhelada. Los problemas de acumulación de residuos más lo de dispersión en la vía pública indican requerimientos educativos a largo plazo, políticos, tecnológicos, administrativos, empresariales sumado la conciencia de una participación cívica más comprometida. Parte de nuestro trabajo es conocer las habilidades y/o conocimientos de los ciudadanos de San Miguel de Tucumán en la disposición inicial integrada (mezclada, no es la idea, pero se observa aún el abandono el descarte de modo disperso).

Para producir cambios es necesario una fuerte incidencia en educación ambiental y cultura ambiental que genere conciencia para el cuidado de los entornos, a través, de la práctica de la separación de RSU. Se han creado tres puntos verdes como dispositivo real a fin a la separación de los estudiantes, tal diseño apuntó a promover la conducta de separación de tres tipos de materiales: plástico (atento al alto consumo de agua, sodas y gaseosas de los estudiantes), papeles por el uso frecuente de este material en la institución junto con el cartón en las oficinas. Y las latas por ser un material alternativo en consumo de bebidas gaseosas en los alumnos. La cartelería en estado permanente, la información básica de separación de residuos, en las redes sociales de los estudiantes y la UTN-FRT, constituyeron los medios de comunicación esenciales para volver factible la conciencia ambiental que oriente la incipiente conducta de separación.

La educación ambiental “a favor del medio” representa un conjunto de conocimientos, actitudes, valores, etc. que se resisten, y oponen en gran medida por los antiguos modos de usos y costumbres culturales donde lo frecuente es tirar y contaminar. Actualmente, se ha dado un pasito, con esfuerzo en inversiones, acciones, políticas institucionales, educación, etc. pero desde este proyecto de investigación se delimita las acciones de las personas y la comunidad en su conjunto, pero se requiere la herramienta de la educación más a largo plazo para promover cambios más profundos y duraderos.

Recomendaciones

La educación ambiental debe ayudar a los individuos a interpretar, comprender la complejidad que se producen en el mundo trasmitiendo conocimientos, valores, comportamientos, actitudes que fomenten formas de vida sostenibles que profundicen políticas, normativas, tecnologías que nos lleve a alcanzar un mejor ambiente y estilos de vida con menos RSU, consumos más responsables, minimizar el impacto de

un menor número de RSU para entierro en Overo Pozo. Impulsar las GIRSU como sistema de oportunidad para el cambio de conductas sustentables. La cultura debe seleccionar, reforzar y premiar las conductas esperadas cuidadosas y respetuosas con el ambiente. Las GIRSU además deben poder promover entorno más sustentable y amigables con el ambiente.

Referencias

- Taylor, F. (2005). *La Ética del Respeto a la Naturaleza*. Cuadernos de Crítica 52. Universidad Nacional Autónoma de México. https://www.filosoficas.unam.mx/~gmon/etica2/Taylor-Etica_del_respeto_a_la_naturaleza.pdf
- Freud, S. (1922). *Más allá del principio de placer, Psicología de las masas y análisis del yo, y otras obras*. XVIII. (1920-1922). Editorial: Amorrortu. Año 1996. ISBN: 9789505185948
- Cremona, M.F. (2019). *Factores asociados a la conducta de separación de residuos en el hogar dentro del partido de Quilmes, Argentina*. [Tesis de Grado, Universidad Abierta Interamericana]. <https://imgbiblio.vaneduc.edu.ar/fulltext/files/TC130869.pdf>
- León, O.G. y Montero, I. (2015). *Diseños cuasi experimentales*. Métodos de investigación en psicología y educación: las tradiciones cuantitativa y cualitativa. (Cuarta ed., Vol. 0, pp. 348-382) .Mc Graw-Hill.

Contribución de los Autores

Nombres y Apellidos del autor	Colaboración Académica													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Valeria, Graieb	X		X	X		X		X		X	X			X
Ricardo, Ferrari	X		X		X		X	X		X				X

1-Administración del proyecto, 2-Adquisición de fondos, 3-Análisis formal, 4-Conceptualización, 5-Curaduría de datos, 6-Escritura - revisión y edición, 7-Investigación, 8-Metodología, 9-Recursos, 10-Redacción - borrador original, 11-Software, 12-Supervisión, 13-Validación, 14-Visualización.

Utilización de Blockchain para la certificación de documentos digitales en el ámbito universitario

Utilization of Blockchain for Digital Document Certification in the University Environment

Mario Marcelo Figueroa de la Cruz

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán
mfiguero@gmail.com

Silvana Carolina Marsiglia

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán
scmarsiglia@gmail.com

Luis María Carriles

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán
lmcarries@gmail.com

José Daniel Zakhour

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán
josedaniel.zakhour@gmail.com

Edwin García

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán
edwingarciaa@gmail.com

Claudia Inés Solorzano

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Tucumán
clausol2@yahoo.com.ar

Resumen

Este proyecto de investigación que se desarrolla en el ámbito de la UTN FRT, explora cómo la Tecnología Blockchain puede influir en la emisión, validación y verificación de documentación universitaria, identificando los potenciales beneficios en términos de seguridad, transparencia y eficiencia. Particularmente, se analizan los aspectos trascendentales que rigen el desarrollo de una plataforma basada en software libre que se utilizará de validación de certificados y documentación para tareas propias de la facultad.

Palabras Clave: Blockchain, Certificación de Documentos, Documentos Digitales

Abstract

This research project, conducted within the scope of UTN FRT, explores how Blockchain Technology can influence the issuance, validation, and verification of university documentation, identifying potential benefits in terms of security, transparency, and efficiency. Specifically, it analyzes the key aspects governing the development of an open-source platform designed for the validation of certificates and documentation for the faculty's own tasks.

Keywords: Blockchain, Document Certification, Digital Documents

Introducción

La irrupción de la tecnología blockchain en la era digital que vivimos, nos ubica en el umbral de la Cuarta Revolución Industrial caracterizada por una fusión de tecnologías que están mezclándose en el entorno físico, digital y biológico, colaborando en una transformación profunda que impacta en diversos ámbitos, transformando la forma en que interactuamos con la moneda, los activos digitales e incluso los servicios gubernamentales, entre otros aspectos. En este contexto, el dominio público no ha permanecido ajeno a estas transformaciones y ha abrazado la integración de blockchain a nivel mundial con una actitud proactiva, reconociendo su naturaleza innovadora y revolucionaria. La intrínseca trazabilidad de la cadena de bloques, así como la confiabilidad que infunde, emergen como atributos notorios que han impulsado su adopción, y como consecuencia, el análisis de su potencial aplicación en nuevos servicios y en el empoderamiento de las funciones existentes en el sector público y, particularmente, en la educación para combatir los casos de fraude en la emisión de certificados, documentación y titulación oficial.

En términos generales la tecnología blockchain aplicada al sector público y educativo puede ser útil para: la descentralización del manejo de la información, la tokenización de activos, la transparencia en la administración de fondos, la participación ciudadana, la certificación de información ciudadana, entre otros.

Blockchain es un sistema descentralizado, que busca evitar los problemas de seguridad provenientes del exterior del sistema, como también los del interior. Su objetivo es hacer transparente y abierto el sistema para que múltiples ojos puedan auditar la información y el software que lo componen, evitando la manipulación arbitraria por parte de un organismo de control central que no beneficie a las otras partes involucradas en su funcionamiento. Su registro de datos es inmutable. Los datos no se pueden modificar, ni eliminar. Los bloques se van agregando constantemente al registro, utilizando el resumen digital de la información del bloque anterior.

En el caso particular de este trabajo, nos adentraremos en el análisis exhaustivo del uso de esta tecnología en el ámbito educativo, con su aplicación a la certificación de documentación universitaria tales certificados de asistencia o aprobación de cursos académicos, constancia de alumno regular o certificado de asistencia a exámenes. particularizado en el ámbito de la UTN FRT.

Marco Teórico

Para analizar los beneficios de la aplicación de la tecnología blockchain en la certificación de documentación universitaria y sus posibles usos, se comenzará por describir las características y funcionamiento de la cadena de bloques, que no se limita solamente al ámbito de las criptomonedas, aunque haya sido este en el que cobró notoriedad a partir del paper de Bitcoin, publicado en el año 2008.

“Una blockchain no es otra cosa que una base de datos que se halla distribuida entre diferentes participantes, protegida criptográficamente y organizada en bloques de transacciones relacionados entre sí matemáticamente. Expresado de forma más breve, es una base de datos descentralizada que no puede ser alterada” (Alexander Preukschat, 2019).

Una cadena de bloques es un archivo informático para almacenar datos, los cuales están distribuidos, es decir, duplicados en muchos servidores, y toda esta cadena de bloques está totalmente descentralizada. Esto significa que ninguna persona o entidad tiene el control lo que supone un cambio radical con respecto a las bases de datos centralizadas que son controladas y administradas por empresas y otras entidades. Su funcionamiento se basa, en que el archivo se compone de bloques de datos, y cada bloque está conectado al anterior, formando una cadena, por eso el nombre de "cadena de bloques". Además de los datos en sí, cada bloque también contiene un registro de cuándo se creó o editó, lo que lo hace muy útil para mantener un sistema de registro detallado que no puede corromperse ni perderse.

Considerando estas características de su funcionamiento, la tecnología blockchain adquiere cualidades diferenciales, en comparación con otras tecnologías para el manejo seguro de la información, lo que permite tomar relevancia a la hora de analizar su implementación para la certificación de documentación universitaria, siendo la trazabilidad y auditoría, la descentralización y transparencia, la inmutabilidad, seguridad y resistencia a fallos son los puntos más destacados.

La criptografía desempeña un papel fundamental en la tecnología blockchain, asegurando la integridad de los datos almacenados en la cadena de bloques y la confidencialidad de la información intercambiada entre los nodos de la red. Para participar en esta red, es imprescindible contar con un juego de claves asimétricas válidas, las cuales también se denominan claves públicas y privadas y son necesarias para llevar a cabo operaciones en el blockchain específico.

Desde el punto de vista de la auditoría, la capacidad de trazabilidad se presenta como una cualidad muy importante. La tecnología blockchain posibilita seguir el recorrido a lo largo de la cadena de bloques y seguir el rastro de cada acción llevada a cabo en una dirección específica. También permite retroceder en el tiempo y examinar las transacciones ejecutadas en una fecha concreta, explorando todos los bloques generados en ese período señalado.

Tipos de Blockchain

Podemos diferenciar 3 tipos de blockchain generales: Públlicas, Privadas o Permissionadas, y Federadas o Híbridas.

- Blockchain pública: es aquella a la que cualquier persona puede unirse y participar.
- Blockchain Privada o Permissionada: funciona de igual manera que la pública sólo que en este caso es gestionada por una red que controla quiénes pueden participar.
- Blockchain Federada o Híbrida: Es una combinación de una blockchain pública con una privada lo cual permite tener un mayor control de la privacidad en la validación de las transacciones.

Algoritmos de consenso

Las redes blockchain utilizan diferentes algoritmos de consenso como mecanismos para lograr un acuerdo entre los nodos participantes sobre el estado actual de la cadena de bloques y la validación de nuevas transacciones. Entre los más importantes y utilizados, podemos mencionar:

Prueba de Autoridad (Proof of Authority - PoA): es un algoritmo de consenso basado en la reputación que introduce una solución práctica y eficiente para las redes de blockchain (especialmente las privadas). El término fue propuesto en 2017 por el cofundador de Ethereum y ex CTO Gavin Wood, el modelo Proof of Authority permite a las empresas mantener su privacidad mientras aprovechan los beneficios de la tecnología blockchain, Microsoft Azure es un ejemplo donde se implementa el PoA.

Prueba de Trabajo (Proof of Work - PoW): El protocolo de Prueba de Trabajo - Proof of Work (PoW – Figura 1), es un protocolo de consenso antiguo y uno de los más conocidos, que nació mucho antes de Bitcoin en el año 1993 cuando comenzó a estudiarse hasta que fue nombrado finalmente en 1999 por Markus Jakobsson y Ari Juels:

“Este es un protocolo en el cual un comprobante demuestra a un verificador que ha gastado un cierto nivel de esfuerzo computacional en un intervalo de tiempo específico. Aunque no se definieron como tales ni se trataron formalmente, las pruebas de trabajo se han propuesto como un mecanismo para varios objetivos de seguridad, incluyendo la medición del acceso al servidor, la construcción de cápsulas de tiempo digitales y la protección contra el envío de correo no deseado y otros ataques de denegación de servicio” (Bitcoin Org, 2023).

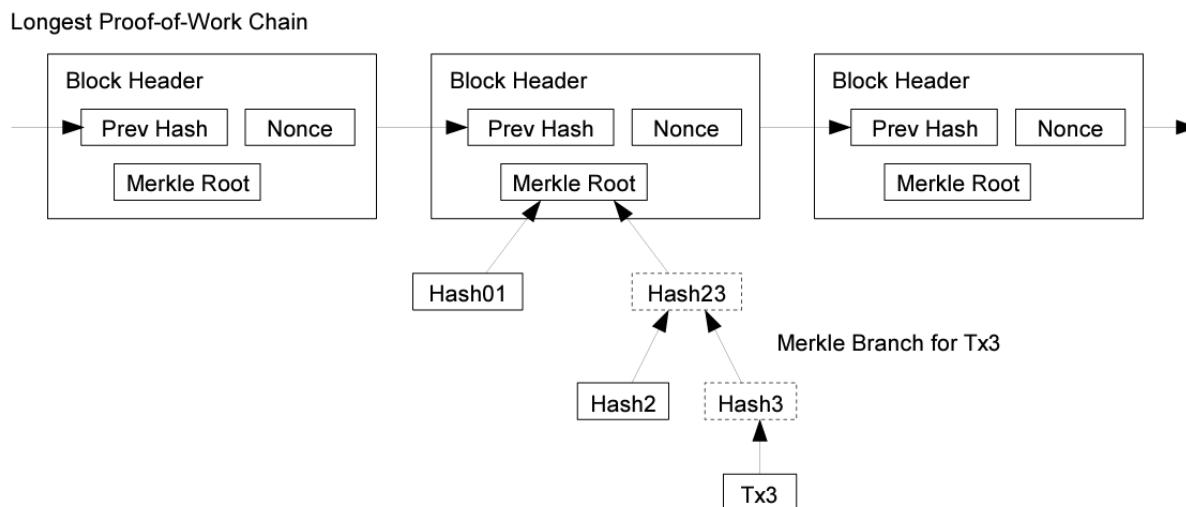


Figura 1. Proof-of-Work en Bitcoin, "Bitcoin P2P e-cash paper" - Fuente: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

Prueba de Participación (Proof of Stake - PoS): El algoritmo de consenso de Prueba de Participación o PoS (por sus siglas en inglés Proof of Stake) es un protocolo distribuido en la cadena de bloques que surgió en el año 2011, cuando fue presentada en el foro Bitcointalk. PoS mejora respecto a la PoW, en la escalabilidad y el excesivo consumo energético del mecanismo de consenso PoW, que alcanzó cifras alarmantes con el medio ambiente una vez que la red de Bitcoin ganó popularidad y las transacciones se multiplicaron.

La autora Magdalena Cordero Valdavida afirma en su publicación “Blockchain en el sector público” (Magdalena Cordero Valdavida, 2019) que uno de los campos en el que se pueden identificar de manera clara los beneficios de la tecnología de la cadena de bloques, es en el campo de la enseñanza. Esta afirmación deriva de los casos de falsificación de diplomas y documentación que se dan a nivel mundial, y de la facilidad con que éstos pueden ser duplicados o adulterados.

Ya existen casos de éxitos de estas implementaciones a nivel nacional como son el de la Universidad Provincial del Sudoeste (UPSO) quien fue la primera en utilizar blockchain para títulos y certificados; posteriormente también se implementó en la Universidad Católica de Salta (UCASAL - proyecto que comenzó a gestarse a finales del año 2020 terminando su implementación durante el año 2023), en la Universidad Nacional de Córdoba, la Universidad de Palermo, y se siguen desarrollando más proyectos de este tipo en Argentina, donde la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Tucumán también se encuentra en proceso de desarrollo de una plataforma que se pueda implementar a nivel facultad, que es donde se enmarca nuestro proyecto.

Para resumir los beneficios de la tecnología blockchain para la emisión y validación de documentación en el ámbito educativo y universitario, podemos destacar que proporciona un método confiable para almacenar y respaldar documentos a largo plazo, evitando problemas de deterioro físico o pérdida de registros, como así también, reduce la posibilidad de documentos falsos o manipulados, lo que ayuda a prevenir fraudes académicos y a optimizar procesos y recursos.

Contemplando estos beneficios, y en consonancia con la tendencia mundial de investigación e implementación a nivel estatal de la tecnología blockchain (como es el caso de la Unión Europea) [9], el 5 de diciembre de 2022, la Secretaría de Innovación Pública de la Jefatura de Gabinete de Ministros de la República Argentina resolvió crear el Comité Nacional de Blockchain. En el texto de decreto se reconoce que estas tecnologías “se han erigido como una de las mayores innovaciones en el campo de las tecnologías de la información, brindando la posibilidad efectiva de optimizar los procesos del sector público y la trazabilidad, transparencia y eficiencia de los servicios que se prestan a la ciudadanía al registrar las transacciones con mayores niveles de seguridad” (Jefatura de Gabinete de Ministros - Secretaría de Innovación Pública, 2022).

Metodología

La naturaleza de esta investigación es de carácter aplicado, dado que nuestra principal meta es abordar un problema preexistente en la comunidad universitaria de la UTN Facultad Regional Tucumán, por lo que el enfoque se sustenta en el desarrollo de una nueva plataforma para mejorar la calidad de los documentos que se producen y sirven a la comunidad educativa.

Como parte de los pasos generales que guían nuestra investigación y su desarrollo, podemos identificar los siguientes procedimientos:

1. Formulación del problema
2. Establecer los objetivos
3. Desarrollar un marco teórico
4. Recolectar datos
5. Desarrollar un prototipo
6. Obtener resultados

Blockcerts (Blockchain Certificates)

Como parte del plan de trabajo del proyecto de investigación, se realizó un análisis e investigación de proyectos actuales de código abierto basado en la tecnología blockchain. Para esto se comenzó con Blockcerts (Blockchain Certificates – Figura 2).

Blockcerts es un proyecto de código abierto que consiste en un sistema descentralizado de credenciales basado en la tecnología blockchain. Este proyecto permite emitir y verificar registros oficiales creados por una institución (BLOCKCERTS, 2016). Los certificados emitidos pueden ser registros cívicos, credenciales académicas, licencias profesionales, entre muchos más. En el año 2017 el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en Estados Unidos inició un programa piloto

que mediante la aplicación de Blockcerts tiene como objetivo emitir diplomas o certificados universitarios usando una red Blockchain de Bitcoin y el cual sigue funcionando en la actualidad (Young, 2017).

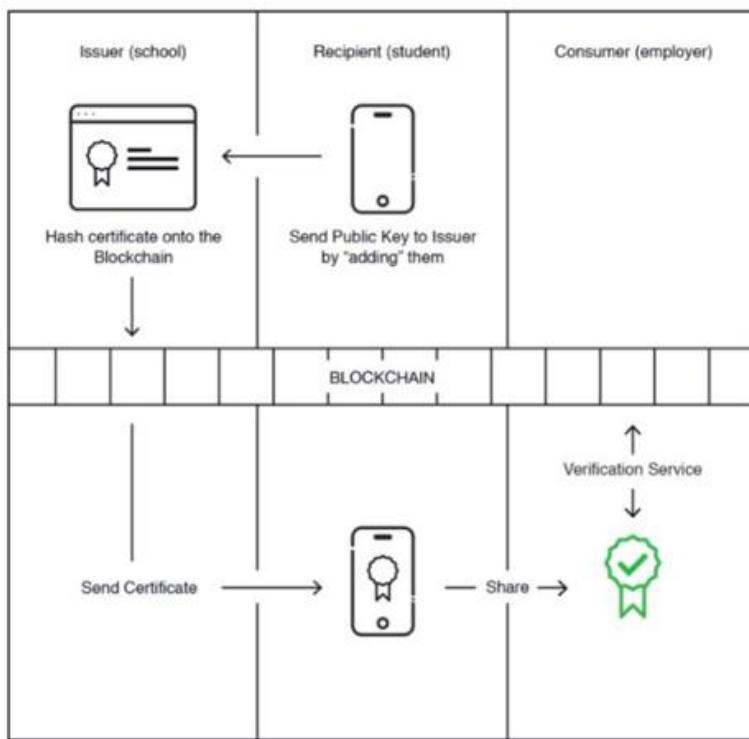


Figura 2. Proceso de expedición y validación de un certificado en blockchain - Fuente: (Blockcerts. 2017). “The Open Standard for Blockchain, Certificates”. As of 14 March 2017: <http://www.blockcerts.org>

Blockcerts provee un sistema descentralizado de credenciales. La red Blockchain funciona como un proveedor de confianza, verificando credenciales de forma segura. Puede ser usado en contextos académicos y profesionales para verificar la legalidad de un título o certificado. Por ejemplo, las universidades podrán emitir títulos o certificados a través de Blockcerts que podrían ser verificados al instante cuando los estudiantes los utilicen para solicitar trabajo o continuar sus estudios en otras instituciones. Principales Características:

- Issuer: Las universidades crean certificados académicos digitales que contienen la información de una persona (sus logros, habilidades, características, notas, etc) y la registran en Blockchain.
- Certificate: Los certificados son insignias abiertas compatibles, lo cual es importante, porque hay toda una comunidad de emisores de “open badges” (son credenciales digitales que permiten a una persona demostrar habilidades, competencias, logros o conocimientos adquiridos en entornos educativos, laborales o comunitarios) que funcionan con Blockcerts, y por qué estos “open badges” se está convirtiendo en un estándar IMS.
- Verifier: Cualquiera puede verificar que el certificado no ha sido manipulado, que ha sido sellado por una institución particular para una persona específica.
- Wallet (billeteras): Los usuarios pueden guardar de forma segura sus certificados y compartirlos con otros (por ejemplo, empleadores o universidades). Actualmente solo está disponible el wallet para iOS.

El código de Blockcerts es libre, por lo cual cualquier persona puede desarrollar aplicaciones a partir de Blockcerts. Configurar las herramientas de Cert Tools para la creación de certificados y también Cert Issuer para la validación de los certificados.

Utilizando cert issuer (entidad o plataforma que tiene la autoridad para emitir certificados o insignias digitales – UTN FRT), la configuración inicial del issuer, poder juntar todos los datos necesarios para dar de alta un issuer, establecer una billetera (wallet) desarrollado con la testnet de GoerliETH, la cual es una red de pruebas para Ethereum, diseñada para desarrolladores y proyectos que desean probar sus contratos inteligentes, aplicaciones descentralizadas.

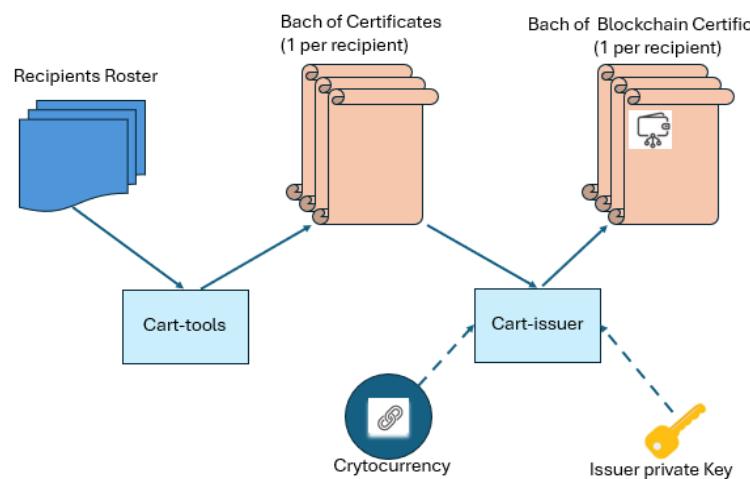


Figura 3: Creación de certificados - Fuente: propia

Visualización y verificación de certificados

En Blockcerts se han clonado el repositorio blockcerts-verifier, también se ha parametrizado la documentación para generar certificados propios de la UTN-FRT (Figura3). Se utiliza la biblioteca Javascript para la verificación de Blockcerts, la misma se puede utilizar en una aplicación Node.js o en un navegador. También se utiliza la biblioteca para blockcerts-verifier, la billetera Blockcerts para iOS y la billetera para Android.

El proceso para la emisión de un certificado consiste en los siguientes pasos:

1. Se crea un archivo digital que contiene información básica, como el nombre del destinatario, el nombre del emisor, una fecha de emisión, etc.
2. Se firma el contenido del certificado, utilizando una clave-privada a la que solo tiene acceso el emisor, y agrega esa firma al certificado en sí.
3. Se crea un hash, que es una cadena corta que se puede usar para verificar que nadie haya manipulado el contenido del certificado.
4. Se usa la clave privada nuevamente para crear un registro en la cadena de bloques que indica que el emisor genera un determinado certificado a una determinada persona en una fecha determinada. El sistema permite verificar a quién se emitió un certificado, por quién, y validar el contenido del certificado en sí.



Figura 3: Modelo del Web Site de la UTN FRT para la certificación digital de Diplomas - Fuente: Propia

Resultados

Hasta la fecha, se está trabajando en conjunto, un equipo compuesto por profesores, alumnos y graduados altamente motivados en el marco de un proyecto de investigación y desarrollo debidamente aprobado por resolución de la Universidad Tecnológica Nacional, con el objetivo principal de contribuir de manera significativa a la mejora de los procesos de certificación de documentación.

Siguiendo rigurosamente el plan inicial, se avanza satisfactoriamente en el cumplimiento de los objetivos establecidos para este proyecto de Desarrollo e Innovación (PID). En este contexto, se logró concretar la construcción y validación del primer prototipo funcional. Este logro nos permitirá avanzar con las pruebas necesarias para evaluar su implementación en condiciones reales dentro de nuestra institución.

Conclusiones

En una primera instancia, se evidencia la consecución de los objetivos inicialmente propuestos. A través del desarrollo de estos objetivos, se establece que la tecnología blockchain se presenta como una solución viable para la gestión de certificados en el contexto universitario. Este respaldo se fundamenta en el prototipo de plataforma que se está desarrollando, el cual demuestra la capacidad de esta tecnología para crear, almacenar y validar certificados tanto individuales como colectivos.

En la actualidad, no existe una regulación que avale ni prohíba su empleo, y esta ausencia de normativas se debe, en gran medida, al desarrollo incipiente de esta tecnología en Argentina. A pesar de estas limitaciones, se concluye que la red de blockchain representa una alternativa sólida para la gestión de certificados, respaldada por el prototipo desarrollado a partir de la aplicación Blockcert. Este prototipo demuestra la factibilidad de crear, almacenar y validar certificados de instituciones educativas en dicha red. La tecnología blockchain continúa avanzando en su desarrollo, y en este sentido, el proyecto de implementación de Blockcert busca expandir su aplicabilidad a diversas redes blockchain en el futuro.

Referencias

- Nakamoto, S (2008) "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" Disponible en: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- Preukschat, A. Coordinador (2019). "La revolución industrial de internet". Valletta Ediciones, Barcelona, España, pp 23.
- Cámara de Valencia (2023). ¿Qué significa blockchain híbrida o federada? Accedido en Agosto 2023. Disponible en: <https://ticnegocios.camaravalencia.com/servicios/tendencias/que-significa-blockchain-hibrida-o-federada/#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20es%20blockchain%20h%C3%ADbrida%20o,tienen%20permiso%20para%20validar%20transacciones>
- Binance Academy (2018). "Proof of Authority". Accedido en Septiembre 2023. Disponible en: <https://academy.binance.com/es/articles/proof-of-authority-explained>
- Bitcoin Org (2023). "Bitcoin para Personas". Accedido en Septiembre 2023. Disponible en: <https://bitcoin.org/es/>
- Cordero Valdavida, M (2019) "Blockchain en el sector público, una perspectiva internacional". Revista Vasca de gestión de personas y organizaciones públicas. Núm 16. pp 24. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6945314>
- Universidad Provincial Sudoreste (2023). "Títulos y Certificados en Blockchain". Accedido en Agosto 2023. Disponible en: <https://certificadosblockchain.upso.edu.ar/>
- UCASAL (2023). "UCASAL avanza en la seguridad digital: el sistema blockchain que mejora la gestión universitaria". Disponible en: <https://www.ucasal.edu.ar/noticias/noticias-home/ucasal-avanza-en-la-seguridad-digital-el-sistema-blockchain-que-mejora-la-gestion-universitaria>
- European Commission and the European Blockchain Partnership (2023). "Experience cross-borders services with EBSI. The first public sector blockchain services in Europe" Disponible en: <https://ec.europa.eu/digital-building-blocks/wikis/display/EBSI/Home>

Infobae (2022). “El Gobierno creó un comité nacional de Blockchain: cuál será su objetivo”. Disponible en: <https://www.infobae.com/economia/2022/12/07/el-gobierno-creo-un-comite-nacional-de-blockchain-cual-sera-su-objectivo/#:~:text=La%20Resoluci%C3%B3n%20establece%20que%20el,el%20C3%A1mbito%20de%20sus%20accciones%20%80%9D&text=Por%20medio%20de%20la%20Resoluci%C3%B3n%20del%20comit%C3%A9%20nacional%20de%20Blockchain>.

Jefatura de Gabinete de Ministros – Secretaría de Innovación Pública (2022). Legislación y Avisos Oficiales. Accedido en Agosto 2023. Disponible en:

<https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/277417/20221207>

Tesis y másters (2023) ¿Qué es la investigación aplicada? Disponible en: <https://tesisymasters.mx/investigacion-aplicada/>

Parra Candia, R. A (2020) “Análisis de las capacidades y limitaciones de la tecnología de Blockchain como herramienta para la gestión de certificados institucionales.” Proyecto de Título para optar al Título de Ingeniero Civil Informático. Disponible en: http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/3721/1/Parra_Candia_Ramon_Alejandro.pdf

Media Lab Learning Initiative (2016) "Blockcerts — An Open Infrastructure for Academic Credentials on the Blockchain" [online] Disponible en: <https://medium.com/mit-media-lab/blockcerts-an-open-infrastructure-for-academic-credentials-on-the-blockchain-899a6b880b2f#.q66dazia7>

IBM (2023). El éxito de la blockchain empieza aquí. Accedido en Agosto 2023. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/topics/blockchain>

Blockchain Federal Argentina <https://bfa.ar/blockchain/casos-de-uso/titulos-academicos>

Bartolomé, A., & Lindín, C. (2019). Posibilidades del Blockchain en Educación. Education in the Knowledge Society (EKS), 19(4), 81–93.

<https://doi.org/10.14201/eks20181948193>

Blockcerts. (2023). About Blockcerts. Accedido en Septiembre 2023. Disponible en: <https://www.blockcerts.org/about.html>

Contribución de los Autores

Nombres y Apellidos del autor	Colaboración Académica													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Mario Figueroa de la Cruz	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X		X
Silvana Carolina Marsiglia	X	X	X	X			X	X	X	X		X		X
Luis María Carriles			X	X	X		X		X	X	X	X	X	X
José Daniel Zakhour					X		X				X		X	X
Edwin García					X		X				X		X	X
Claudia Inés Solorzano			X	X		X	X	X		X			X	X

1-Administración del proyecto, 2-Adquisición de fondos, 3-Análisis formal, 4-Conceptualización, 5-Curaduría de datos, 6-Escritura - revisión y edición, 7-Investigación, 8-Metodología, 9-Recursos, 10-Redacción - borrador original, 11-Software, 12-Supervisión, 13-Validación, 14-Visualización.



**ENCUENTRO CIENTÍFICO
DE INVESTIGADORES DE
UTN TUC - 2024**

UTN * TUC