



JorCyTec 2025

Jornadas de Ciencia y Tecnología
Facultad Regional Concordia
7, 8 y 9 de octubre de 2025

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia

Jornadas de Ciencia y Tecnología JorCyTec 2025 : libro de actas ; Compilación de Natalia Tesón ; Andrea Soledad Pereyra ; Laura Gervasi. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Universidad Tecnológica Nacional, 2026.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-42-0262-2

1. Tecnología. 2. Ciencias Tecnológicas. I. Tesón, Natalia, comp. II. Pereyra, Andrea Soledad, comp. III. Gervasi, Laura, comp.

CDD 303.483

Libro de Actas

Jornadas de Ciencia y Tecnología - JorCyTec2025

Fecha del Congreso: 7, 8 y 9 de octubre de 2025

Lugar de las Jornadas: Facultad Regional Concordia, Entre Rios, Argentina.

DOI: <https://doi.org/10.33414/ajea.1984.2026>

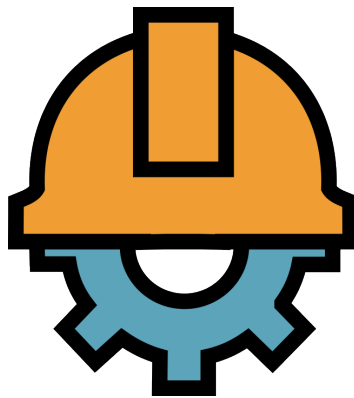
ISBN: 978-950-42-0262-2

Fecha de Publicación: 04/2026

ISBN 978-950-42-0262-2



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento–NoComercial 4.0 Internacional.



Jornadas de Ciencia y Tecnología

JorCyTec2025

7, 8 y 9 de octubre de 2025

Facultad Regional Concordia

<https://www.frcon.utn.edu.ar/>

Libro de Actas

Resumen

Durante los días 7, 8 y 9 de octubre se llevaron a cabo las Jornadas de Ciencia y Tecnología en la Facultad Regional Concordia de la Universidad Tecnológica Nacional. Este encuentro, que se realiza cada dos años, tiene como finalidad difundir los resultados de los proyectos de investigación desarrollados en la institución y generar un espacio de intercambio sobre temas de actualidad entre estudiantes, docentes, investigadores, profesionales del sector productivo y la comunidad en general.

Las JorCyTec2025 contaron con la participación de 30 expositores y más de 200 asistentes, consolidándose como un ámbito de referencia para la divulgación científica y tecnológica. Asimismo, las Jornadas pusieron de relieve la importancia de la investigación realizada por las universidades públicas, entendida como un verdadero motor de desarrollo social y productivo. A través de ella, se fortalece la formación académica y profesional, se contribuye a la resolución de problemáticas locales, se impulsa la innovación y se garantiza que los avances científicos estén al servicio de toda la sociedad.

Abstract

On October 7, 8, and 9, the Science and Technology Conferences (JorCyTec2025) were held at the Concordia Regional Faculty of the National Technological University (UTN). This biennial event aims to disseminate the results of research projects developed within the institution and to create a space for exchange and discussion of current topics among students, faculty, researchers, industry professionals, and the community.

JorCyTec2025 brought together 30 speakers and more than 200 participants, consolidating its role as a key forum for scientific and technological dissemination. Furthermore, the conferences highlighted the importance of research carried out by public universities, regarded as a vital engine for social and productive development. Through such research, academic and professional training is strengthened, local challenges are addressed, innovation is promoted, and scientific advances are ensured to serve society as a whole.

Autoridades:

Ing. José Jorge Penco

Decano

Ing. Marcos Roberto Blanc

Vicedecano

Ing. Fabián Andrés Avid

Secretario Académico

Dra. Natalia Tesón

Secretaria de Ciencia, Tecnología y Posgrado

Lic. Giuliano Rossi

Secretario de Cultura y Extensión Universitaria

Lic. Agustín Horacio Leyes

Secretario Administrativo

Lic. Fernando Barboza

Secretario de Asuntos Universitarios

Comité Organizador

Dra. Natalia Tesón

Secretaria de Ciencia Tecnología y Posgrado

Ing. Civil Andrea Soledad Pereyra

Coord. de Ciencia y Tecnología de los Dptos. de Ing. Civil e Ing. Eléctrica

Lic. Laura Verónica Gervasi

Coord. de Ciencia y Tecnología de los Dptos. de Ing. Industrial y de la Lic. en Adm. Rural

Ing. Electr. Marcelo Arlettaz

Director del Departamento de Ingeniería en Energía Eléctrica

Ing. Civil Marcos Blanc

Director del Departamento de Ingeniería Civil

Ing. Mec. Pablo Quantín

Director del Departamento de Ing. Eléctrica

Lic. Adm. Rural Sebastián Trupiano

Director del Departamento de la Licenciatura en Administración Rural

Lic. Fabricio Bonato

Área Comunicación Institucional

Índice

Ingeniería Civil

Martes 07 de Octubre de 2025

Evaluación de Patologías en Estructuras de H° A° y Mampostería. Métodos de análisis, Refuerzo y/o Reparación Pág.10

Assessment of Pathologies in Reinforced Concrete and Masonry Structures. Analysis, Strengthening and Repair Methods

Viviana Rougier, Fabián Avid, Andressa Gobi, Jorge Sota, Darío Vercesi, Andrea Pereyra, Miqueas Denardi, Alberto Palacio, Martín Wendler, Schirley Cornaló, Paula Martinez.

Modelación hidrodinámica de flujos bidimensionales en áreas urbanas. Aportes a la gestión territorial de la ciudad de Concordia..... Pág.35

Hydrodynamic modeling of two-dimensional flows in urban areas. Contributions to the territorial management of the City of Concordia.

María Eugenia Garat, Pablo Paskosky, Sebastián Scevola, Ignacio Villanueva, Erika Bouche, Juan Andrés García Camaño, Araceli Ramirez.

Caracterización de arenas de trituración de roca basáltica como método de estimación de las propiedades de morteros..... Pág.61

Characterization of Basaltic Crushed Sands for the Estimation of Mortar Properties.

Palacio Alberto José, Sota Jorge Daniel, Avid Fabián Andrés, Mielnik Mikhail, Maidana Lucas, Dirie Nicolás, Leiva Emiliano, Álvarez Brenda, Ramírez Emiliana.

Cementerio Viejo de Concordia - Catálogo del Patrimonio Funerario Pág.69

OLD CONCORDIA CEMETERY - Catalog of Funerary Heritage

María Alejandra Bruno, Nicolás Leal, Rocío Olivera

Licenciatura en Administración Rural e Ingeniería Industrial

Miércoles 08 de Octubre de 2025

Evaluación de restos forestoindustriales potencialmente utilizables en generación de energía Pág.91

Assessment of Forest-Industry Residues Potentially Usable for Energy Generation.

Federico Larocca, Carlos Chezzi.

Precios y costos de la actividad citrícola. Herramientas de gestión para pequeños empaques citrícolas del NE de Entre Ríos. Pág.105

Citrus Prices and Production Cost. Management Instruments for Small-Scale Citrus Packing Operations in Northeastern Entre Ríos.

Germán Scattone, Natalia Tesón, Luciano Cabrera Alegre, Anabela Mover, Morinico, Jonathan Fernando.

Optimización de la etapa de cloración de una planta potabilizadora mediante modelos de simulación y calibración experimental Pág.113

Optimization of the chlorination stage of a water treatment plant using simulation models and experimental calibration.

María Emilia Medina, Natalia Tesón, Ricardo Rosales, Gerardo Sasso, Pablo José Paskosky Gómez, Flavia Daniela Tonina, Julieta Velázquez.

Ingeniería en Energía Eléctrica

Jueves 09 de Octubre de 2025

Monitoreo de PM10 mediante la creación de equipos propios Pág. 121

PM10 monitoring through the development of self-manufactured devices.

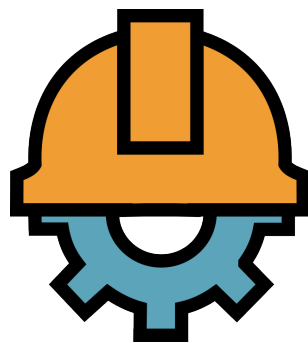
Martín Chichizola, Facundo Salzman.

Desarrollo de procedimientos y ensayos de laboratorio para la homologación de un traje conductor para trabajos con tensión en at. Norma IEC 60895-2020 Pág. 124

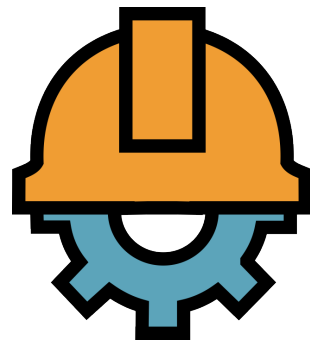
Development of laboratory tests and procedures for the approval of a conductive suit for live voltage work in high-voltage systems. IEC 60895-2020 standard.

Luis Lorenzo Neira, Rodrigo Franchini, Francisco Avelino Pérez, Andrada Reynoso Facundo Ariel, Ava Federico Martin, Luna Ayelen Nelida Micaela.

Trabajos



Ingeniería Civil



Evaluación de Patologías en Estructuras de H°A° y Mampostería. Métodos de análisis, Refuerzo y/o Reparación

Assessment of Pathologies in Reinforced Concrete and Masonry Structures. Analysis, Strengthening and Repair Methods

Presentación: 07/10/2025

Viviana Rougier

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina.
rougiervc@yahoo.com.ar

Fabián Avid

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Andressa Gobi

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Jorge Sota

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Darío Vercesi

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Andrea Pereyra

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Miqueas Denardi

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Alberto Palacio

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Martín Wendler

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Schirley Cornaló

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Paula Martinez

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Resumen

El hormigón y la mampostería continúan siendo en la actualidad, materiales muy utilizados para la construcción de edificaciones. A lo largo de los años, el tipo y calidad de los materiales y la tecnología de la construcción han

cambiado considerablemente, pero también ha ido aumentando el conocimiento de su comportamiento y con ello el desempeño de las estructuras. Sin embargo, todas las construcciones experimentan deterioro a lo largo del tiempo, cambian de diseño o son remodeladas para cumplir nuevas funciones, afectando su desempeño estructural y su comportamiento bajo condiciones normales de servicio. En algunos casos el deterioro puede ser tan severo que la estructura o componente afectado no pueda ser reparado, pero en otros casos, es posible formular estrategias de protección y reparación que puedan extender su vida útil incluso más allá de la que fuera proyectada originalmente, fundamentalmente en construcciones que por su valor histórico-cultural merecen ser preservadas. Las medidas de protección y reparación proyectadas para este fin deben ser seleccionadas cuidadosamente a partir de los resultados de estudios de evaluación y diagnóstico de la estructura y sus costos deben ser estimados con relación al valor de la misma para el resto de su vida útil versus el costo de demolerla y reemplazarla. Todo este proceso debe ser necesariamente abordado por profesionales especializados en la disciplina de Patología de las Construcciones, a través de una metodología que contemple las tareas de estudio, auscultación, evaluación, reparación y rehabilitación. En este trabajo se presenta una síntesis del protocolo de inspección y los datos obtenidos del relevamiento de patologías realizado en la Unidad de Investigación Avícola, de la Estación Experimental Agropecuaria (INTA) de la ciudad de Concepción del Uruguay. Dicho protocolo de evaluación fue elaborado tomando como guía la norma brasileña NBR 16747-20. El relevamiento de las patologías muestra problemas de filtración de aguas en varios sectores de la losa de techo.

Palabras clave: Patrimonio Histórico, Evaluación, Reparación y Rehabilitación, Estructuras de Hormigón y Mampostería.

Introducción

En las últimas décadas, ha tomado gran importancia dentro de la Ingeniería Civil el estudio de estructuras dañadas o afectadas por distintas causas tales como el medio ambiente, acciones del fuego, procesos de asentamientos provocados por suelos alterados o de baja capacidad, errores de diseño, fallas de construcción, cambios de destino y proyectos basados en reglamentaciones que ya no están vigentes [1, 2,3, 4, 5, 6].

Los distintos procesos de degradación, deben ser abordados por los profesionales especializados en el tema a través de tareas de estudio, auscultación, evaluación, rehabilitación y refuerzo de estructuras comúnmente conocidas en el mundo como la disciplina de la Patología de las Construcciones. Esta información en gran medida es obtenida a partir de bibliografía y antecedentes técnicos que no poseen una clasificación adecuada ni existen bancos de datos sistematizados que permitan obtener las herramientas necesarias para abordar la recuperación de estas estructuras.

A su vez, y en función de estudios urbanísticos y económicos las ciudades han incorporado la idea del reciclado de construcciones que aparentemente estaban destinadas a finalizar su vida útil por estos estados de degradación o por falta de adecuación arquitectónica, pero que se recuperan para el tejido urbano a partir de su reparación y/o rehabilitación mediante la implementación de distintas técnicas basadas en estos estudios [7, 8, 9, 10, 11,12,13, 14, 15,16, 17,18, 19]. La tendencia es establecer un sistema de reparación eficiente y económicamente accesible que facilite la mejora de construcciones nuevas y antiguas y elimine la necesidad de utilizar técnicas demasiado costosas y extensas en el tiempo, o en muchos casos, la demolición total de la estructura.

La Unidad de Investigación Avícola, ubicada en la Estación Experimental Agropecuaria (EEAA INTA) de la ciudad de Concepción del Uruguay, fue inaugurada en el año 2020. Se trata de un edificio modelo y réplica de otros instalados en diferentes estaciones experimentales, a lo largo del país. Su estructura está formada por vigas, columnas y losas de hormigón armado con cerramiento interior de tabiquería en seco. Cuenta con varias oficinas para los investigadores y laboratorios para las áreas de bacteriología y de virología. Algunas oficinas y sectores de los laboratorios, presentan filtraciones en la losa de techo, varios con deterioro importante y pérdida del

cielorraso aplicado. La inspección del techo, muestra la existencia de una membrana de reparación muy dañada en diversos sectores.

A continuación se describe el protocolo de inspección y las patologías de los diferentes sectores.

Desarrollo

Este proyecto de inspección y evaluación de filtraciones de la losa de techo de la Unidad de Investigación Avícola de la EEAA Concepción del Uruguay, se compone de diferentes etapas. En una primera etapa y a los efectos de lograr una total comprensión del problema, se recopiló información sobre la estructura a evaluar, en su estado original y en los estados anteriores a la intervención, así como sobre las técnicas que se utilizaron para su construcción, sobre las alteraciones y sus efectos, sobre los fenómenos que la han afectado y, finalmente, sobre su estado actual. Esta información se obtuvo a partir de los siguientes pasos:

1. Definición, descripción y comprensión de la importancia del edificio y de las actividades de investigación que se desarrollan allí;
2. Descripción de los materiales y las técnicas constructivas utilizadas;
3. Investigación de la vida completa del edificio, incluyendo modificaciones constructivas realizadas en el comienzo de su construcción así como también intervenciones posteriores de reparación de la losa de techo;
4. Descripción de la estructura en su estado actual a los efectos de identificar daños, deterioro y posibles fenómenos progresivos;

Estos estudios estuvieron orientados por una inspección preliminar y relevamiento fotográfico tanto del entorno como del edificio con la finalidad de proporcionar una comprensión inicial de la estructura, identificar el deterioro y los daños, determinar si los fenómenos están o no estabilizados, decidir si hay riesgos inmediatos y por tanto se deben adoptar medidas urgentes, identificar efectos del entorno sobre el edificio.

La siguiente etapa comprendió el diagnóstico, basado en información recopilada de la inspección visual, el relevamiento fotográfico y el análisis cualitativo de las patologías y el deterioro material detectados.

La etapa siguiente al diagnóstico, fue la evaluación del nivel de seguridad donde se recomendó la reparación de la losa en función de las técnicas y materiales disponibles en la región.

La última etapa consistirá en la elaboración de un informe técnico y guías de evaluación para construcciones similares que posea INTA en el país.

A continuación se presentan los planos y planillas del primer y segundo relevamiento realizados en la Unidad de Investigación Avícola de la EEAA INTA, Concepción del Uruguay. Para organizar la tarea y grupo de inspectores destinados a ella, se dividió el edificio en 7 sectores. Los sectores 1,2 y 3 fueron relevados en una primera visita, los sectores 4, 5 ,6 y 7 se evaluaron en una segunda visita. En la Figura 1 se pueden ver los tres primeros sectores en que se dividió el plano de planta del edificio del primer relevamiento, las planillas de relevamiento y por separado los planos de los tres sectores mencionados (Figuras 2, 3 y 4) con la localización de las diferentes patologías. Luego se presentan los planos del 2 relevamiento con los 4 sectores restantes (Figura 5), las planillas de relevamiento correspondientes y por separado cada uno de los cuatro sectores con la ubicación de las patologías (Figuras 6, 7,8 y 9).

Planos – Primer Relevamiento

La estructura de la Unidad de Investigación Avícola de la EEAA INTA Concepción del Uruguay, se compone de vigas, columnas y losas de hormigón armado. El edificio alberga oficinas para los investigadores y laboratorios. Los planos del edificio contienen todos los detalles de armaduras, materiales, instalaciones, tabiquería y también incluyen características del suelo y ensayos de resistencia del hormigón, así como detalles de capa aisladora en losas de techo. En este sentido, se dejó asentado en la documentación de obra un cambio de materiales de dicha capa, por falta de aquellos que fueron planificados originalmente en el proyecto.

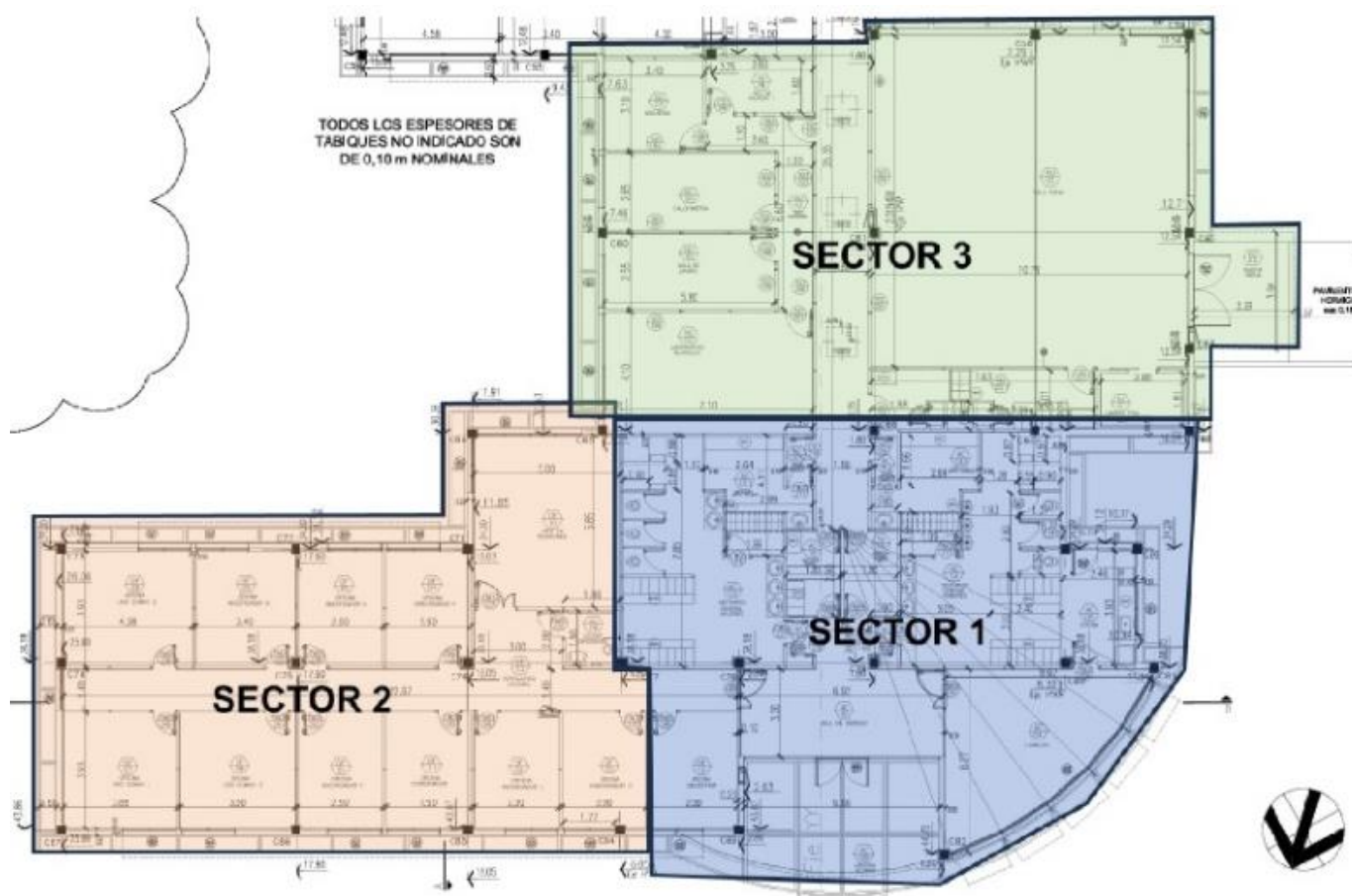


Figura 1 | Plano Primer Relevamiento

Planillas De Relevamiento

Las planillas de relevamiento incluyen las diferentes anomalías detectadas en el edificio, por cada sector (Planilla 1- sector 1; Planilla 2-sector 2, Planilla 3- sector 3), esto es fisuras, daño en revestimientos (cielorrasos), humedad, deterioro de aberturas y posibles daños de tipo eléctrico, cada una con un identificador de tipo geométrico. Luego se ubica cada anomalía en los planos de los diferentes sectores (Figuras, 2, 3 y 4). Se observaron fisuras en esquina de aberturas, daños y desprendimiento importantes en cielorrasos y humedades.

PLANILLA DE RELEVAMIENTO														
EDIFICIO: Unidad de Investigación Avícola - INTA FECHA: 10/04 HORA: 10:00														
SECTOR: Sector 1 OPERADOR/ES: Todos					TIPO DE ANOMALÍA									
IDENTIF. LOCAL (EJ. A, B, C)	FISURA		REVESTIMIENTO		HUMEDAD		ABERTURA		ELECTRICO					
	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción				
LOCAL OF 12 Of. Secret.	1	Fisura bajo ventana.			1	Mancha de humedad en esquina superior, cielorraso y tableros.								
LOCAL AC 08					1	Mancha de humedad contra ventilación o salida de aire.								
LOCAL AC 13 Vest. General mujeres					1	Mancha humedad cielorraso.								
LOCAL AC 14 Vest. General hombres					1	Mancha humedad cielorraso.								
					2	Mancha humedad cielorraso.								

Planilla de Relevamiento 1 | Sector 1

PLANILLA DE RELEVAMIENTO											
EDIFICIO:		FECHA: 10/04 HORA: 9:40									
SECTOR: Sector 2											
OPERADOR/ES:		TIPO DE ANOMALÍA									
IDENTIF. LOCAL (EJ. A, B, C)	FISURA	REVESTIMIENTO		HUMEDAD		ABERTURA		ELECTRICO		Nº	Descripción
		Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción		
OF 01 Oficina investigación 01		1	Rotura de cielorraso con desprendimiento y rotura.	1	Presencia de bastante humedad en cielorraso					1	Luminaria colgando y cables expuestos
		2	Desprendimiento sobre zócalo bajo ventana		Mancha en la losa que se ve por rotura de cielorraso						
OF 11 Oficina coordinador	1 Fisura bajo ventana esquina derecha	1	Rotura de cielorraso contra luminaria	1	Presencia de humedad en cielorraso					1	Luminaria colgando (acceso a la losa)
OF 03 Oficina investigación 03	1 Fisura bajo ventana	2	Desprendimiento sobre zócalo mitad derecha de ventana								
		1	Rotura cielorraso	1	Humedad con rotura de cielorraso						
OF 02 Oficina investigación 02	1 Fisura ventana bajo ventana (esquina derecha)			1	Mancha de humedad en cielorraso						

Planilla de Relevamiento 2 | Sector 2

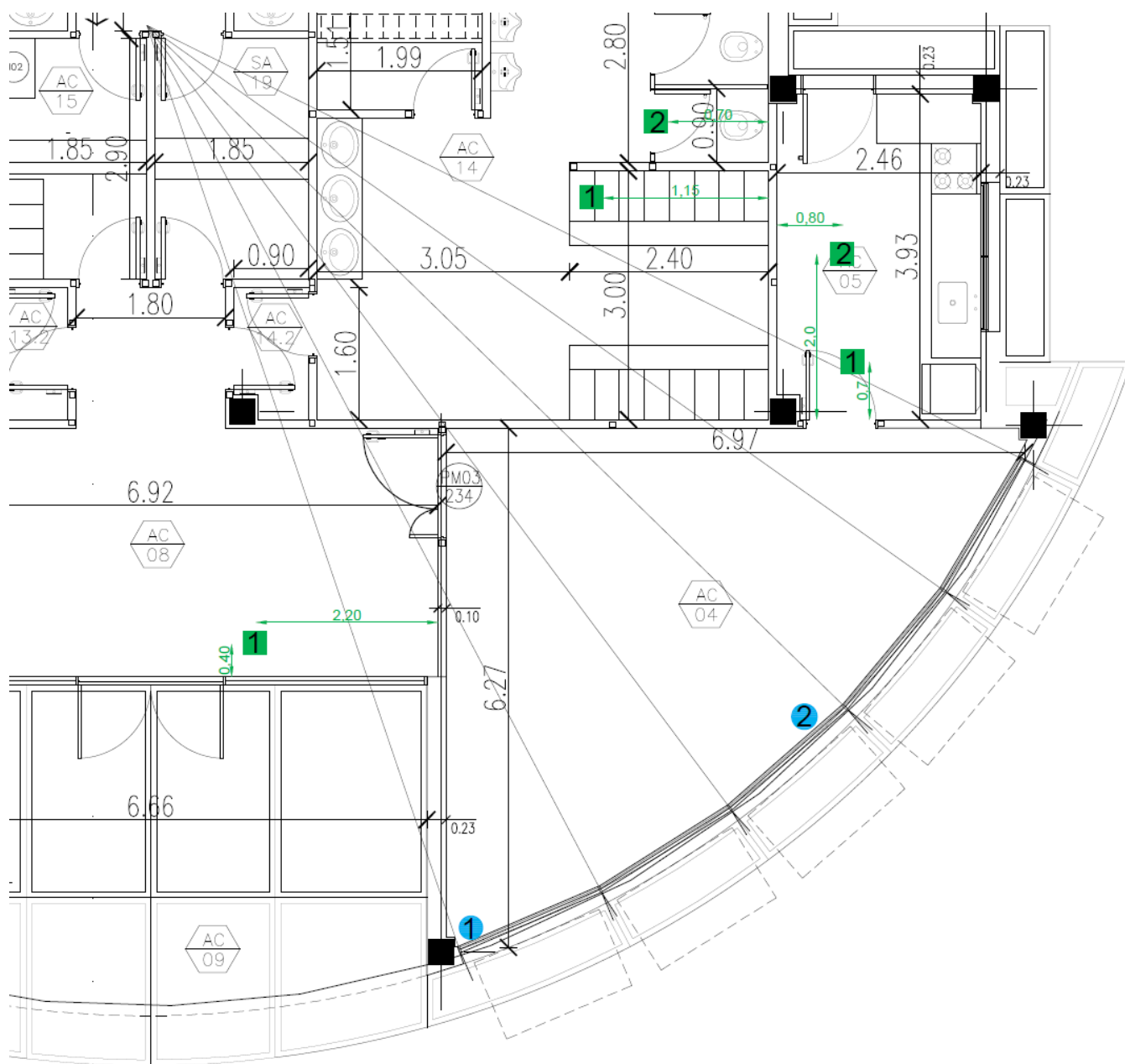


Figura 2 | Plano Sector 1

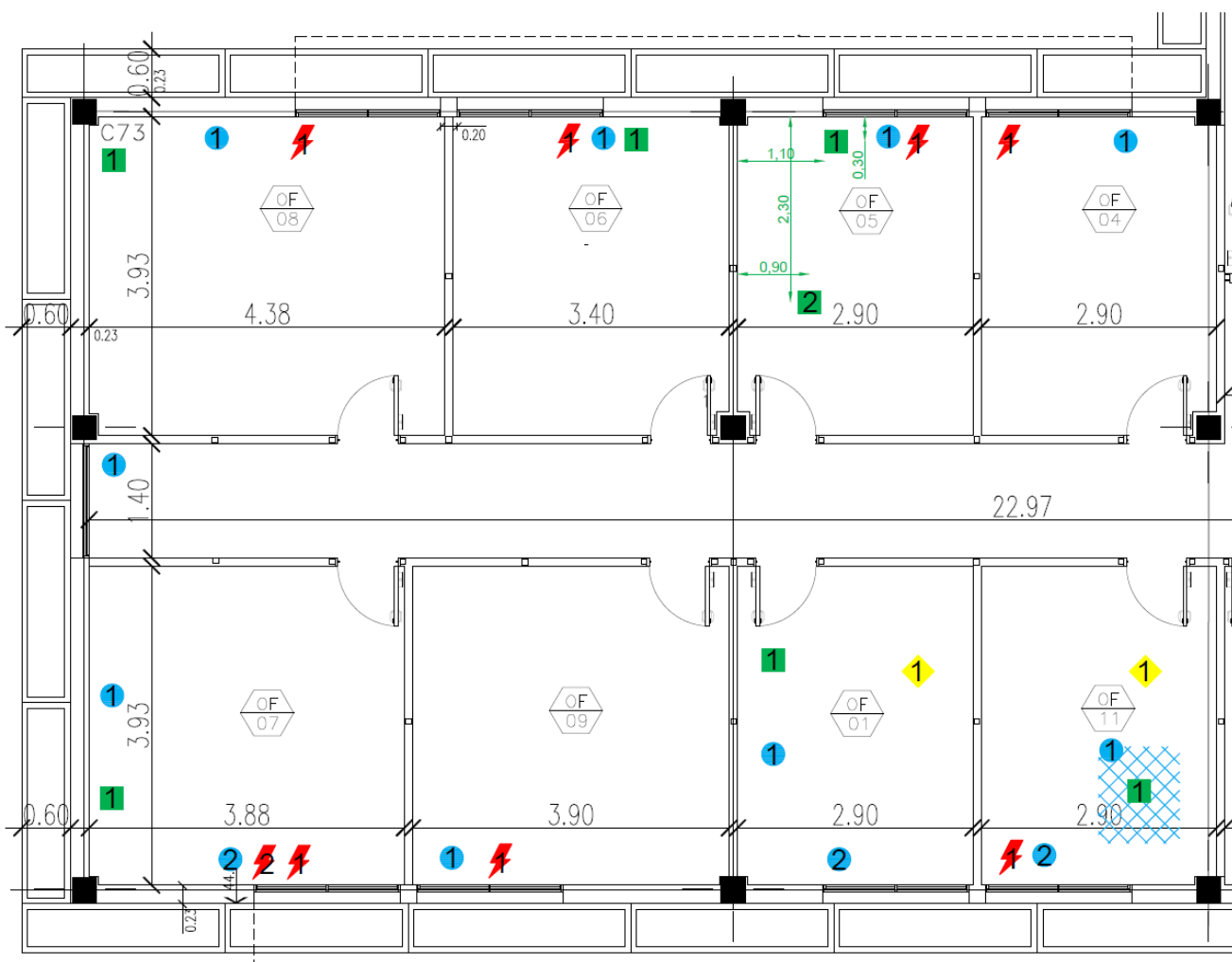


Figura 3 | Plano Sector 2

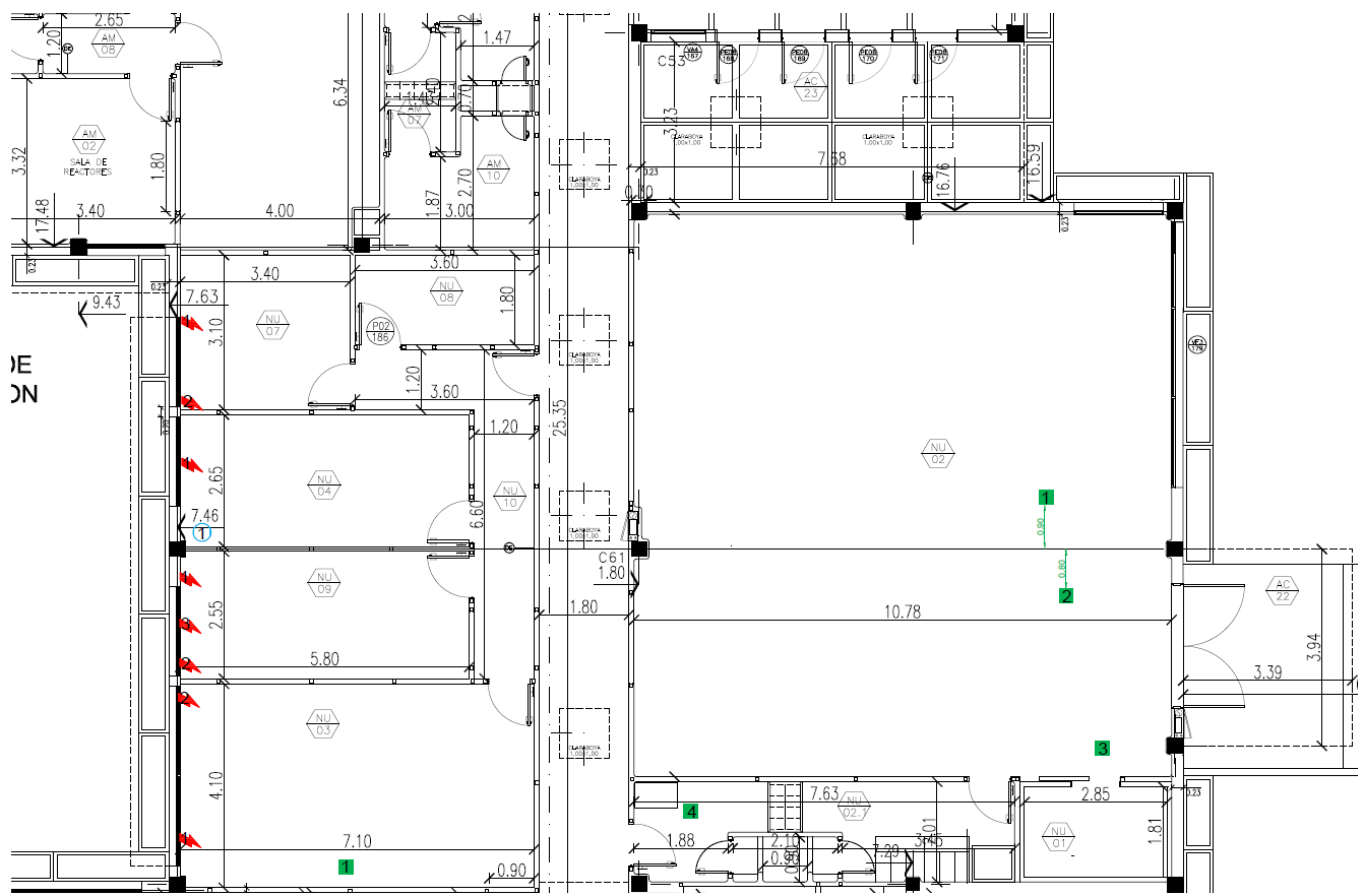


Figura 4 | Plano Sector 3

Planos – Segundo Relevamiento

En la Figura 5 se muestran los 4 sectores relevados en la segunda visita. Luego se presentan las planillas de relevamiento donde se identifican las diferentes patologías en cada local y finalmente en las Figuras 6, 7, 8, y 9 se localizan en el plano de cada sector dichas patologías. Se observaron fisuras bajo ventanas, manchas de humedad en cielorrasos, desprendimientos y filtraciones importantes en cielorrasos de laboratorios y eflorescencias.

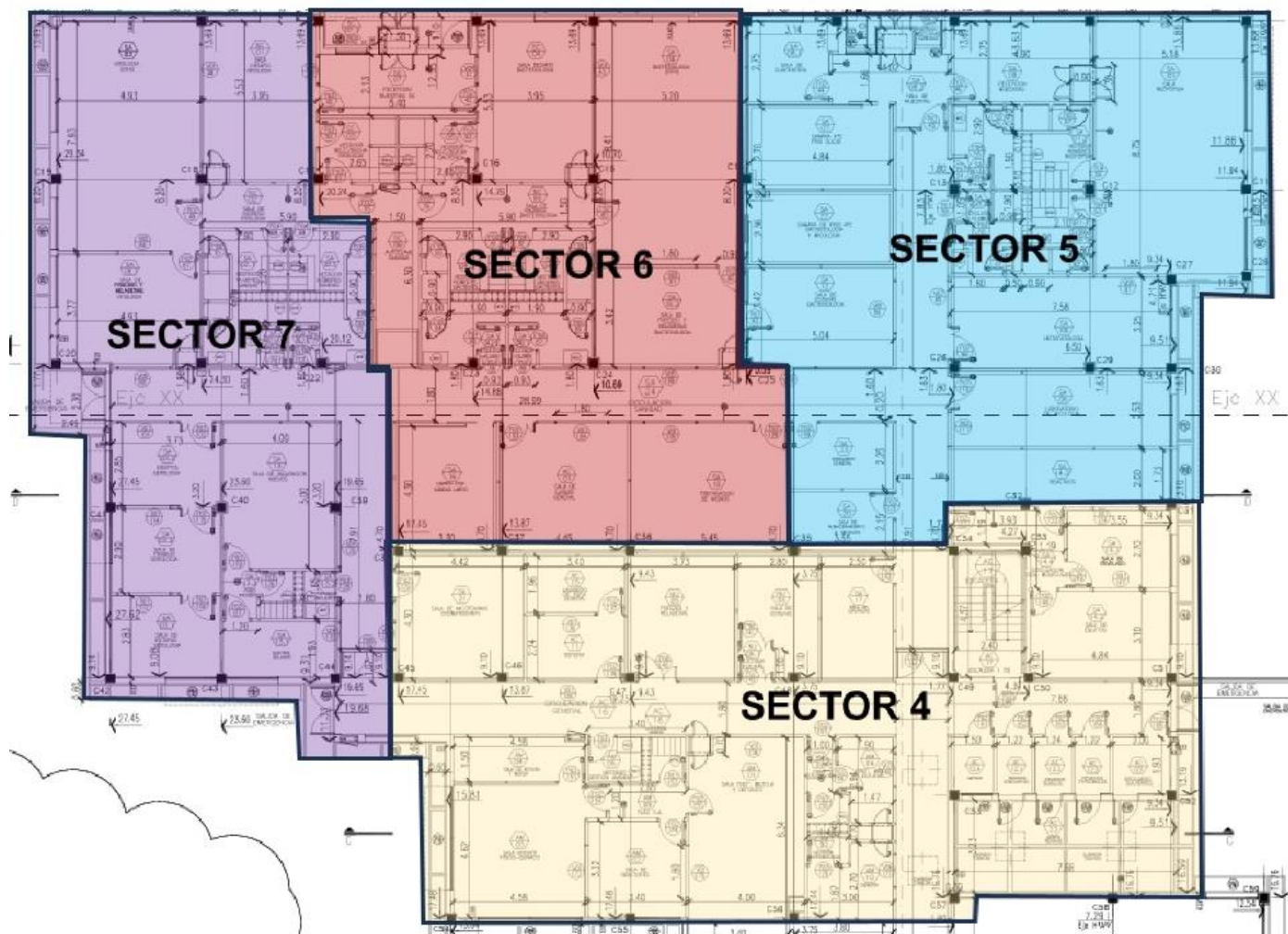


Figura 5 | Plano Segundo Relevamiento

PLANILLA DE RELEVAMIENTO														
EDIFICIO: Unidad de Investigación Avícola - INTA					FECHA: 26/6/2025									
SECTOR: Sector 4					HORA: 10:30									
OPERADOR/ES:					TIPO DE ANOMALÍA									
IDENTIF. LOCAL (EJ. A, B, C)	FISURA		REVESTIMIENTO		HUMEDAD		ABERTURA		ELECTRICO					
	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción				
LOCAL AM 03	1	Bajo ventana 181 (todo el largo).												
	2	Bajo ventana 172 (esquinas).												
LOCAL AM 04	1	A media altura.												
LOCAL NU 06					1	Mancha humedad en cielorraso.								
LOCAL NU 05					1	Mancha humedad encielloraso.								

Planilla de Relevamiento 4 | Sector 4

PLANILLA DE RELEVAMIENTO														
EDIFICIO: Unidad de Investigación Avícola - INTA					FECHA: 26/06/2025									
SECTOR: Sector 5					HORA: 10:40									
OPERADOR/ES:					TIPO DE ANOMALÍA									
IDENTIF. LOCAL (EJ. A, B, C)	FISURA		REVESTIMIENTO		HUMEDAD		ABERTURA		ELECTRICO					
	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción				
LOCAL SA 06	1	En esquinas interiores de ventana.			1	Mancha circular puntual cielorraso.								
LOCAL SA 05	1	En esquina derecha bajo ventana.												
LOCAL SA 01					1	Pequeñas manchas en cielorraso.								
LOCAL SA 08	1	En esquina ventana 33.			1	Desprendimiento de revestimiento por eflorescencia a lo largo de C9.								

Planilla de Relevamiento 5 | Sector 5

PLANILLA DE RELEVAMIENTO										
EDIFICIO: Unidad de Investigación Avícola - INTA					FECHA: 26/06/2025					
SECTOR: Sector 6					HORA: 10:40					
OPERADOR/ES:										
IDENTIF. LOCAL (E. A, B, C)	FISURA			REVESTIMIENTO			TIPO DE ANOMALÍA			
	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción
LOCAL SA 16				1	Filtraciones, se quitó cielorraso para ver fisuras en losa.					
LOCAL AC 01				1	Mancha en borde de cielorraso.					
LOCAL SA 24 PASILLO				1	Manchas en cielorraso.					
LOCAL SA 04				1	Pequeña mancha en cielorraso.					
				2	Desmantelado cielorraso por infiltración, gran fisura en losa que coincide.					
LOCAL SA 18.2				1	Dispersión en cielorraso.					
LOCAL SC 07				1	Dispersión de humedad en todo el cielorraso.					

Planilla de Relevamiento 6 | Sector 6

PLANILLA DE RELEVAMIENTO															
EDIFICIO: Unidad de Investigación Avícola - INTA						FECHA: 26/06/2025									
SECTOR: Sector 7						HORA: 10:45									
OPERADOR/ES:															
TIPO DE ANOMALÍA															
IDENTIF. LOCAL (EJ. A, B, C)	FISURA			REVESTIMIENTO			HUMEDAD			ABERTURA			ELECTRICO		
	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción	Nº	Descripción	
LOCAL SC 01						1	Desmantelado cielorraso, filtración de agua.								
LOCAL SA 02						1	Gran desmantelado de cielorraso, filtración. Losa fisurada y desprendimiento de membrana.								
LOCAL SA 18.1	1	En esquina ventana.													
LOCAL SA 03.3	1	En esquina inferior de ventana.													
LOCAL SA 03.1	1	En esquina inferior de ventana.				1	Manchas y perforaciones en cielorraso. Desprendimientos.								
						2	Mancha sobre zócalo, desprendimiento de zócalo.								

Planilla de Relevamiento 7 | Sector 7

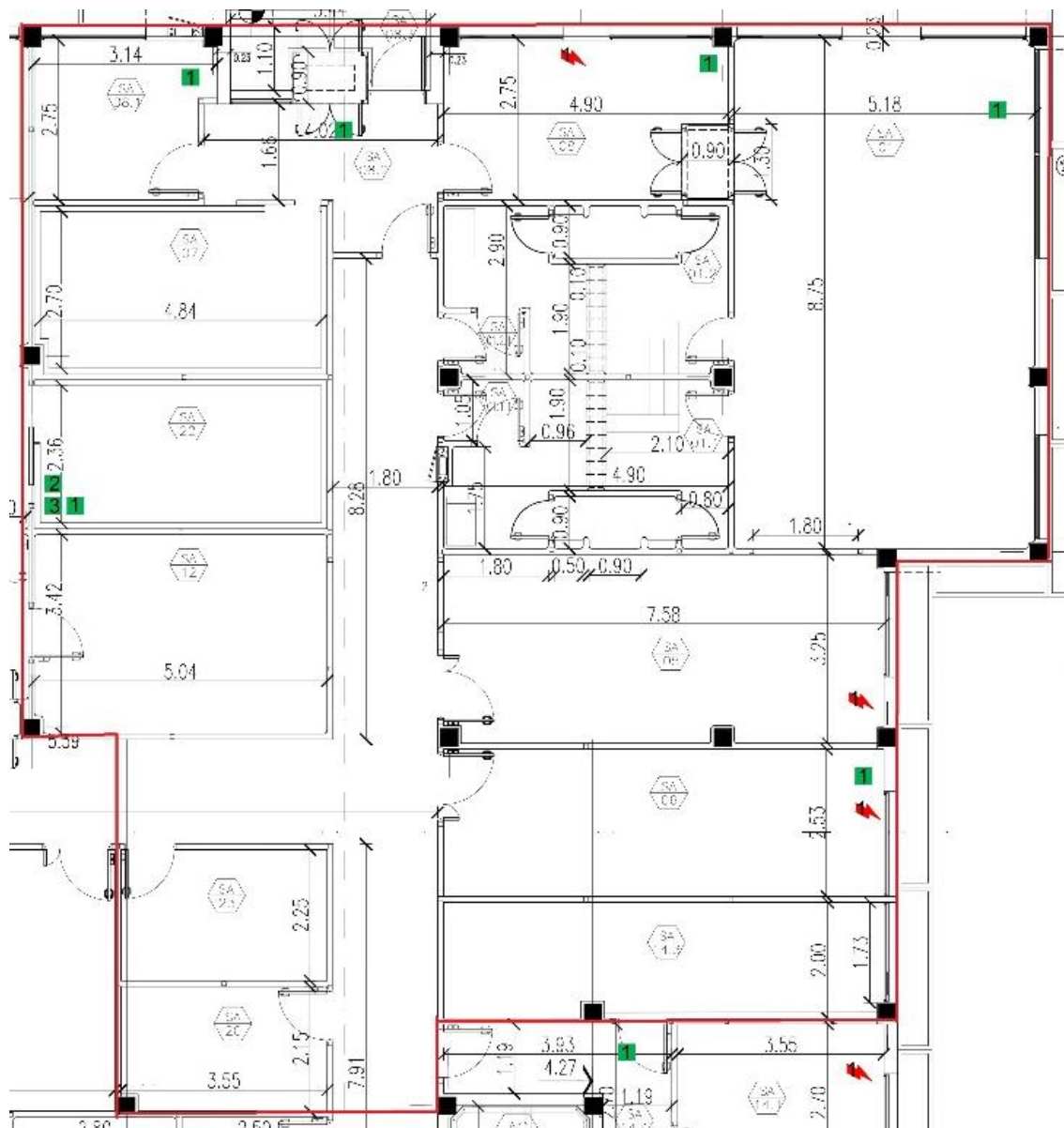


Figura 7 | Plano Sector 5

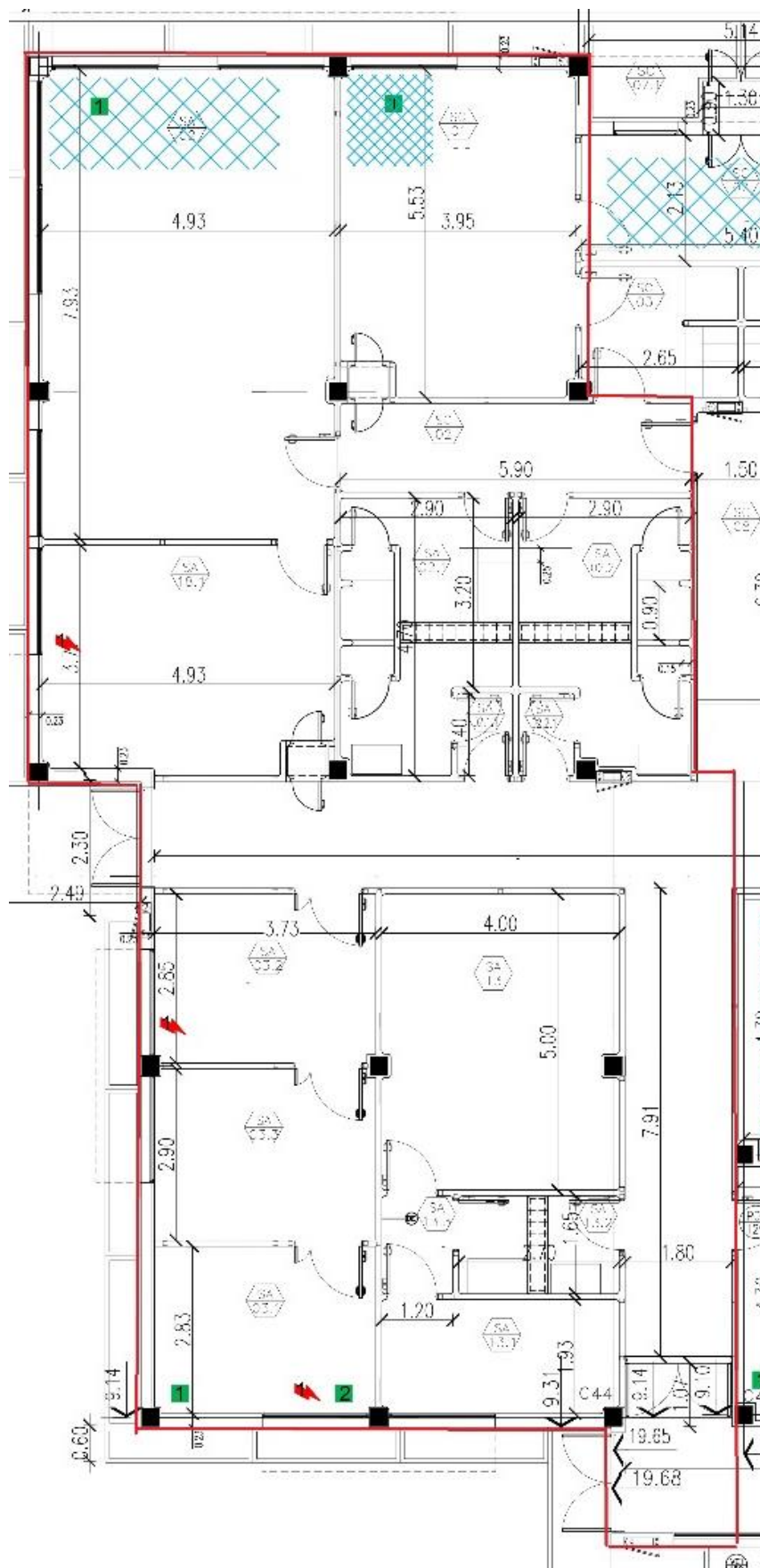


Figura 9 | Plano Sector 7

Resultados

Las figuras 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16 muestran cada uno de los 7 sectores evaluados con las patologías relevadas. En la Figura 17 se pueden ver fotos del relevamiento superior de la losa de techo del edificio y el estado de la membrana de impermeabilización sobre el sector 2, que alberga oficinas de investigadores. Idéntica situación se observó sobre los sectores alojan los laboratorios de bacteriología y virología.

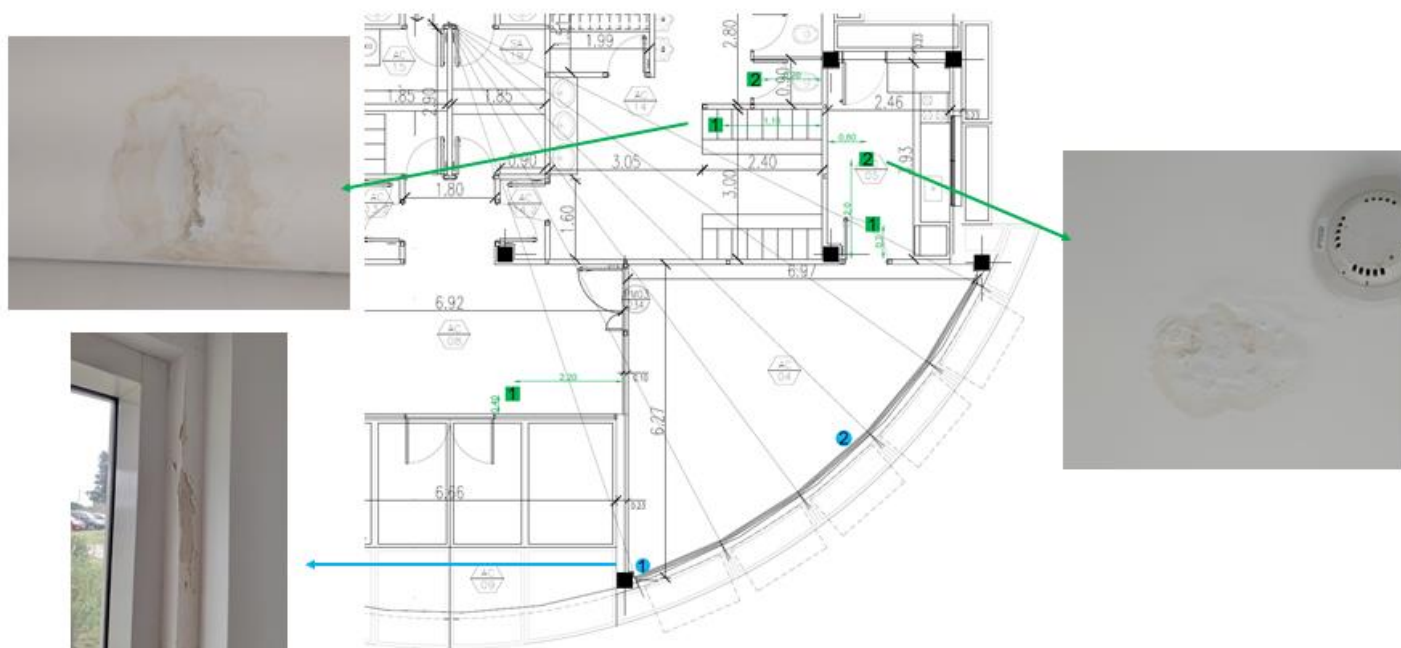


Figura 10 | Patologías Sector 1

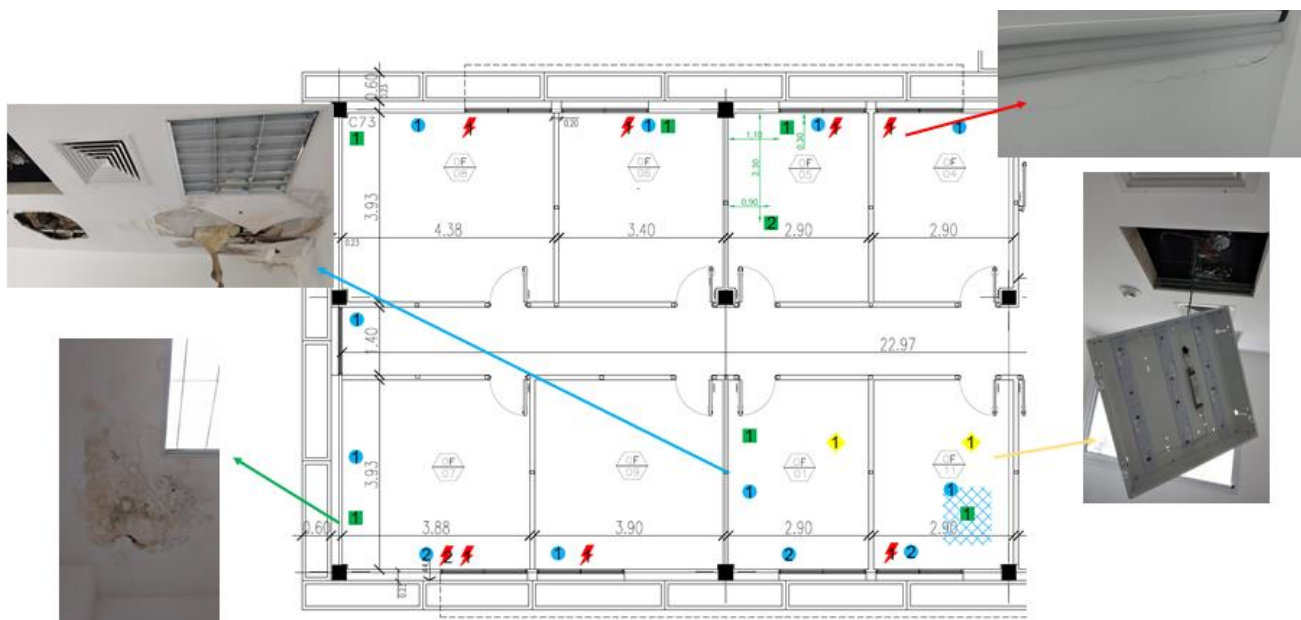


Figura 11 | Patologías Sector 2-Oficinas Investigadores

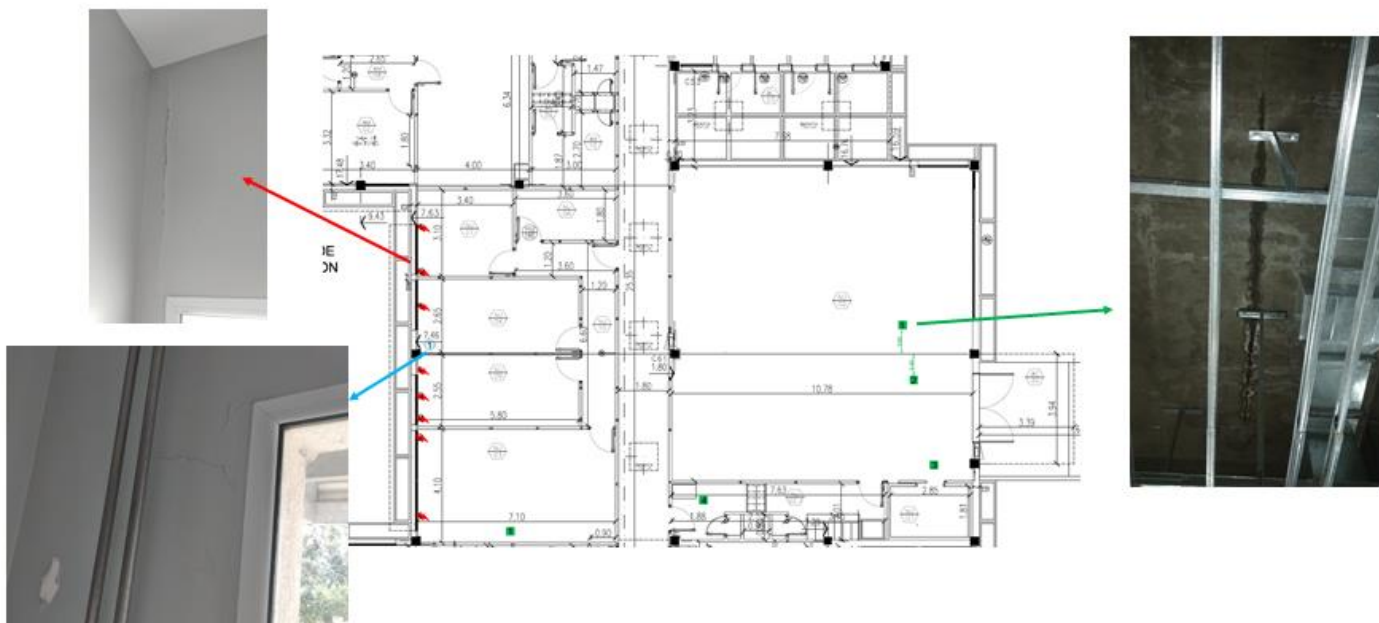


Figura 12 | Patologías Sector 3

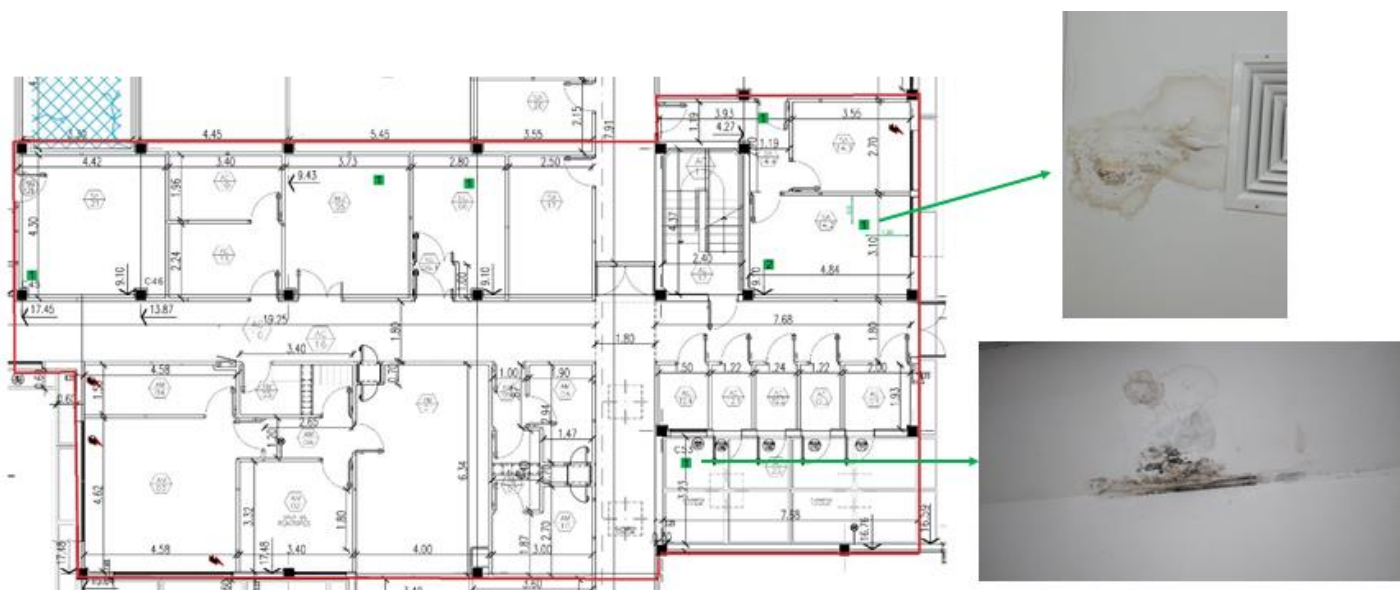


Figura 13 | Patologías Sector 4

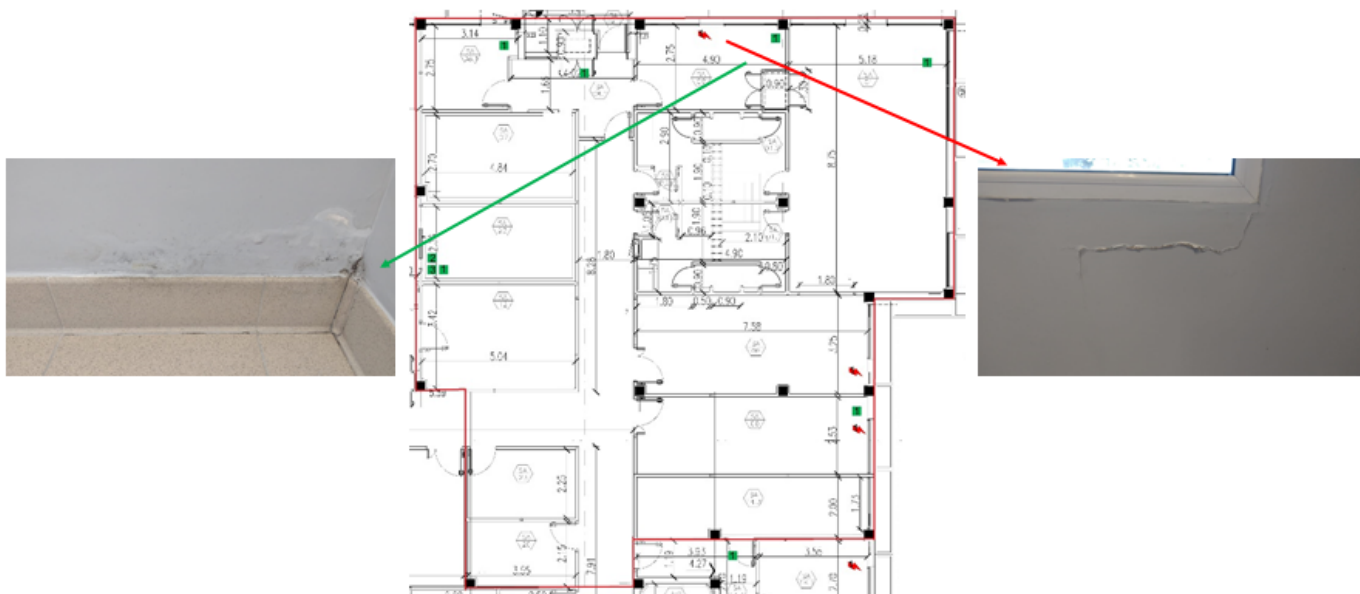


Figura 14 | Patologías Sector 5

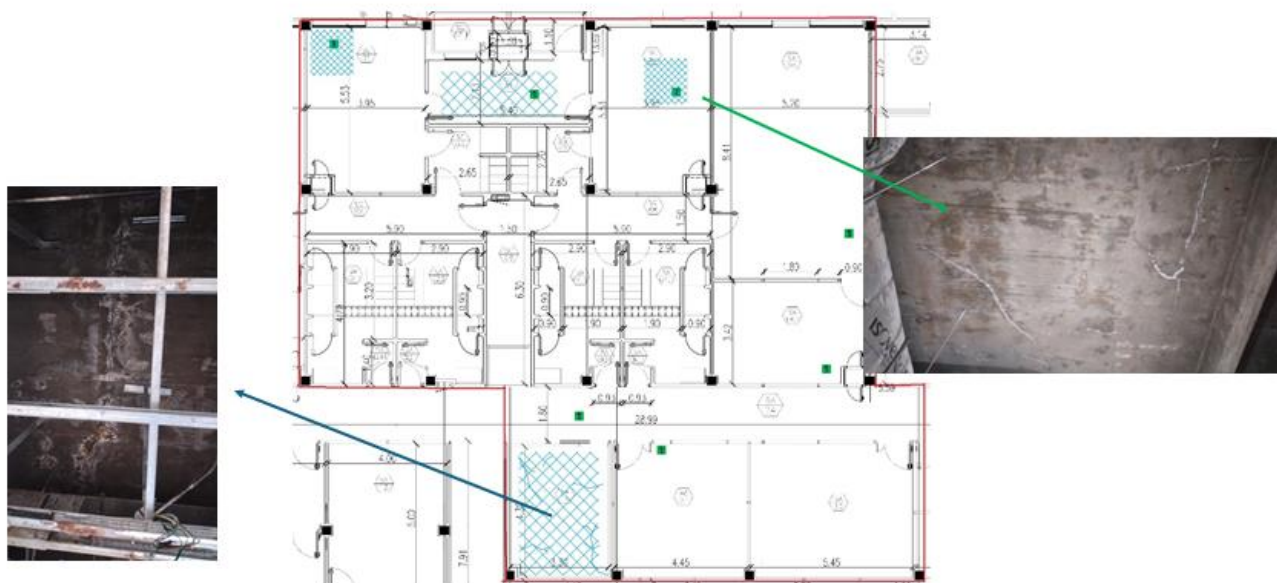


Figura 15 | Patologías Sector 6- Laboratorios

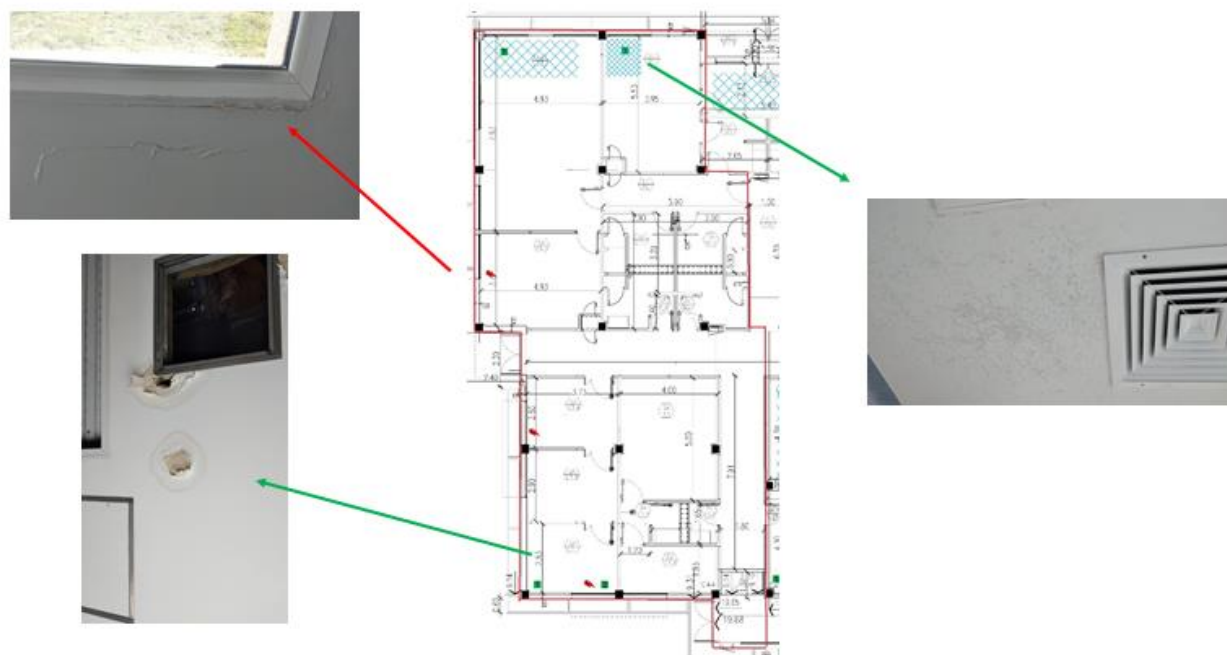


Figura 16| Patologías Sector 7- Laboratorios



Figura 17| Situación de impermeabilización de la cubierta sobre sector 2

Conclusiones

En este trabajo se presenta el relevamiento de patologías del edificio de la Unidad de Investigación Avícola de la EEAA INTA de Concepción del Uruguay, para lo cual se elaboró un protocolo de inspección tomando como guía la norma brasilera ABNT NBR 16747:2020. Se dividió el edificio en siete sectores y se realizaron dos visitas que incluyeron la inspección visual y la toma de datos en planillas especialmente diseñadas para ello y el relevamiento fotográfico.

Del análisis y discusión de los resultados surgieron las siguientes recomendaciones, teniendo en cuenta que gran parte de las patologías y las más graves fueron causadas por filtraciones de agua en la losa de techo a causa del deterioro de la membrana de impermeabilización existente:

1) Atender los levantamientos de membrana expuestos en diferentes zonas o sectores, limpiando primeramente la zona afectada y colocando parches de membrana en estos lugares con control riguroso de una inspección profesional.

2) La segunda alternativa, que es más onerosa, se contempla en retirar toda la membrana de todo el techo del edificio para colocar nuevamente una impermeabilización de características similares o la que se seleccione como más favorable.

Referencias

- [1] Cook G., Hinks A. (1992). Appraising building defects: Perspectives on stability and hygrothermal performance. Longman Scientific & Technical.
- [2] Helene P., Pereira, F. (2003). Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón. Reparación, refuerzo y protección. Proyecto de difusión tecnológica. Brasil.
- [3] Rodríguez, F., Rodríguez, V., Astorqui, J., y De Mingo, P. (2004). Manual de patología de la edificación. Universidad Politécnica de Madrid. España.
- [4] Toledo, M., Ceballos, A., Serapio, L., Rougier, V. (2009). Mampostería reforzada con materiales compuestos. Tecnología y Ciencia, Universidad Tecnológica Nacional, 17, 60-66.
- [5] ACI CODE-562-19. (2019). Code Requirements for Assessment, Repair, and Rehabilitation of Existing Concrete Structures and Commentary. American Concrete Institute. USA.
- [6] Saleem, M., Abbas, S., Nehdi, M. (2019). Assessment of reinforced concrete slabs using in-situ load testing: A case study. Journal of Building Engineering 25.
- [7] ABNT NBR 16747:2020. (2020) Predial inspection — Guidelines, concepts, terminology and procedure. Asociación brasileña de normas técnicas. Brasil
- [8] Quintero, D. (2022). Técnicas de rehabilitación de muros de mampostería. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Civil. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- [9] Luccioni B, Rougier V. (2011). In-plane retrofitting of masonry panels with fiber reinforced composite materials. Experimental results. Revista: Construction and Building Materials, 25 (2011) 1772-1788.
- [10] Luccioni, B., Rougier, V. (2013) Numerical analysis of fibre reinforced polymer retrofitted masonry panels. ENGINEERING STRUCTURES, Vol.49 : 360 - 372.
- [11] Esmaeeli, E., Manning, E., Barros, J. (2013). Strain hardening fibre reinforced cement composites for the flexural strengthening of masonry elements of ancient structures. Construction and Building Materials 38: 1010–1021.
- [12] Bengi Arisoy, B., Ercan, E., Demir, A. (2015). Strengthening of brick masonry with PVA fiber reinforced cement stucco. Construction and Building Materials, 79: 255–262.
- [13] Shabdin, M., Zargaran, M., Attari, N. (2018). Experimental diagonal tension (shear) test of Un-Reinforced Masonry (URM) walls strengthened with textile reinforced mortar (TRM). Construction and Building Materials 164: 704–715.
- [14] Antonio Borri, A., Corradi, M., Castori, G., Molinari, A. (2019). Stainless steel strip – A proposed shear reinforcement for masonry wall panels. Construction and Building Materials, 211: 594–604.
- [15] Abdeldayem Hadhooda, Agamy, A., Abdelsalama, M., Mohameda, H., Aly El-Sayed, T. (2019). Shear strengthening of hybrid externally-bonded mechanically-fastened concrete beams using short CFRP strips: Experiments and theoretical evaluation. Engineering Structures 201.
- [16] Aljazeera, Z., Janke, M., John J. Myers, J. (2019). A novel and effective anchorage system for enhancing the flexural capacity of RC beams strengthened with FRCM composites. Composite Structures, 210: 20–28.
- [17] Coccia, S., Di Carlo, F., Imperatore, S. (2020). Masonry Walls Retrofitted with Vertical FRP Rebars. Buildings 10, 72; doi:10.3390/buildings10040072.

[18] Maras, M., Kose, M. (2020) Structural Behavior of Masonry Panels Strengthened Using Geopolymer Composites in Compression Tests. Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering <https://doi.org/10.1007/s40996-020-00433-6>.

[19] Lucchini, S., Facconi, L., Minelli, F., Plizzari, G. (2020).Retrofitting unreinforced masonry by steel fiber reinforced mortar coating: uniaxial and diagonal compression tests.Materials and Structures, 53:144:1-22.

Modelación hidrodinámica de flujos bidimensionales en áreas urbanas. Aportes a la gestión territorial de la ciudad de Concordia.

Hydrodynamic modeling of two-dimensional flows in urban areas. Contributions to the territorial management of the City of Concordia.

Presentación: 30/09/2025

María Eugenia Garat

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina
eugarat@yahoo.com.ar, eugarat@frcon.utn.edu.ar

Pablo Paskosky

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina
ppaskosky@frcon.utn.edu.ar

Sebastián Scevola

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina
sscevola@hotmail.com

Ignacio Villanueva

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Instituto de Hidrología de Llanuras. Argentina
ivillanueva@ihlla.org.ar

Erika Bouche

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina
eribouche@gmail.com

Juan Andrés García Camaño

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina
juandres2002@gmail.com

Araceli Ramirez

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina
aracelisandrasoledadramirez@gmail.com

Resumen

El proyecto propone ampliar la cobertura de vuelos con vehículos aéreos no tripulados (VANT o drones) para la generación del Modelo Digital de Terreno de una cuenca semi urbanizada de Concordia, analizando diferentes algoritmos de filtrado propuestos por la bibliografía especializada, y evaluando su impacto en la calidad del MDE. En base a esta información, se delimitarán y caracterizarán las cuencas hidrográficas urbanas y rurales, incorporando esta información a la Infraestructura de Datos Espaciales del municipio (IDE Concordia). En este contexto, se resalta la carencia actual de información a escala de cuenca hidrográfica, muy especialmente la información de dominio público, que se encuentra dispersa en distintos organismos y empresas privadas dedicadas a la planificación, gestión y diseño de sistemas hidrológicos. El proyecto se orienta a la

implementación de un modelo hidrodinámico bidimensional de uso libre en el área de estudio seleccionada, constituyendo el primer antecedente de este tipo de en nuestra región. A partir del desarrollo de estas actividades se espera contribuir a ampliar la base de datos de información geográfica de nuestro territorio, para su libre acceso y descarga desde el catálogo de metadatos. También, contribuir a la formación de recursos humanos en el uso de sistemas de información geográfica y teledetección, procesamiento de imágenes provenientes de vuelos VANT y modelación hidrológica e hidrodinámica unidimensional y bidimensional.

Palabras clave: modelo hidrológico, modelo hidrodinámico bidimensional, modelo digital de terreno, vuelos aéreos no tripulados.

Abstract

The project aims to expand UAV (Unmanned Aerial Vehicle) flight coverage for generating a Digital Terrain Model (DTM) of a semi-urbanized watershed in Concordia. It includes the analysis of various filtering algorithms referenced in specialized literature and the evaluation of their impact on DTM quality. Based on the resulting data, urban and rural watersheds will be delineated and characterized, with this information integrated into the municipality's Spatial Data Infrastructure (IDE Concordia).

In this context, the current lack of watershed-scale data is highlighted, particularly publicly available information, which is often scattered across different government agencies and private companies involved in the planning, management, and design of hydrological systems. The project focuses on implementing an open-access two-dimensional hydrodynamic model in the selected study area, constituting the first initiative of its kind in the region.

By carrying out these activities, the project seeks to contribute to the expansion of the region's geographic data infrastructure, enabling free access and download through the metadata catalog. It also aims to support the training of human resources in the use of geographic information systems (GIS), remote sensing, processing of UAV-derived imagery, and both one-dimensional and two-dimensional hydrological and hydrodynamic modeling.

Keywords: hydrological model, two-dimensional hydrodynamic model, Digital Terrain Model (DTM), unmanned aerial flights.

Introducción

Uno de los principales impactos del proceso de urbanización es el crecimiento de las superficies impermeables, que genera el incremento de los volúmenes y caudales máximos de escurrimiento superficial. Estos cambios en el uso del suelo se ven agravados por factores tales como la ocupación no planificada, especialmente en aquellas áreas potencialmente inundables. Por otra parte, son previsible los incrementos en la intensidad y frecuencia de los eventos extremos como consecuencia del cambio climático. Por estos motivos, en muchas ocasiones resulta excedida la capacidad de los sistemas de desagües pluviales existentes, incrementando el riesgo de inundaciones urbanas.

La implementación de modelos hidrológicos e hidrodinámicos como herramientas de planificación y gestión adquiere gran relevancia en este contexto (Singh & Woolhiser, 2002), con el fin de estimar los efectos de las crecidas urbanas y prevenir o mitigar sus potenciales impactos. (Singh, 2005) propone una clasificación según la consideración o no de la aleatoriedad involucrada en los fenómenos: a) determinísticos o b) probabilístico (estocásticos y estadísticos), según la discretización de la cuenca y de los fenómenos involucrados: concentrados (empíricos/conceptuales) o distribuidos (físicamente basados), y paramétricos (Riccardi, et al., 2013)

Los modelos hidrodinámicos permiten estimar los valores que asumen las variables hidráulicas (tirante, velocidad, caudal, entre otras) en una sección determinada, mediante la resolución por métodos numéricos de ecuaciones diferenciales formuladas a partir de un conjunto de hipótesis simplificadoras. Cuanto mayor sea la adaptación de las ecuaciones de partida y el esquema numérico adoptado para su resolución al fenómeno real, mejor será la aproximación de los resultados de la modelación a la realidad (Cea & Bladé, 2014)

Cuando el escurrimiento a superficie libre se orienta en una dirección predominante resulta adecuada la implementación de modelos unidimensionales (M1D). En este tipo de modelos, que fueron los primeros en desarrollarse, los valores de tirante y velocidad son únicos en cada sección transversal. Las simplificaciones asumidas en las ecuaciones gobernantes del escurrimiento son realistas cuando hay suficiente pendiente.

En aquellos casos en que predomina el movimiento bidireccional la hipótesis de unidimensionalidad no resulta apropiada y se recurre a la implementación de modelos matemáticos bidimensionales (o cuasi bidimensionales). Este tipo de modelos es aplicable a superficies con pendientes relativamente bajas, cauces poco definidos, efectos de remanso o de viento relevantes, donde el tirante y la velocidad pueden variar significativamente en el ancho de la sección transversal, y predominan las dimensiones horizontales sobre la vertical. Típicamente, los modelos bidimensionales resuelven las ecuaciones de Saint Venant para flujos de agua poco profundas, basándose en la conservación de masa y cantidad de movimiento.

Según (Riccardi, et al., 2013) la principal ventaja de estos modelos es la representación explícita de los mecanismos de generación de escurrimiento, en función de los procesos físicos de forma espacialmente distribuida. Como ejemplos pueden mencionarse Topkapi (Liu, et al., 2005), Lisflood (De Roo, et al., 2000) o CASC 2D (Julien & Saghafian, 1991).

El desarrollo de modelos numéricos bidimensionales para flujos superficiales no estacionarios es muy extenso, empleándose diferentes técnicas computacionales como diferencias finitas, elementos finitos y volúmenes finitos.

Pese a la gran cantidad de modelos matemáticos disponibles para resolver las ecuaciones de Saint Venant, según destacan (Collazos, et al., 2018), no son tantos los códigos robustos y de uso libre. La resolución numérica de las ecuaciones en derivadas parciales requiere métodos numéricos capaces de capturar frentes o discontinuidades viajeras como saltos hidráulicos y ondas de crecida sobre cauces inicialmente secos o de topografía muy irregular.

Dentro de las opciones de software libre se destacan IBER (2018) y RiverFlow2D (2018), que utilizan resolvedores aproximados explícitos para el problema de discontinuidad de Riemann (Toro, 2001) en mallados estructurados y no estructurados de volúmenes finitos triangulares, mientras que HEC-RAS (2018) usa un método implícito en mallas estructuradas cuadrangulares o cartesianas que incluye celdas irregulares de hasta ocho lados en los límites del dominio o break-lines, o en las proximidades de polígonos con mallado más fino. La última versión de HEC-RAS también permite un paso de tiempo variable o adaptado al criterio explícito de CFL.

Los resultados de la modelación hidrodinámica están fuertemente condicionados por la calidad del Modelo Digital de Elevaciones (MDE), utilizado como información de base para la representación del terreno y para la ubicación de zonas propensas a inundaciones.

En la modelación del escurrimiento superficial de áreas urbanas la representación detallada del terreno es determinante. Según estudios realizados por (Sampson, et al., 2012) se requiere una resolución menor o igual a 1 metro para representar adecuadamente el sistema de calles, muros y cunetas en el entorno urbano.

Actualmente, la disponibilidad creciente de los vehículos aéreos no tripulados (VANT), más conocidos como drones o por sus siglas en inglés UAV (unmanned aerial vehicle) dotados de cámaras de muy alta resolución los

ha convertido en una fuente potencial de datos de elevación del terreno alcanzando resoluciones espaciales del orden de pocos centímetros, adecuadas para estudios de drenaje urbano (Leitão, et al., 2009).

Otra forma de adquisición de datos para la creación de MDE de gran resolución espacial es el empleo de sensores LiDAR (Light Detection and Ranging) incorporados en UAV. Según reporta (Morlanes, 2021) la densidad de puntos de la cobertura obtenida por LiDAR transportado por UAV puede alcanzar un orden de magnitud cuatro veces mayor que los recogidos por un sensor LiDAR aeroportado (ALS). Se trata de un método de teledetección activa, mediante el cual se emiten pulsos de luz láser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) desde la plataforma aérea.

Como resultado final de las campañas de vuelos VANT (LiDAR o cámaras de alta resolución) se obtienen nubes de puntos georeferenciados: un grupo de puntos tridimensionales en general atributos asociados como la intensidad del retorno o la información de color cuando los sensores láser se integran con cámaras digitales. Según destacan (Pingel, et al., 2013) el desafío con tales nubes de puntos es que rara vez son útiles en sí mismas, sino que deben procesarse y transformarse en modelos terrestres y representaciones de objetos como edificios y árboles. Las nubes de puntos se procesan y clasifican para generar Modelos Digitales del Terreno (MDT), y los Modelos Digitales de Superficie (MDS) que incluyen todos los elementos naturales y artificiales existentes sobre el terreno.

Se han desarrollado y publicado gran cantidad de algoritmos destinados a filtrar los datos de las nubes de puntos para identificar los valores correspondientes al terreno natural. Según (Pingel, et al., 2013) la mayoría de los algoritmos de filtrado se desempeñan relativamente bien en terrenos no construidos e indiferenciados, pero el tratamiento resulta más dificultoso en entornos urbanos complejos y/o altamente accidentados.

La calidad de los modelos digitales de elevación se encuentra condicionada por los algoritmos de filtrado empleados, presentando cada método sus ventajas y limitaciones. Dado que cada algoritmo se ha generado para una aplicación específica, está determinado por distintas variables, como la pendiente del terreno, cobertura de suelo o densidad de puntos y al respecto no se cuenta con demasiadas referencias bibliográficas que orienten la selección de las variables (Morlanes, 2021).

Los algoritmos de filtrado pueden clasificarse en cuatro tipos básicos, en función de sus métodos de computación (Martínez Blanco, 2016). Los filtros morfológicos que describen cuantitativamente las estructuras geométricas según un conjunto de operadores (morfología matemática). Los filtros de densificación progresiva, que reconstruyen progresivamente incorporando puntos sucesivos dentro de una TIN (Triangulated Irregular Network). Filtros basados en superficies que asumen inicialmente que todos los puntos pertenecen al suelo y proceden a eliminar progresivamente aquellos que no deberían formar parte de él. Por último, los filtros de segmentación, que agrupan puntos en objetos de características geométricas similares. En zonas urbanas se obtiene un mejor reconocimiento de patrones empleando filtros de segmentación junto a algoritmos de aprendizaje automático. Mientras que en zonas de pendientes pronunciadas hay evidencia de que los algoritmos de segmentación y filtros basados en superficies tienen un mejor desempeño (Martínez Blanco, 2016) en (Morlanes, 2021).

En la bibliografía internacional especializada se registran muchas propuestas de clasificación de los algoritmos de filtrado del terreno. Como ejemplo se mencionan clasificaciones según la metodología empleada (Liu, 2008): filtros basados en interpolación, filtros basados en pendiente, filtros morfológicos. (Meng, et al., 2010) identifican los atributos clave en que difieren los algoritmos de filtrado, si utilizan el conjunto de retornos LiDAR o alguno de los retornos en particular, y si la interpolación de una superficie se realiza a partir de los datos sin procesar en base a una estructura de datos cuadrículada. (Pingel, et al., 2013)

En particular se destaca entre los antecedentes el filtro morfológico simple (smrf por sus siglas en inglés Simple Morphological Filter) para la generación del modelo digital de terreno (Pingel, et al., 2013) utilizada por Open Drone Map (código abierto de procesamiento de imágenes capturadas con drones). Este filtro smrf se puede controlar mediante varios parámetros: Valor de escala smrf-scalar, en terrenos con mucha variación de altura. Parámetro de pendiente smrf-slope, Umbral de elevación smrf-threshold que limita la altura mínima (en metros) de los objetos que no corresponden al terreno natural y Parámetro de radio de ventana smrf-window (en metros) que corresponde al tamaño de la característica más grande (edificio, árboles, etc.) que se eliminará de la nube de puntos.

Posteriormente a las operaciones involucradas por los algoritmos de filtrado, la generación del modelo digital de elevaciones se realiza utilizando diferentes metodologías de interpolación, que determinan diferencias en los resultados y pueden influir en la calidad del modelo generado.

Desarrollo

Cuenca de estudio

Para la implementación del modelo hidrodinámico se seleccionó a la cuenca del Arroyo Ayuí Chico (Figura 1) ubicada al noreste del área urbana, la cual abarca una superficie de 2160 ha.

Se adoptó esta cuenca piloto por contar con una zona extensa de pendiente relativamente baja sujeta a las inundaciones del río Uruguay, según puede observarse en la Figura 1, que presenta un mosaico de imágenes georeferenciadas correspondientes a la crecida 2015-2016 (Fuente Google Earth - Imágenes históricas: fecha de captura 01/01/2016). Es esperable que las componentes de la velocidad en ambas direcciones tengan órdenes de magnitud similares, condición recomendable para la implementación de un modelo bidimensional.

En cuanto a los usos del suelo de la cuenca, se trata de un área semiurbanizada, que de acuerdo al Código de Ordenamiento Urbano y Territorial de la Municipalidad de Concordia, incluye usos residenciales a consolidar, rurales de producción agraria y paisajes protegidos.

En el sector Este, próximo a la desembocadura del Arroyo Ayuí Chico, se encuentra un barrio de creciente urbanización no planificada (Pampa Soler). Según los datos aportados por Registro Nacional de Barrios Populares (ReNaBaP) en este barrio viven 583 familias que no cuentan con ninguna seguridad en la tenencia de las viviendas, con conexión irregular a la energía eléctrica, red de agua, el desagüe de efluentes sólo a pozo negro/ ciego u hoyo. Para cocinar se utiliza gas en garrafas y la calefacción es con leña o carbón.

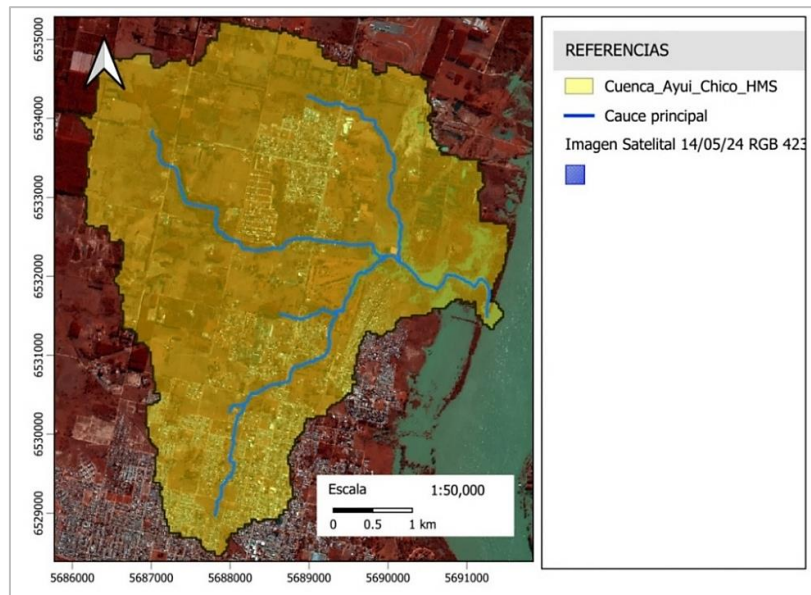


Figura 1.- Cuenca Ayuí Chico - Concordia, Entre Ríos

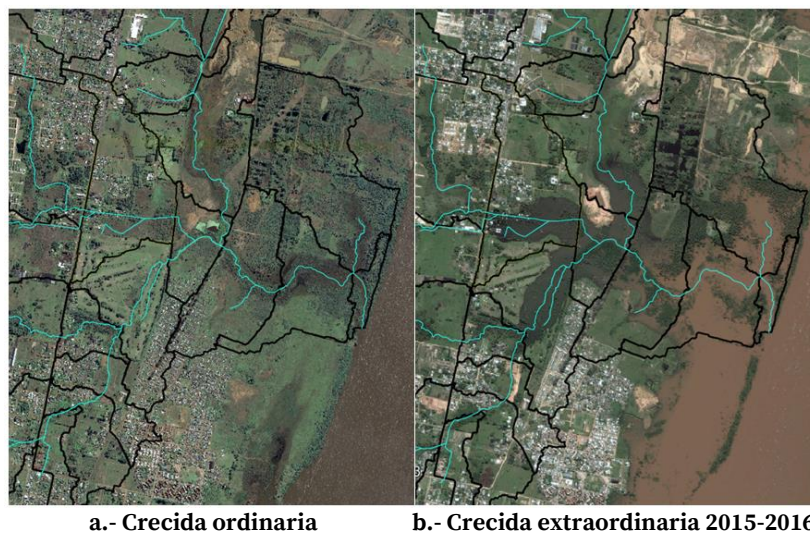


Figura 2.- Afectación de las subcuencas piloto por la crecida 2015-2016

Tormentas de diseño

Los parámetros de respuesta de la cuenca de aporte determinan la duración crítica de la tormenta de diseño, la cual debe abarcar un intervalo de tiempo suficiente para que toda la cuenca contribuya al escurrimiento superficial. La duración total debe ser mayor o igual al tiempo de concentración de la cuenca.

En el caso de las áreas de aporte de la cuenca Ayuí Chico se estimaron tiempos de concentración de hasta una hora, por lo cual se adoptó una duración de las tormentas de diseño de 6 horas, de manera tal que se desarrollen las pérdidas por infiltración, y que todas las áreas de aporte contribuyan al escurrimiento superficial.

La tormenta de proyecto fue generada a partir del método de bloques alternos, uno de los más difundidos para desarrollar un patrón de distribución temporal a partir de la curva intensidad-duración-recurrencia. El hietograma sintético generado a través de este método proporciona las láminas precipitadas en cada intervalo de tiempo en que se divide a la duración total de la tormenta de diseño. El bloque de mayor intensidad se ubica generalmente en el centro del hietograma, y los restantes bloques se distribuyen en forma alternada en torno al centro de la tormenta.

Para los períodos de retorno analizados ($Tr = 10, 25$ y 50 años) y la duración total de la tormenta de diseño ($d=6$ horas) se calculó la intensidad de precipitación (i en mm/h) utilizando la relación I-D-T de tipo Sherman determinada para la localidad de Concordia, la cual corresponde a la Ecuación (1).

$$i = \frac{652.4 \cdot Tr^{0.26}}{(d + 5)^{0.71}} \quad (1)$$

A partir de la misma se determinaron las láminas precipitadas correspondientes a intervalos de tiempo de 10 minutos, obteniéndose los hietogramas de diseño que se presentan en la Figura 3. La precipitación acumulada correspondiente a estos hietogramas arroja valores de 108 mm para la tormenta de 10 años de recurrencia, 137 mm para la de 25 años y 164 mm para un período de retorno de 50 años.

Implementación del modelo hidrológico HEC HMS

Delimitación de cuencas hídricas

Debido a que el modelo digital de terreno resultante de la campaña de vuelos VANT del IGN realizada en el año 2021 (de 0,50m de resolución) no cubre la totalidad de la cuenca Ayuí Chico, durante el segundo año del proyecto de investigación se analizaron distintos modelos digitales de elevación, globales y locales.

Modelo MDEAr

Para la delimitación de la topografía general de la cuenca Ayuí, y de otras cuencas de mayor jerarquía en la zona de influencia del éjido de Concordia se utilizó el Modelo Digital de Terreno de la Argentina MDE-Ar elaborado por IGN, de 30 metros de resolución espacial.

MDE-AR v2 proviene del modelo global generado por JAXA¹ en el marco del proyecto “ALOS World 3D”², e incorpora correcciones realizadas por IGN para mejorar su calidad en el territorio nacional y para vincularlo al marco altimétrico nacional (SRVN16). Es de libre descarga desde la página del IGN³ y sus principales características se resumen en (IGN, 2019)⁴.

Se destaca aquí que si bien la mejor resolución espacial del proyecto ALOS global es de 5 metros⁵, su marco de referencia vertical (EGM96: Earth Gravitational Model 1996) no es el mismo que utiliza la República Argentina (SRVN16).

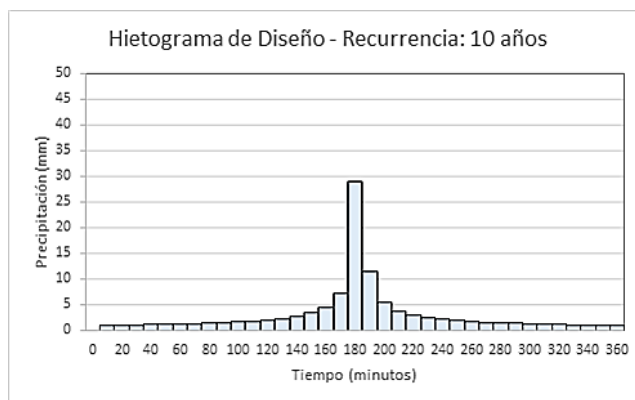
¹ JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency

² ALOS: Advanced Land Observing Satellite “DAICHI”: 3 millones de imágenes a nivel global

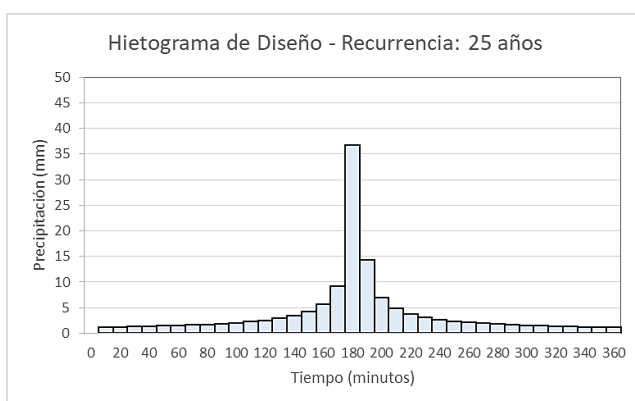
³ <https://www.ign.gov.ar/category/tem%C3%A1tica/geodesia/mde-ar>

⁴ https://www.ign.gov.ar/archivos/Informe_MDE-Ar_v2.0_30m.pdf

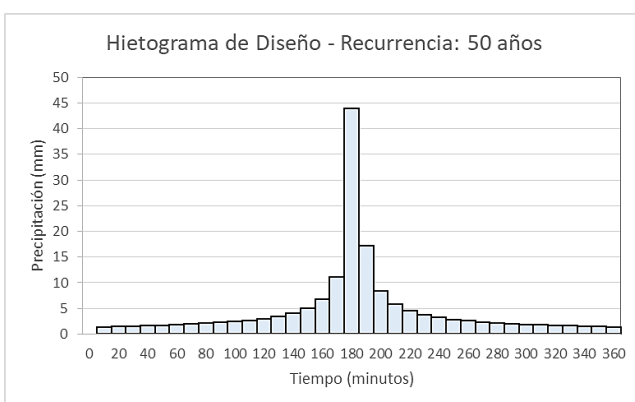
⁵ https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/dataset/aw3d_e.htm



a.- Duración: 360 minutos - Tr: 10 años



b.- Duración: 360 minutos - Tr: 25 años



c.- Duración: 360 minutos - Tr: 50 años

Figura 3.- Hietogramas de diseño

En este proyecto se adoptó MDE-Ar para discretizar las cuencas de mayor jerarquía, dado que si bien su resolución espacial es más baja (30m vs 5m), está referido el marco altimétrico nacional SRVN16. Según se indica en (IGN, 2021)⁶ MDE-Ar v2 presentó algunas inconsistencias a lo largo del territorio nacional, por lo cual se implementó un proceso de corrección para minimizarlas (filtrado y sustracción de errores no eliminados) generándose el MDE-Ar v2 2021.

La generación del modelo digital de terreno involucró la descarga de las teselas individuales que cubren la zona de influencia de Concordia y sus principales arroyos, su combinación en un raster único, y el recorte

⁶ https://www.ign.gov.ar/archivos/Informe_MDE-Ar_v2.1_30m.pdf

utilizando una máscara para limitar el análisis a la margen argentina. En la Figura 4 se muestra el modelo digital de terreno recortado sobre margen derecha (MDE_Ar_MD) que se utilizó para delimitar las cuencas de mayor jerarquía en el territorio argentino.

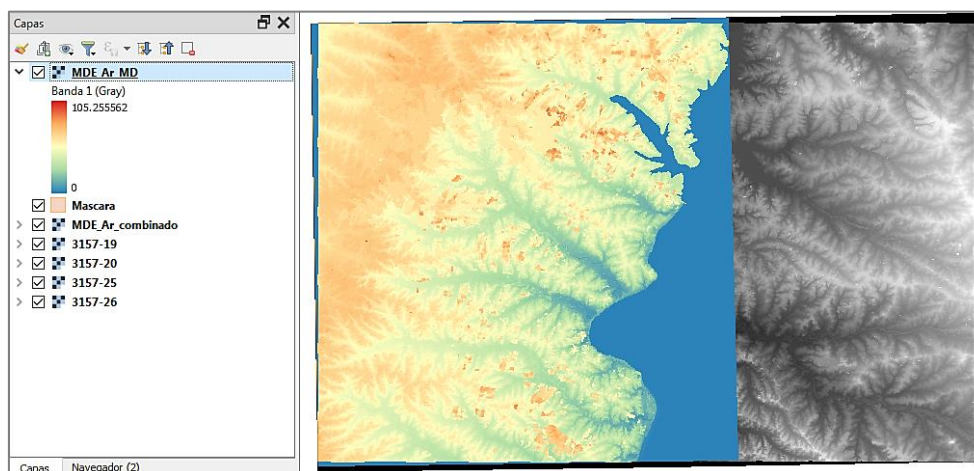


Figura 4.- MDE-Ar de margen derecha

Inicialmente se delimitaron las subcuencas de aporte adoptando un tamaño mínimo de 100ha, y luego fueron agrupadas en cuencas de mayor jerarquía asociadas a los principales arroyos que descargan al río Uruguay en el sector analizado.

Para la delimitación se utilizaron los algoritmos QGIS incluidos en GRASS/RASTER/r.watershed. Como capa de entrada se utilizó el modelo de terreno hidrológicamente acondicionado sin sumideros (MDE_Ar_fill), generándose los siguientes archivos:

- Sub_100 ha: raster de subcuencas.
- Stream_100ha: raster de los cursos de agua

Tanto las subcuencas como sus cursos de agua asociados, de dimensiones mayores a 100 ha se vectorizaron utilizando el algoritmo *GRASS/RASTER/ r.to.vector*. Como se mencionó anteriormente, las cuencas de mayor jerarquía asociadas a los principales cursos de agua se obtuvieron agrupando las subcuencas de menores dimensiones. Las mismas se presentan en la Figura 5, donde se eliminaron todos los aportes menores al Río Uruguay y al perillago de Salto Grande.

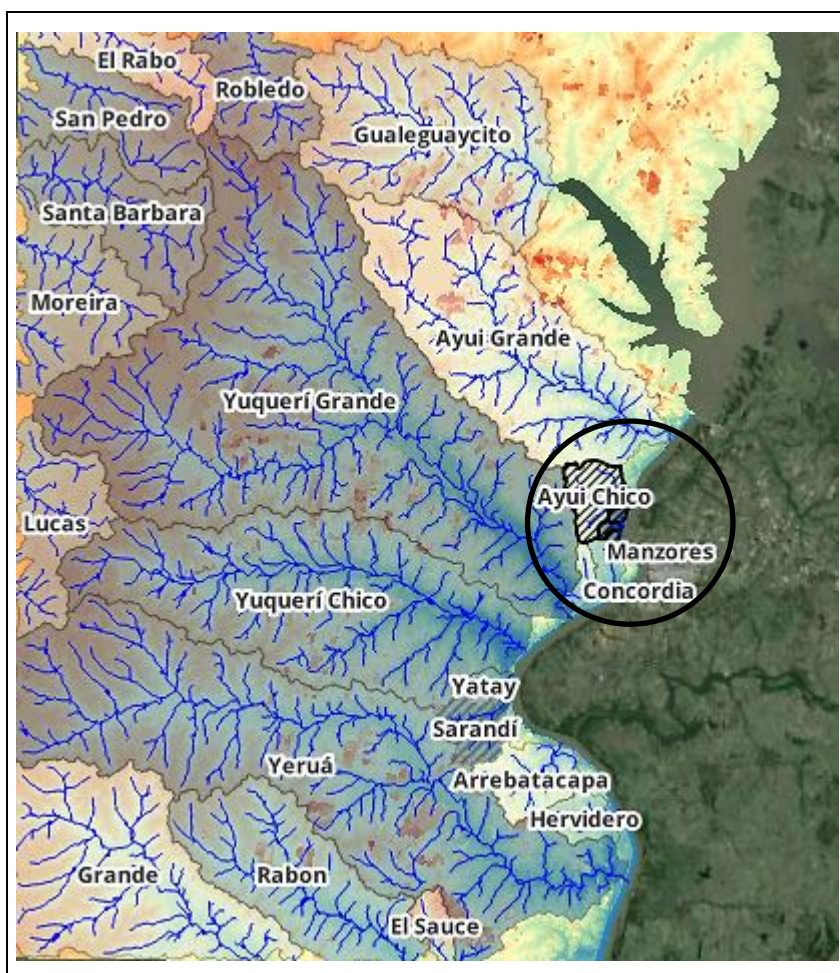
MDT LIDAR CTM

Debido a que MDEAr tiene una resolución de 30 metros, resulta insuficiente para caracterizar la topografía de detalle en las zonas de influencia de los cursos de macrodrenaje, que tienen anchos variables entre 5 metros en las nacientes a 15 a 30 metros en la desembocadura. Resultando necesario un modelo más detallado, en el mes de Julio de 2024 se efectuó una solicitud formal a la Delegación Argentina de la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande (CTM), de los datos provenientes de un vuelo LiDAR realizado en el año 2019 sobre el perillago de Salto Grande y zonas inundables de las localidades de Concordia y Salto.

En el mes de Septiembre de 2024 se firmó un Acuerdo de confidencialidad respecto a la información proporcionada por Salto Grande, donde el Grupo de Investigación en Hidrología e Hidráulica Aplicada asume la responsabilidad de no reproducir, modificar, hacer pública o divulgar a terceros la información objeto del acuerdo sin previa autorización escrita y expresa de la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande, ya sea en forma oral, gráfica o escrita y, en estos dos últimos casos, contenida en cualquier documento o cualquier soporte. La publicación en medios físicos o electrónicos, en revistas o congresos científicos necesitará expresa conformidad

de las partes sobre el texto a publicar con indicación de origen y autoría. La propiedad intelectual sobre los informes y estudios desarrollados por la UTN en virtud de este Convenio de Confidencialidad será de la UTN. Los informes y publicaciones que elabore el UTN de conformidad con este Convenio de Confidencialidad deberán en todos los casos identificar el proyecto señalado en la Cláusula Primera, y mencionar el apoyo de CTM.

LiDAR (Light Detection and Ranging) es un sistema activo de detección remota. Está basado en un sensor láser provisto de un emisor de pulsos y un receptor, midiendo el tiempo transcurrido entre la emisión de un pulso de energía y su recepción, tras reflejarse por algún elemento en la superficie terrestre. La velocidad de propagación de dicho pulso es conocida, por lo cual es posible determinar la distancia entre la emisión del pulso y los objetos impactados. Como cada pulso láser registra múltiples retornos, es posible generar información precisa del terreno y otros hechos existentes, incluso en zonas con presencia de densa vegetación.



Cuenca	Área (ha)
Concordia	723,07
Yatay	732,12
Manzores	784,74
El Sauce	1368,13
Hervidero	1715,74
Ayui Chico	2158,11
Sarandí	2346,55
Arrebatacapa	3558,69
El Rabo	5885,30
Robledo	7127,57
Lucas	7942,48
San Pedro	9556,27
Santa Barbara	10790,35
Moreira	10847,82
Rabon	15075,24
Gualeguaycito	22557,56
Grande	23588,64
Ayui Grande	26351,62
Yuquerí Chico	34982,45
Yeruá	53895,33
Yuquerí Grande	72874,27

Figura 5.- Zona de implementación del modelo 2D

De acuerdo a los datos reportados por (Collazos, et al., 2021) el sensor fue montado en un avión monomotor modelo Cessna 206H. Las distancias registradas por el sensor LiDAR se combinaron con un sistema inercial (IMU) y datos de posicionamiento global de navegación por satélite (GNSS) para obtener de forma precisa la posición y la trayectoria realizada por el avión, y corregir cambios de actitud de este, utilizando una red de apoyo junto con puntos de control para ajustar y evaluar la nube de puntos generada.

Uno de los productos resultantes de este relevamiento LIDAR es un modelo digital de terreno, que se encuentra disponible con resoluciones de 1m y 5 m. Ambos fueron proporcionados al Grupo de Investigación,

acotados a los límites de la cuenca Ayuí. Para generar el terreno de referencia de la Cuenca Ayuí Chico se seleccionó una resolución de 1 metro. Las teselas individuales proporcionadas por Salto Grande se encuentran referidas al cero de la escala hidrométrica del ex Ministerio de Obras Públicas de la Nación (MOP). Utilizando la calculadora raster de QGIS se refirieron las cotas al cero de la escala hidrométrica del IGN utilizando la equivalencia indicada en la Ecuación (2) (Fuente: Área de Hidrología de Salto Grande)

$$MOP = IGN + 0,716 \quad (2)$$

En la Figura 6 puede observarse que el mosaico LiDAR no cubre toda la cuenca, por lo cual se completó el modelo hidrológico sumando los caudales de las áreas faltantes (del orden del 25% de la superficie de la cuenca), calculándolos a partir del Modelo Digital de Terreno elaborado por el IGN (MDE-Ar v2.0) que tiene una resolución espacial de 30 metros. Está previsto en etapas futuras la realización de vuelos VANT sobre estas áreas faltantes para mejorar la resolución espacial del modelo digital de elevaciones.

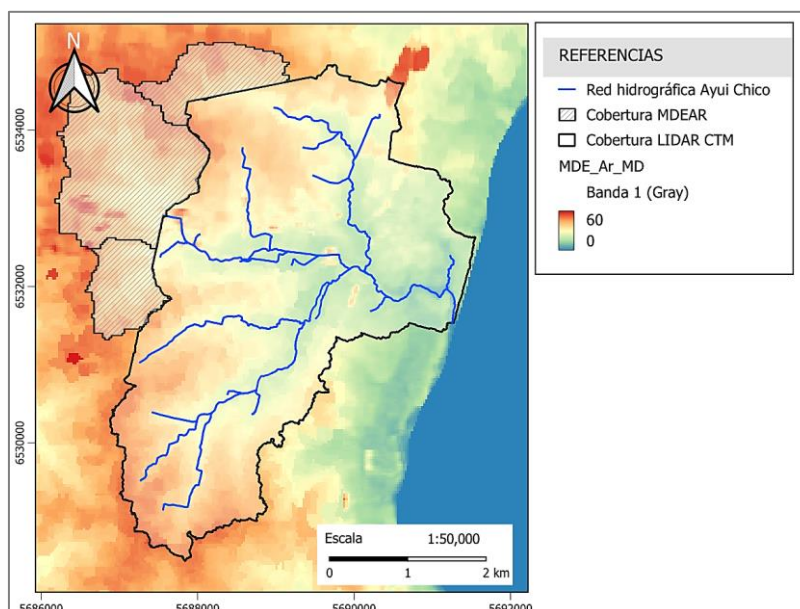


Figura 6.- Cobertura del vuelo LIDAR Salto Grande y zonas faltantes en cabeceras de cuenca

Red de drenaje

Se utilizaron las opciones de delineación automática de los cursos de la red de drenaje disponibles en QGIS y en HEC-HMS.

Sin embargo, luego de efectuado el contraste visual entre estos resultados y una imagen satelital de alta resolución (Pleiades) capturada en el año 2023, se optó por un método manual de delineación de los cauces, ya que en algunos casos se notaban diferencias apreciables entre ambos atribuibles a rectificaciones de los cauces posteriores al vuelo LIDAR.

Secciones de control

En la generación del modelo de cuenca incluido en el modelo hidrológico HEC HMS es necesario identificar al menos una sección de control sobre la red de drenaje, que se representa mediante un elemento denominado Break Point (punto de quiebre), el cual define el cierre de la cuenca hidrográfica y es requerido para poder realizar su delimitación automática. Los Break Points adicionales forzarán la delimitación de subcuencas en

correspondencia con dichas ubicaciones. En este caso se adoptaron como puntos de quiebre a las intersecciones entre los cauces con alcantarillas existentes, o en su defecto con las calles de la trama vial. Para ello se creó un archivo shapefile de puntos en QGIS en el que se identificaron las intersecciones de los cursos de agua delimitados con las alcantarillas o calles.

Delimitación de las subcuencas

Se generó un modelo de cuenca que utiliza como referencia los datos del modelo digital de terreno correspondiente al vuelo LiDAR referido al cero de la escala hidrométrica del IGN, utilizando las herramientas GIS de preproceso de sumideros y drenaje.

Mediante la herramienta Identify Streams se seleccionó un área aproximada de 0.25 km² (250 ha), importando los puntos de quiebre mediante Break Points Manager y finalmente delineando los elementos que integran el modelo de cuenca (red de drenaje y subcuencas de aporte). Se combinaron las cuencas de áreas muy pequeñas y se eliminaron pixeles aislados.

Mediante Junction Creation Tool se localizaron las uniones al principio y final de cada tramo de arroyo, procediendo a conectar hidrológicamente a todos los elementos del modelo de cuenca.

En la Figura 7 se presentan los elementos que integran el modelo de cuenca Ayuí Chico generado a partir de los datos del vuelo LiDAR CTM.

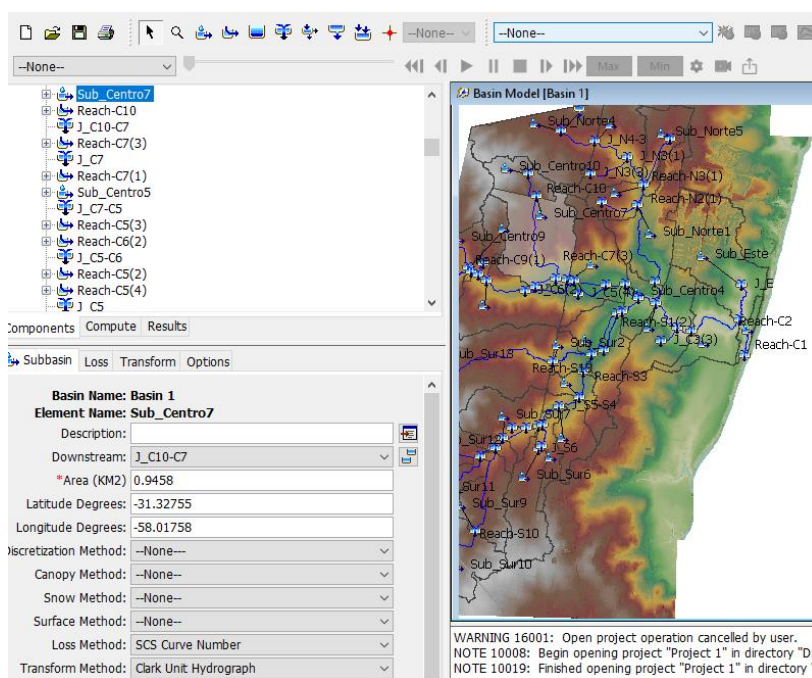


Figura 7.- Modelo de cuenca Ayuí Chico obtenido a partir del MDR LiDAR CTM

Perfiles transversales

En este caso se empleó el complemento Terrain profile disponible en QGIS para determinar los perfiles transversales de cada sección representativa de los cauces que integran la red de drenaje. Para ello se creó una nueva capa de archivos shapefile, (tipo de geometría lineal), donde se incorporaron los perfiles transversales de los tramos de arroyo. Posteriormente estas secciones complejas disponibles en formato tabular (xls) fueron convertidas a secciones simplificadas de ocho puntos, las cuales se ingresaron como pares de valores en las opciones Cross Sections del modelo HEC-HMS para el cálculo de los hidrogramas de diseño.

Propiedades de las subcuencas y tramos de arroyo

Utilizando las herramientas GIS del modelo HEC HMS se calcularon automáticamente los parámetros morfométricos de las subcuencas: área, longitud y pendiente del cauce principal, así como los parámetros geométricos de los tramos de arroyo: longitud y pendiente.

Modelo de Transformación Lluvia - Caudal

Se adoptó el método del Hidrograma Unitario de Clark, cuyos parámetros (Tiempo de concentración T_c y Coeficiente de Almacenamiento S_c) se determinaron automáticamente mediante las opciones de cálculo provistas por el modelo hidrológico HEC HMS.

Impermeabilidad futura

Se adoptaron los factores de ocupación de suelo (FOS) establecidos por el Código de Ordenamiento Urbano y Territorial de la ciudad de Concordia para estimar la impermeabilidad futura de las subcuencas. Estos porcentajes de áreas impermeables se encuentran zonificados en la Infraestructura de Datos Espaciales del Municipio (IDE Concordia).

A través de operaciones geoespaciales se determinó la impermeabilidad futura, en función de los Factores de Ocupación del Suelo contenidos en cada subcuenca. La Figura 8 permite observar la zonificación dentro de los límites de cuenca.

- En las zonas urbanizadas, el FOS máximo se limita al 60% y 50%. En la superficie restante, entre un 70% y un 75% será absorbente.
- Las vías principales están pavimentadas, el resto de las calles son de ripio.
- Las demás zonas son áreas de paisajes protegidos o rurales, con FOS muy pequeños o nulos.

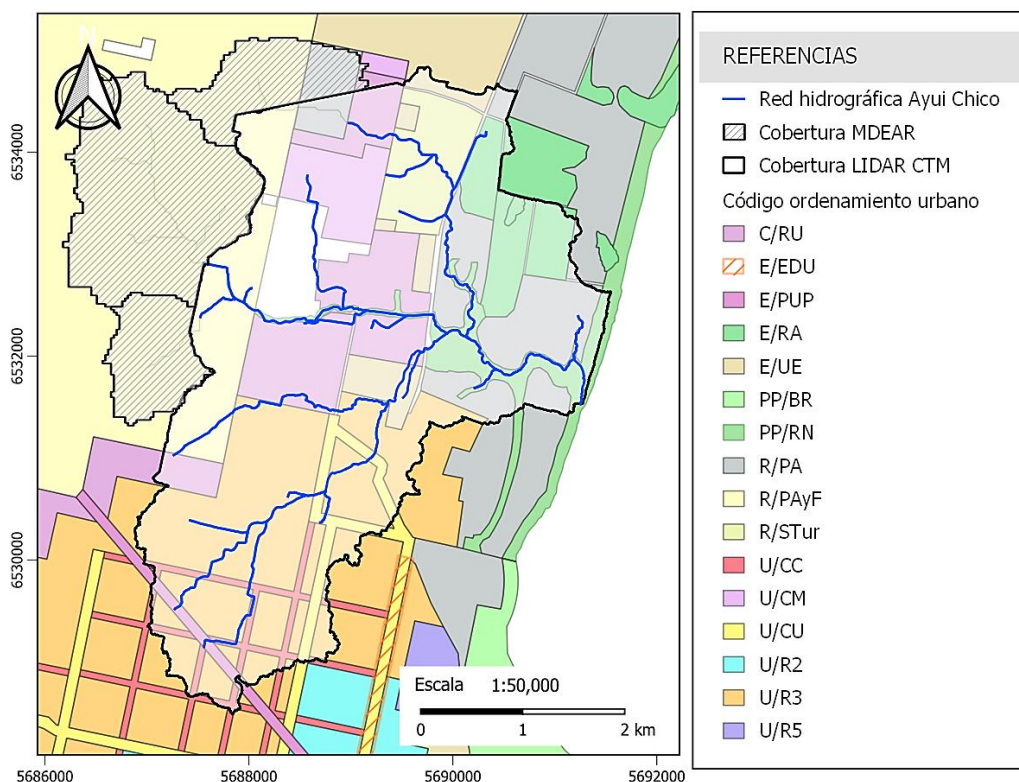


Figura 8.- Sectorización de los usos de suelo de acuerdo al Código de Ordenamiento Urbano.

Convenio UTN - CONAE

En el mes de septiembre de 2024 se celebró un acuerdo con la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), en el marco de un Acuerdo Marco celebrado en 2022 entre ambas instituciones. A través del mismo se adquirieron las credenciales para la descarga gratuita de datos, productos e imágenes de las misiones SAOCOM1A y 1B, SPOT 4, 5, 6, y 7, Pleiades, Pleiades Neo y PeruSat. A la fecha, se han descargado imágenes de interés correspondientes a la crecida del río Uruguay en el mes de mayo de 2024, y una imagen Pleiades de alta resolución (30 cm) con fecha 27/09/2023 que cubre todo el éjido de Concordia.

Estas imágenes se utilizaron para realizar las primeras tareas de procesamiento y estimación de los usos de suelo actuales de la cuenca empleando complementos de teledetección disponibles en QGIS (algoritmos de clasificación supervisada y no supervisada). En este sentido, se destaca que una de las futuras líneas de investigación planificadas por el Grupo GIHHA se orienta al desarrollo de temáticas vinculadas a la teledetección aplicada a recursos hídricos y riesgo de inundación.

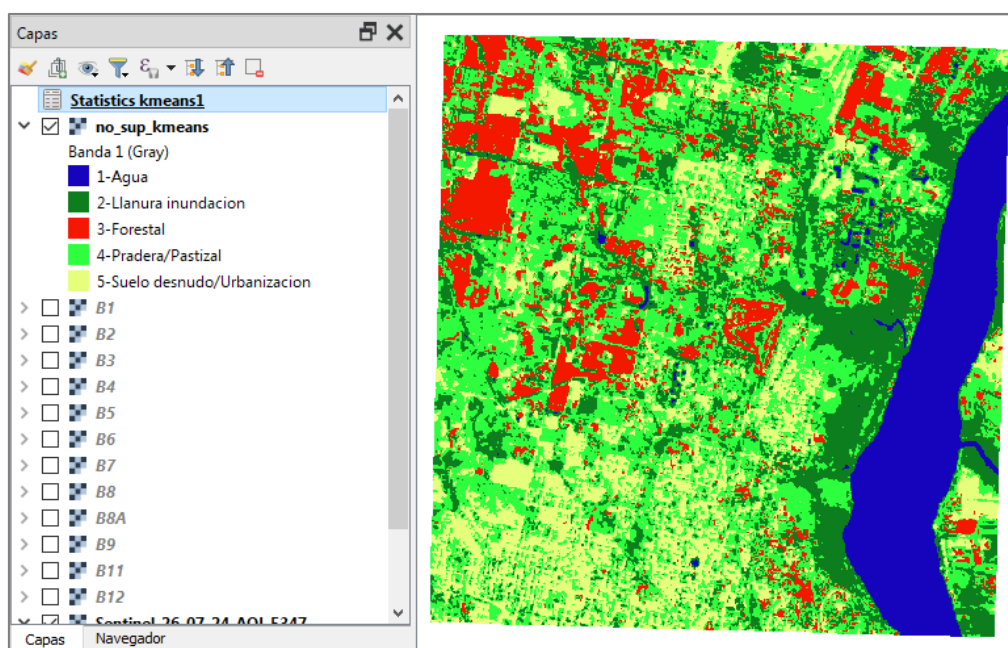


Figura 9.- Clasificación no supervisada de la zona de estudio

Pérdidas por infiltración

Se adoptó el método de Curva Número (CN) del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos (actualmente Servicio de Conservación de los Recursos Naturales NRSC). Para estimar este parámetro resulta necesario estimar en primera instancia el tipo de suelo, de acuerdo a su potencial de infiltración según el Grupo Hidrológico del suelo.

Para estimar la distribución espacial de los tipos de suelo de la cuenca, se utilizó la información disponible en la Carta Geológico Ambiental de la Ciudad de Concordia (Fuente: Servicio Geológico Minero – Provincia de Entre Ríos) publicada en la Infraestructura de Datos Espaciales de la Argentina. Específicamente se consideró la capa que representa la distribución espacial de las características geotécnicas de los suelos (“suelos_geot”) que se presenta en la Figura 10, de libre descarga desde el geoservicio wfs de la IDE Concordia.

Tomando como referencia los valores recomendados por el NRCS, de acuerdo al uso de suelo (Figura 8) y tipo de suelos (Figura 10) se determinó el valor de CN correspondientes a cada subcuenca.

Coeficientes de rugosidad superficial

Para la estimación del coeficiente de rugosidad superficial se consideraron los siguientes tipos de superficie (valores recomendados por Pedraza, 2007, p.5.28).

- Suelo desnudo - limo: n: 0,043.
- Suelo desnudo - arcilla: n: 0,048.
- Vegetación esparcida: n: 0.053 - 0.130
- Pradera natural: n: 0.010 - 0.320

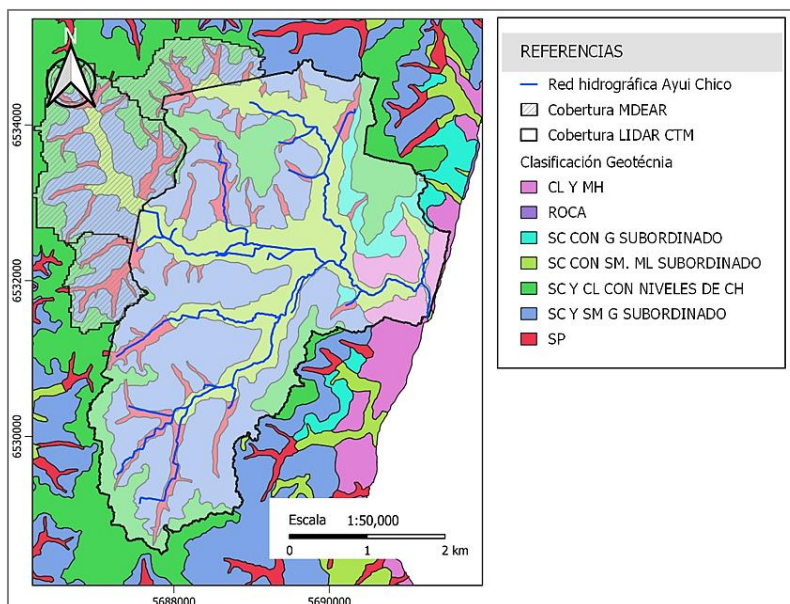


Figura 10.- Clasificación Geotécnica de los suelos (Fuente: IDE Concordia)

Generación de Hidrogramas

Como fue mencionado anteriormente se calcularon automáticamente los parámetros de las subcuencas y cauces para luego determinar el tiempo de concentración y coeficiente de almacenamiento. Se incorporaron las tormentas de diseño calculadas previamente por el método de Bloques Alternos, y se generaron los modelos meteorológicos donde se especifican los hietogramas de diseño para cada cuenca. Además, se agregaron en “Cross Sections” a las tablas de ocho puntos que definen la sección de los cauces, obtenidas en QGIS mediante el complemento “Profile Tool”.

Una vez definidos todos los componentes se crearon corridas de simulación para las tres recurrencias analizadas y especificaciones de control, que determinan el inicio y fin de la simulación y el intervalo de tiempo a considerar.

Como ejemplo, en la Figura 11 se representan los hidrogramas de escurrimiento superficial correspondientes a una recurrencia de 25 años. En la Tabla 1 se resumen los caudales máximos de cada subcuenca de aportes, obtenidos para tres simulaciones correspondientes a períodos de retorno de 10, 25 y 50 años. Se destaca que estos resultados tienen carácter preliminar, porque a la fecha de presentación de este trabajo el modelo se encuentra en desarrollo sujeto a ajustes hasta la finalización del proyecto de investigación.

Del mismo modo, los resultados del modelo hidrológico permiten predecir los caudales máximos en distintos puntos de la red de drenaje (secciones de control ubicadas mediante breakpoints en las alcantarillas del sistema) y en todos los tramos de la red de drenaje (secciones representativas de los cauces o arroyos).

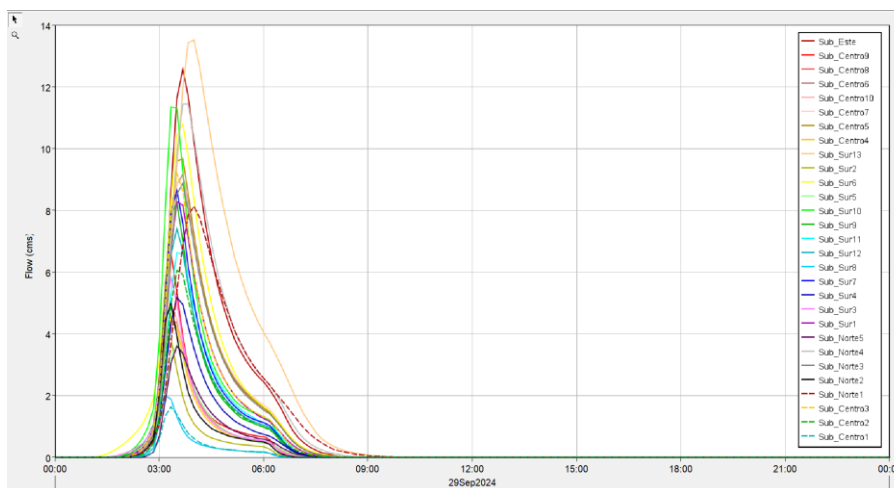


Figura 11.- Hidrogramas de las subcuencas Tr: 25 años

Tabla 1.- Caudales Pico de las Subcuencas para los distintos Periodos de Retorno

Subcuencas	Área de Drenaje (km ²)	Caudal Pico (m ³ /s)		
		TR10	TR25	TR50
Sub Centro1	0.1	1.072	1.65	2.217
Sub Centro2	0.5	3.903	6.058	8.184
Sub Centro3	0.7	6.138	9.197	12.164
Sub Centro4	0.3	3.056	4.584	6.065
Sub Centro5	0.8	6.521	9.682	12.739
Sub Centro6	0.8	5.982	9.165	12.288
Sub Centro7	0.9	5.613	9.083	12.574
Sub Centro8	0.3	3.014	4.401	5.775
Sub Centro9	0.4	4.326	6.634	8.891
Sub Centro10	0.3	3.247	4.92	6.548
Sub Este	1.1	8.157	12.555	16.879
Sub Norte1	0.8	5.547	8.125	10.608
Sub Norte2	0.3	3.279	5.017	6.716
Sub Norte3	0.7	5.902	8.869	11.754
Sub Norte4	1	7.704	11.441	15.17
Sub Norte5	0.3	2.197	3.607	5.032
Sub Sur1	0.6	5.614	8.278	10.852
Sub Sur2	0.2	2.633	3.854	5.024
Sub Sur3	0.3	4.161	5.836	7.412
Sub Sur4	0.4	3.487	5.183	6.824
Sub Sur5	0.2	2.591	3.669	4.689
Sub Sur6	0.6	8.06	10.796	13.335
Sub Sur7	0.6	5.806	8.649	11.399
Sub Sur8	0.1	1.287	2.007	2.716
Sub Sur9	0.5	5.7	8.244	10.671
Sub Sur10	0.7	7.845	11.354	14.812
Sub Sur11	0.6	4.273	6.636	9.034
Sub Sur12	0.6	4.806	7.401	9.948
Sub Sur13	1.4	9.005	13.509	17.899

Implementación del modelo hidrodinámico HEC RAS

El modelo hidrodinámico bidimensional se generó utilizando el software HEC-RAS en su versión 6.4.1. Las opciones de configuración incluyeron la selección del sistema de coordenadas Posgar 2007 - zona 5 - EPSG5347, el cual es utilizado como sistema de referencia de coordenadas por la IDE Concordia. Las etapas preparatorias

involucraron la importación del MDT proveniente del vuelo Lidar CTM, para la creación del terreno (capa "Terrains").

Área de flujo 2D

Una vez definida la extensión probable del área de flujo (determinada previamente en QGIS), se la incorporó al entorno de modelado como una nueva geometría. Sobre esa base, se generó un mallado regular de 30 por 30 metros adaptado a las características generales del terreno (Figura 12).

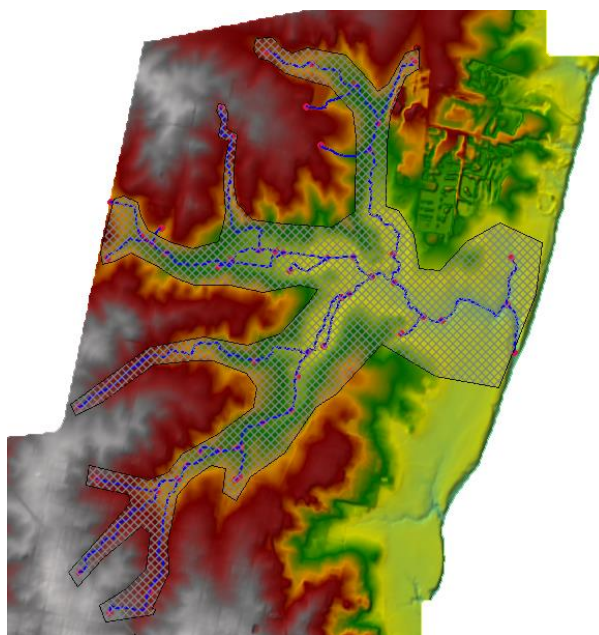


Figura 12- Mallado general

Modificaciones del terreno

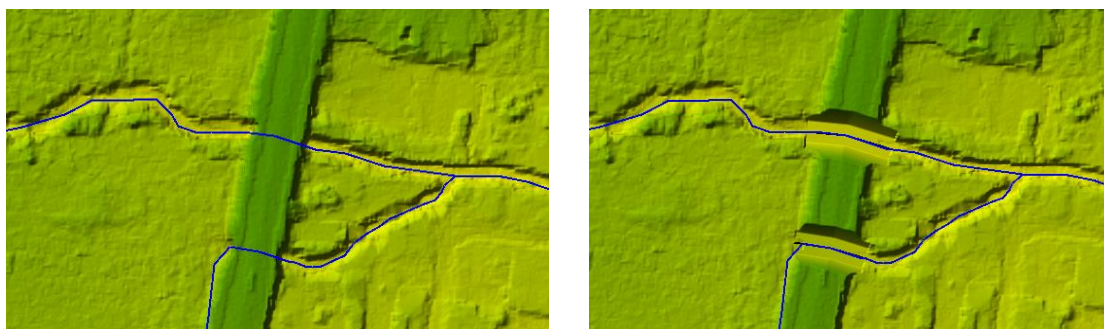
La modelación de características específicas de la red de drenaje implica introducir modificaciones al terreno original en HEC-RAS, como en los casos en que deben representarse obras de arte (alcantarillas o puentes), ajustes del ancho del cauce, o corrección de pendientes distorsionadas por el modelo digital de elevaciones original.

Como ejemplo, en algunos tramos de la red de drenaje se identificaron perfiles longitudinales con irregularidades, que se corrigieron aplicando modificaciones del terreno lineales del tipo cauce y seleccionando la opción de reemplazar valores para obtener una pendiente uniforme.

En las proximidades de las alcantarillas resultó necesario realizar modificaciones para permitir el libre escurrimiento a través de las estructuras y evitar el almacenamiento ficticio inducido por los terraplenes de las calles. Para incorporar modificaciones lineales del cauce en estas secciones se duplicó virtualmente el terreno. Esta modificación se vinculó a un shapefile previamente preparado en QGIS, donde se había asignado el atributo de ancho. Tras la importación, se verificó la correcta incorporación del archivo y se ajustó el modo de elevación para que el modelo tomara siempre el valor más bajo entre el terreno original y la edición.

El sistema interpola automáticamente las cotas de los extremos de la polilínea, utilizando el ancho como base del canal. Este enfoque permitió generar modificaciones del terreno de forma sencilla, con taludes que aseguraron una transición uniforme entre el canal y el relieve natural. Permite a su vez la modificar el eje de la edición, así como su ancho, accediendo a la tabla de atributos de la modificación del terreno. Una vez finalizadas las modificaciones se vinculó el nuevo terreno a la geometría antes mencionada.

En la Figura 13 pueden observarse las diferencias entre el terreno original y el terreno modificado para incorporar las obras de arte existentes en esa progresiva.



Terreno original **Terreno modificado**
Figura 13.- Modificaciones del terreno en emplazamiento de alcantarillas

Densificación del mallado

Para mejorar la configuración del mallado en correspondencia con los cauces, alcantarillas y cruces con calles principales, se crearon líneas de quiebre (“Break Lines”). Estas líneas se utilizan para generar en sus proximidades una densificación del mallado, que permite obtener un mayor nivel de detalle en los resultados de la simulación, además de orientar las mallas en las direcciones normal y paralela a la dirección principal del escurrimiento.

La densificación puede configurarse a través de los parámetros de espaciamiento cercano (“Near Spacing”) que representa el tamaño de las celdas de la densificación, el número de repeticiones (“Near Repeats”) que indica la cantidad de celdas densificadas a generar a cada lado de la línea de quiebre antes de hacer la transición al resto de la malla, y espaciamiento lejano (“Far Spacing”) que corresponde al tamaño de las celdas alejadas de la densificación (si se lo deja vacío se considera el tamaño del mallado original). En este caso se optó por un espaciamiento cercano de 5m y un número de repeticiones igual a 1.

Para asegurar el correcto funcionamiento de las alcantarillas, que se ingresan posteriormente, es necesario contar con celdas grandes tanto a la entrada como a la salida de estas estructuras. Para asegurar esto se eliminan manualmente puntos de cálculo en las intersecciones de los cauces con los terraplenes, y se crean nuevos puntos de forma tal que las celdas resultantes tengan un tamaño mayor que las del resto de la “Break Line”. Finalmente, el mallado para un cruce del cauce con terraplén resulta de una forma similar a la indicada en la Figura 14.

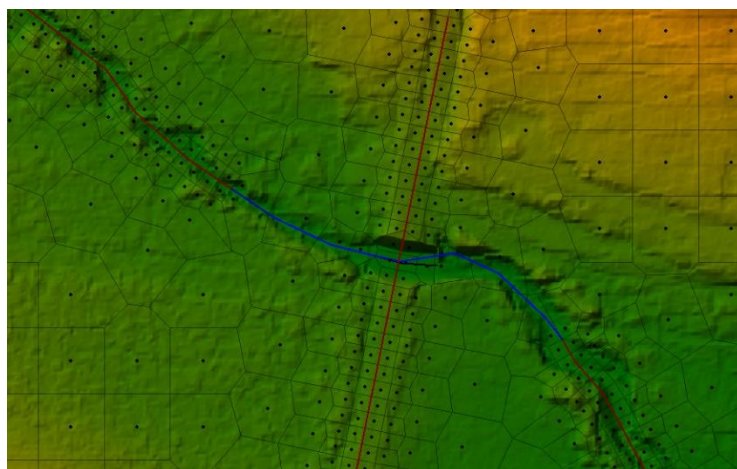


Figura 14- Mallado en intersección con terraplén

Se definieron las condiciones de borde en HEC-RAS mediante la importación de un shapefile con las uniones internas del modelo HMS y una condición externa vinculada al Río Uruguay. Cada condición fue configurada desde la ventana de flujo no permanente, asignando hidrogramas de caudal leídos directamente desde el archivo DSS de salida del HMS, correspondiente a la recurrencia analizada. Se estableció un intervalo de tiempo de 10 minutos para mantener la coherencia temporal entre modelos. De este modo se vinculan los modelos HMS y RAS y se pueden ingresar los hidrogramas del primero como condiciones de borde del segundo.

Para la condición de borde externa aguas abajo se seleccionó la opción de tirante normal, requiriendo como condición de borde la pendiente de la línea de energía, que se adoptó igual a la pendiente de fondo.

Representación de alcantarillas

La red de drenaje de la cuenca Ayuí Chico está intervenida por un total de 44 obras hidráulicas (alcantarillas, puentes, badenes de diversa jerarquía) que requieren ser incorporadas al modelo hidrodinámico para representar el efecto de dichas obras en las áreas de inundación correspondientes. Su ubicación (Figura 15) fue determinada a partir de la intersección de la red de drenaje con la trama vial.

Estas obras se designaron con las letras AC para identificar la cuenca del Ayuí Chico, seguida de una letra que indica la subcuenca de menor jerarquía a la que pertenecen (Norte, Centro o Sur) y finalmente la numeración de la obra. Por ejemplo: AC_C_A01 corresponde a Ayuí Chico_Centro_Alcantarilla01.

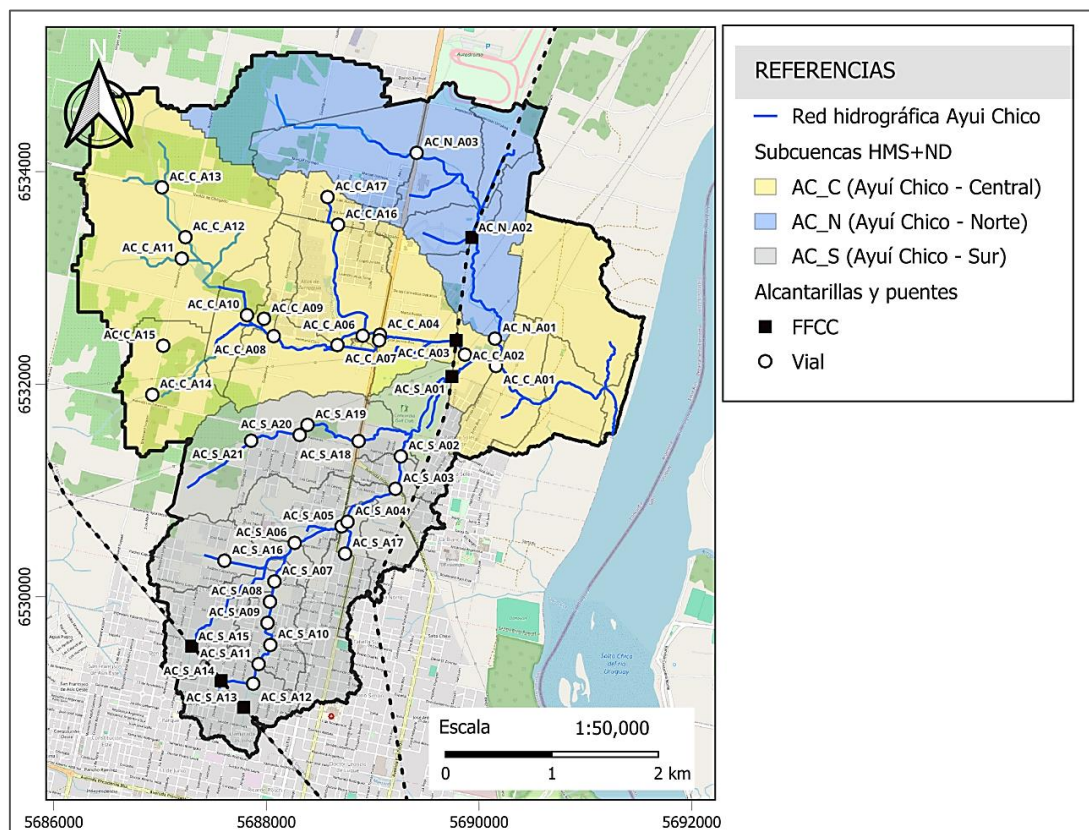


Figura 15.- Alcantarillas de la cuenca Ayuí Chico

En la Tabla 2 se presentan las principales alcantarillas del sistema. Puede observarse que las mismas fueron clasificadas de acuerdo a su tipo (alcantarilla, puente, badén) y al tipo de vía de comunicación donde se emplazan (vial o ferroviaria). Las dimensiones ingresadas en cada una de ellas se obtuvieron de relevamientos o planos aportados por el municipio. En los casos donde no se disponía de información se adoptaron dimensiones acordes al caudal afluente y compatibles con el espacio disponible.

Al respecto se destaca que la Tabla 2 evidencia la falta de información sobre el tipo y dimensiones de las obras de arte existentes. Como actualmente no existe en el Municipio una base de datos de obras hidráulicas ejecutadas

en esta cuenca, fue necesario celebrar un convenio de asistencia recíproca con dicho organismo para caracterizarlas. Este convenio se encuentra vigente y sus resultados se comentarán en las Conclusiones.

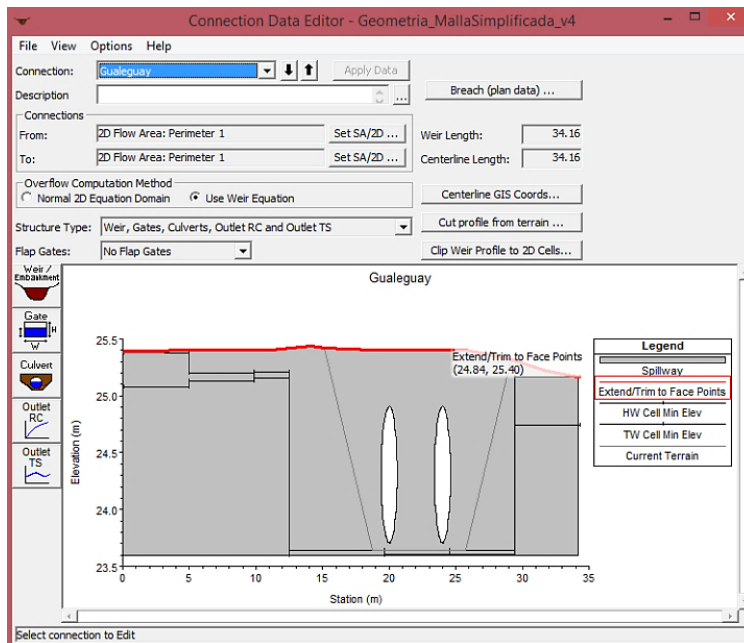
Tabla 2.- Alcantarillas de la cuenca Ayuí Chico

Designación	Tipo	Tipo de vía	Dimensiones	Dimensiones HEC RAS
AC_N_A01	? Alcantarilla	Vial	ND	φ 1000mm
AC_N_A02	Puente	FFCC	ND	ND
AC_N_A03	Alcantarilla	Vial	ND	f 1000mm
AC_C_A01	Puente - Pasarela	Vial	ND	ND
AC_C_A02	? Alcantarilla	Vial	ND	φ 500mm
AC_C_A03	Puente	FFCC	ND	ND
AC_C_A04	Alcantarilla	Vial	5m x 2.1m	5m x 2.1m
AC_C_A05	Alcantarilla	Vial	5m x 2.2m	5m x 2.2m
AC_C_A06	? Puente	Vial	ND	ND
AC_C_A07	Alcantarilla	Vial	2 x (3m x 2m)	6m x 1.6m
AC_C_A08	Alcantarilla	Vial	5m x 2m	5m x 1.6m
AC_C_A09	Alcantarilla	Vial	f 600mm	φ 600mm
AC_C_A10	Alcantarilla	Vial	4m x 2.2m	4m x 1.9m
AC_C_A11	Alcantarilla	Vial	ND	ND
AC_C_A12	Posible	Vial	ND	ND
AC_C_A13	Alcantarilla	Vial	ND	ND
AC_C_A14	Alcantarilla	Vial	ND	ND
AC_C_A15	Alcantarilla	Vial	ND	ND
AC_C_A16	Alcantarilla	Vial	ND	φ 1000mm
AC_C_A17	? Alcantarilla	Vial	ND	ND
AC_S_A01	Puente	FFCC	ND	ND
AC_S_A02	Alcantarilla	Vial	ND	φ 1000mm
AC_S_A03	Alcantarilla	Vial	ND	φ 1000mm
AC_S_A04	Alcantarilla	Vial	ND	φ 1000mm
AC_S_A05	Alcantarilla	Vial	ND	φ 1000mm
AC_S_A06	Alcantarilla o	Vial	ND	φ 1000mm
AC_S_A07	Alcantarilla	Vial	ND	φ 1000mm
AC_S_A08	Alcantarilla	Vial	4m x 1.5m	4m x 0.7m
AC_S_A09	Alcantarilla	Vial	ND	φ 800mm
AC_S_A10	Alcantarilla	Vial	ND	φ 500mm
AC_S_A11	? Alcantarilla	Vial	ND	φ 600mm
AC_S_A12	? Alcantarilla	Vial	ND	φ 200mm
AC_S_A13	Puente	FFCC	ND	ND
AC_S_A14	Puente	FFCC	ND	ND
AC_S_A15	Puente	FFCC	ND	ND
AC_S_A16	Alcantarilla	Vial	ND	φ 1000mm
AC_S_A17	Alcantarilla	Vial	ND	φ 1000mm
AC_S_A18	Alcantarilla	Vial	ND	φ 1000mm
AC_S_A19	? Badén	Vial	ND	ND
AC_S_A20	? Alcantarilla	Vial	ND	ND
AC_S_A21	? Badén	Vial	ND	ND

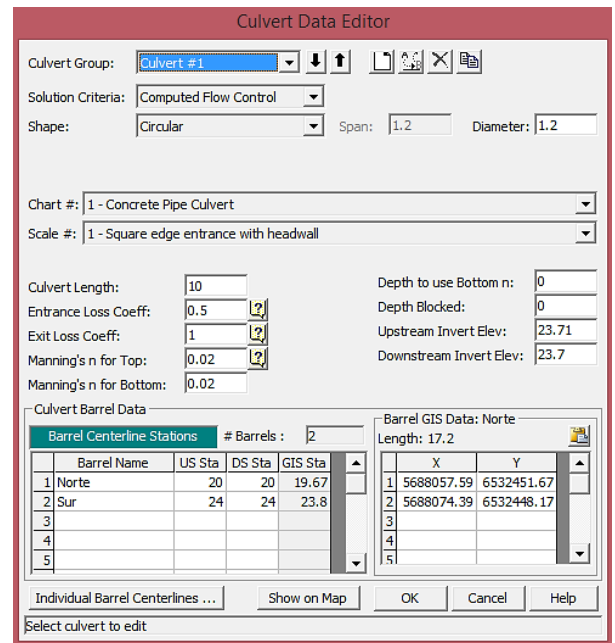
Nota: ND significa sin datos

Las alcantarillas se generaron a partir de líneas de quiebre, que fueron convertidas en conexiones internas entre áreas de almacenamiento 2D. De este modo el modelo genera automáticamente la estructura y su batimetría, la cual puede visualizarse desde el editor de Áreas de almacenamiento 2D (Figura 16 a). Para incorporar la alcantarilla fue necesario rellenar previamente el cauce.

La sección tipo de cada alcantarilla (circular, rectangular, etc.), sus dimensiones, muros de ala, longitud, coeficientes de pérdida de carga, coeficientes de Manning, elevaciones y posición del eje en la sección transversal pueden ingresarse en el Editor de alcantarillas (Figura 16 b).



Editor de áreas de almacenamiento 2D



Editor de alcantarillas

Figura 16.- Ingreso de alcantarillas a HEC RAS

Para evitar inestabilidades en la simulación, se garantizó que la celda aguas arriba de la alcantarilla no se secase en ningún paso de tiempo, especialmente en casos de alta pendiente o dimensiones reducidas. Se limitó la extensión del terraplén a la zona inmediata de la estructura y se conectó la alcantarilla a celdas más grandes, representativas del flujo real. Para ello, se trazó una línea entre los puntos de inicio y fin usando la herramienta de medición, y se copiaron las coordenadas en la tabla de datos GIS de la alcantarilla.

En la Figura 17 puede observarse la representación de la alcantarilla presentada en la Figura 16, constituida por dos tramos de sección circular, y el terraplén y superestructura vial bajo la cual está emplazada. También puede observarse la densificación del mallado a lo largo del cauce principal y su transición a celdas de mayor tamaño en la planicie de inundación.



Figura 17.- Representación de la alcantarilla y terraplén en RAS Mapper

Ejecución de la simulación

Se generaron los planes de simulación en régimen no permanente para diferentes recurrencias en HEC-RAS, asignando el nombre del plan, archivos de geometría y condiciones de borde.

Se seleccionaron los módulos de preprocesamiento, simulación en régimen no permanente y posprocesamiento, y se definieron las fechas de inicio y fin de simulación coherentes con HEC-HMS. Para garantizar la estabilidad de la solución del esquema de diferencias finitas, se estableció un paso de tiempo de cálculo de 10 segundos y salidas cada 5 minutos (Figura 18).

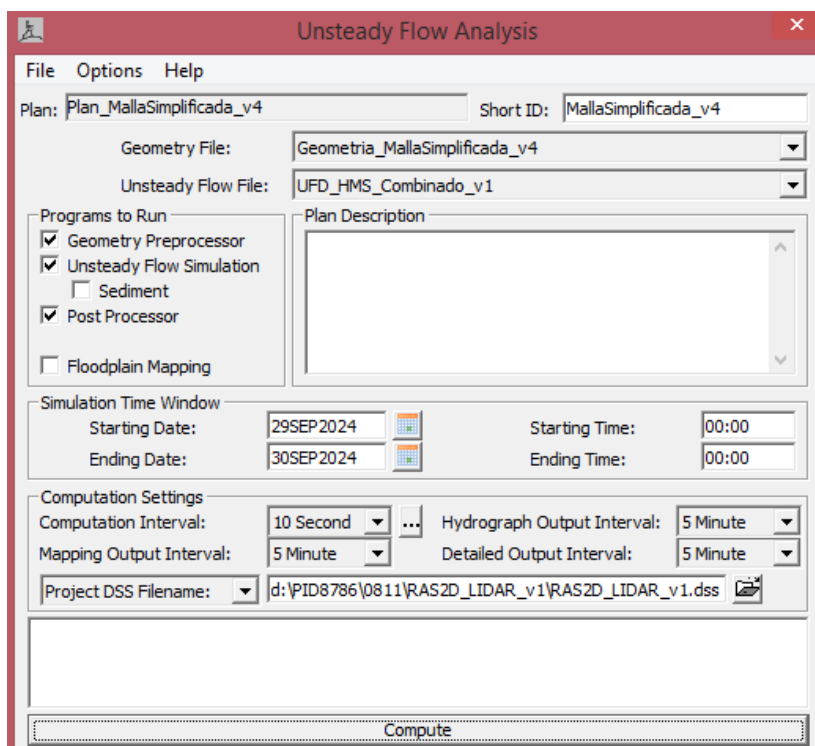


Figura 18- Configuración del plan

Resultados del modelo hidrodinámico bidimensional

Una vez definido el modelo, se ejecuta la simulación desde el plan generado anteriormente, pudiendo monitorear su avance y (si finaliza sin errores) visualizar los resultados en RAS Mapper.

En esta interfaz gráfica se pueden consultar los perfiles de velocidad, secciones, mapas de profundidad e hidrogramas en distintas secciones. También pueden analizarse las tablas de variables hidráulicas y revisar advertencias para validar la estabilidad y precisión del modelo.

Como ejemplo, en la Figura 19 se visualizan los mapas de profundidad (“Depth”), que también permiten estimar las áreas de inundación y zonificar sectores de diferente riesgo de inundación en el ámbito de la cuenca estudiada.

A su vez, pueden trazarse perfiles transversales para analizar los hidrogramas en puntos relevantes del modelo. Estas herramientas permiten validar el comportamiento hidráulico del sistema, identificar zonas críticas y ajustar parámetros si es necesario. La correcta interpretación de los resultados es central para asegurar que el modelo represente adecuadamente las condiciones reales del sistema de drenaje.



Figura 19.- Visualización de las áreas de inundación en RAS Mapper

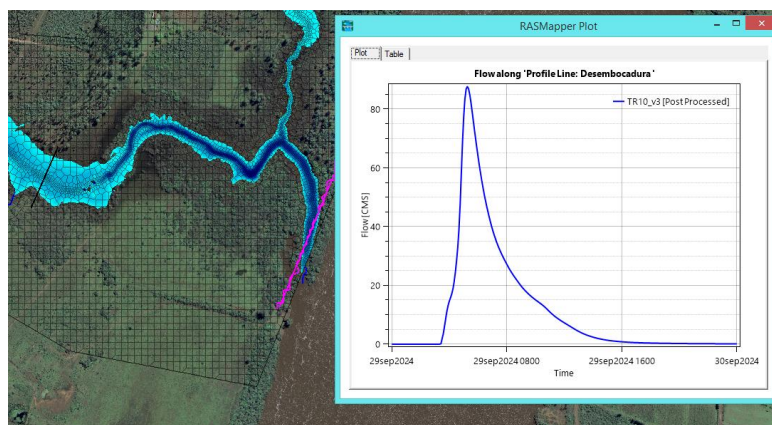


Figura 20.- Hidrograma resultante en la desembocadura

Conclusiones

Desde el inicio del Proyecto de Investigación, las actividades se orientaron en la formación de recursos humanos, capacitando a los becarios de investigación en las herramientas requeridas para la simulación hidrológica e hidrodinámica de cuencas hídricas, que exceden los contenidos abordados en los programas de las asignaturas de la carrera de Ingeniería Civil: Sistemas de Información Geográfica, Herramientas básicas de teledetección, Modelos hidrológicos, Modelos hidrodinámicos unidimensionales y bidimensionales, y aplicaciones de fotogrametría con vehículos aéreos no tripulados.

Se seleccionó una cuenca piloto en la zona noreste del área urbana, que corresponde a la cuenca del Arroyo Ayuí Chico, la cual abarca una superficie de 2160 ha. Este sector incluye distintos tipos de uso de suelo, tanto rurales como en creciente urbanización no planificada (barrio RENABAP Pampa Soler) y una zona extensa de pendiente relativamente baja sujeta a las inundaciones del río Uruguay. En el ámbito de la zona estudio se encuentran en desarrollo tres proyectos finales de la carrera de Ingeniería Civil: “Diseño de la Red Pluvial del Barrio Pampa Soler”, “Diseño de Red Distribuidora de Agua del Barrio Pampa Soler” y “Estudio y mitigación integral de anegamientos en la cuenca Ayuí Chico”.

En este período se efectuó una solicitud formal a la Delegación Argentina de la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande, para acceder a los datos provenientes de un vuelo LIDAR (Light Detection and Ranging) realizado en el año 2019 sobre el perillago de Salto Grande y zonas inundables de las localidades de Concordia y Salto. Uno de los productos resultantes de este relevamiento LIDAR es un modelo digital de terreno, que se encuentra disponible con resoluciones de 1m y 5 m. Ambos fueron proporcionados al Grupo de Investigación, acotados a los límites de la cuenca Ayuí, y se emplearon como base para la generación del terreno utilizado en la implementación del Modelo Hidrológico e Hidrodinámico. Dado que este modelo no cubre la totalidad de la cuenca, las áreas faltantes fueron simuladas considerando el Modelo Digital de Terreno de la Argentina (MDEAr), de 30 metros de resolución.

En el mes de septiembre de 2024 se celebró un acuerdo con la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE), en el marco de un Acuerdo Marco celebrado en 2022 entre ambas instituciones. A través del mismo se adquirieron las credenciales para la descarga gratuita de datos, productos e imágenes de las misiones SAOCOM1A y 1B, SPOT 4, 5, 6, y 7, Pleiades, Pleiades Neo y PeruSat. A la fecha, se han descargado imágenes de interés correspondientes a la crecida del río Uruguay en el mes de mayo de 2024, y una imagen Pleiades de alta resolución (30 cm) con fecha 27/09/2023 que cubre todo el éjido de Concordia. Se destaca que una de las futuras líneas de investigación planificadas por el Grupo GIHHA se orienta al desarrollo de temáticas vinculadas a la teledetección aplicada a recursos hídricos y riesgo de inundación.

Se implementaron el modelo hidrológico y el modelo hidrodinámico bidimensional la cuenca Ayuí Chico, obteniendo una primera estimación de los hidrogramas de aporte de las subcuencas y de las áreas anegadas en cada tramo de la red. Se encuentra en proceso la incorporación al sistema de las alcantarillas existentes.

Al respecto, en el mes de junio de 2025 se celebró un Convenio de Colaboración y Asistencia Recíproca con el Municipio de Concordia (vigente hasta diciembre de 2025) destinado al relevamiento planialtimétrico de las obras hidráulicas de la cuenca Ayuí Chico. Este convenio, que no implica una retribución monetaria por parte de ninguna de las instituciones, se orienta a un intercambio de tareas de relevamiento (a cargo del Municipio) por los resultados del modelo hidrodinámico (a cargo de la Universidad).

Las tareas de relevamiento fueron realizadas entre los meses de julio y agosto de 2025, y actualmente se encuentra en desarrollo un Catálogo de Obras Hídricas por parte del Grupo de Investigación, que incluye una descripción general de cada obra, coordenadas geográficas, un registro visual que comprende las fotografías de campo y croquis de las 44 obras relevadas, incluyendo sus dimensiones principales y niveles referidos a la escala hidrométrica del IGN. Este Catálogo será entregado a la Dirección de Ingeniería del Municipio como uno de los productos derivados del Convenio de colaboración, y condensa información que actualmente no se encuentra disponible en la base de datos de la Dirección de Ingeniería.

El relevamiento de Obras Hídricas de la cuenca será también entregado a la Dirección de Infraestructura de Datos Espaciales (IDE Concordia) en formato shapefile para su libre consulta en el visor web del Municipio.

A su vez, se encuentra en desarrollo la elaboración de un Mapa base georeferenciado del Éjido de Concordia, (elaborado por el GIHHA en formato dwg) que incluye capas de interés como manzanas, calles, curvas de nivel y subcuencas hídricas. El objetivo de este mapa es poner a disposición del Municipio una plantilla georeferenciada que pueda emplearse en proyectos de distintas áreas, facilitando el intercambio de información con la IDE Concordia (importación y exportación), sin requerir ajustes de escala, coordenadas o reelaboración en caso de utilizar planos base diferentes.

La siguiente etapa, a desarrollarse en el año 2026, se orienta a la realización de vuelos aerofotogramétricos y tareas de procesamiento de imágenes de las áreas no cubiertas por el Lidar CTM, que se realizarán con un dron DJI Mini 4 adquirido por la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Regional Concordia. Los puntos de control para los vuelos aerofotogramétricos serán materializados por el equipo de topografía del Municipio de Concordia. Las tareas de procesamiento implican la aplicación de diferentes filtros morfológicos para la remoción de edificaciones y vegetación, y generación de modelos digitales de terreno para utilizar en las cabeceras de cuenca, que actualmente fueron modeladas a partir del Modelo Digital de elevaciones de la Argentina elaborado por el IGN (MDEAr), de 30 metros de resolución.

En el próximo período se incorporarán al modelo hidrodinámico las alcantarillas relevadas, mejorando la representatividad de sus resultados. También se identificarán las zonas de riesgo hídrico de diferentes sectores, incluyendo la propuesta de medidas estructurales y no estructurales para mitigar los anegamientos estimados.

Agradecimientos

Al Ing. Guillermo Collazos, Jefe del Área de Hidrología del Complejo Hidroeléctrico de Salto Grande (Argentina/Uruguay), por su colaboración en la adquisición del modelo digital de terreno LiDAR CTM.

Al Ing. Mateo Sastre, Subsecretario de Obras Públicas del Municipio, por su colaboración en la celebración del Convenio de Asistencia Recíproca UTN-Municipalidad de Concordia.

Al equipo de la Dirección de Ingeniería del Municipio, por sus aportes a las tareas de inventario y catalogación de las obras de arte de la cuenca Ayuí Chico.

Referencias

Cea, L. & Bladé, E., 2014. "Modelización matemática en lecho fijo del flujo en ríos. Modelos 1D y 2D en régimen permanente y variable", s.l.: Grupo GIAMA. E.T.S. de Ing. de Caminos, Canales y Puertos.

Collazos, G. y otros, 2018. "Modelo bidimensional de inundación urbana de la ciudad de Azul (Argentina) con herramientas de uso libre". Buenos Aires, Argentina, s.n., pp. 2064-2075.

- Collazos, G. y otros, 2021. "Relevamiento LIDAR del Perilago del embalse de Salto Grande" XXIX Congreso Latinoamericano de Hidráulica.
- De Roo, A., Wesseling, C. & Van Deursen, W., 2000. "Physically based river basin modelling within a GIS: The LISFLOOD model". *Hydrological Processes*, Volumen 14, pp. 1981-1992.
- IGN, 2019. "Modelo Digital de Elevaciones de la República Argentina versión 2.0". Buenos Aires: Instituto Geográfico Nacional de la República Argentina.
- IGN, 2021. "Modelo Digital de Elevaciones de la República Argentina versión 2.1". Buenos Aires: Instituto Geográfico Nacional.
- Julien, P. & Saghafian, B., 1991. "CASC2D user's manual - A two dimensional watershed rainfall-runoff model", s.l.: Fort Collins: Colorado State University.
- Leitão, J. P., Boonya-aroonnet, S., Prodanovic, D. & Maksimovic, C., 2009. "The influence of digital elevation model resolution on overland flow networks for modelling urban pluvial flooding". *Water Science and Technology*, IWA Publishing, 60(12), pp. 3137-3149.
- Liu, X., 2008. "Airborne LiDAR for DEM generation: some critical issues". *Progress in Physical Geography*, 32(1), pp. 31-49.
- Liu, Z., Martina, M. & Todini, E., 2005. "Flood forecasting using a fully distributed model: application of the TOPKAPI model to the upper Xixian catchment". *Hydrology & Earth System Sciences*, 9(4), pp. 347-364.
- Martínez Blanco, P., 2016. "Evaluación y propuesta de metodologías de clasificación a partir del procesado combinado de datos LiDAR e imágenes aéreas georreferenciadas". Tesis de doctorado. Santander: Universidad de Cantabria.
- Meng, X., Currit, N. & Zhao, K., 2010. "Ground filtering algorithms for airborne LiDAR data. A Review of Critical Issues". *Remote Sensing*, Volumen 2, pp. 833-860.
- Morlanes, E., 2021. "Técnicas de evaluación multicriterio y aplicación de filtros a MDT derivados de datos LIDAR para la localización a escala regional y local de estructuras megalíticas en la Val de Chistau (Huesca)" (Tesis fin de Master). Zaragoza: Universidad de Zaragoza.
- Pingel, T., Clarke, K. & McBride, W., 2013. "An improved simple morphological filter for the terrain classification of airborne LIDAR data" *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 77. Elsevier B.V.
- Riccardi, R. y otros, 2013. "Aplicación de un modelo hidrológico hidráulico para el pronóstico de niveles de agua en tiempo real". *Tecnología y Ciencias del Agua*, vol. IV, núm. 1, pp. 83-105.
- Sampson, C. y otros, 2012. "Use of Terrestrial Laser Scanning Data to Drive Decimetric Resolution Urban Inundation Models". *Advances in Water Resources*, Volumen 41, pp. 1-17.
- Singh, R., 2005. "Real time flood forecasting - Indian experiences". Roorkee, India, National Institute of Hydrology, p. 34.
- Singh, V. & Woolhiser, D., 2002. "Mathematical Modeling of Watershed Hydrology". *Journal of Hydrologic Engineering*, pp. 270-292.
- Toro, E., 2001. "Shock-Capturing Methods for Free-Surface Shallow Flows". s.l.:John Wiley & Sons Inc..

Caracterización de arenas de trituración de roca basáltica como método de estimación de las propiedades de morteros.

Characterization of Basaltic Crushed Sands for the Estimation of Mortar Properties

Presentación: 10/10/2025

Palacio Alberto José

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Grupo GIIICMA, Salta 277, Concordia, Entre Ríos, Argentina.
apalacio@frcon.utn.edu.ar

Sota Jorge Daniel

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Grupo GIIICMA, Salta 277, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Avid Fabián Andrés

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Grupo GIIICMA, Salta 277, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Mielnik Mikhail

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Grupo GIIICMA, Salta 277, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Maidana Lucas

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Grupo GIIICMA, Salta 277, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Dirie Nicolás

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Grupo GIIICMA, Salta 277, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Leiva Emiliano

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Grupo GIIICMA, Salta 277, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Álvarez Brenda

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Grupo GIIICMA, Salta 277, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Ramírez Emiliana

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Grupo GIIICMA, Salta 277, Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Resumen

La explotación de agregados naturales en la industria de la construcción enfrenta crecientes restricciones ambientales y de disponibilidad, lo que impulsa la búsqueda de materiales alternativos. Entre ellos se encuentran los agregados considerados marginales, cuyo uso en hormigones ha sido históricamente limitado debido a su variabilidad y a la ausencia de parámetros de calidad uniformes. Este trabajo se centra en la caracterización de arenas basálticas trituradas provenientes del litoral argentino y en su influencia sobre las propiedades de morteros. Estas arenas presentan características distintivas, como forma angular, textura rugosa y un elevado contenido de finos, que dificultan el cumplimiento de las especificaciones reglamentarias convencionales para su empleo en hormigones. No obstante, mediante la aplicación de métodos alternativos de evaluación es posible establecer criterios de aceptación más flexibles y realistas. Para ello, se adaptó un procedimiento normalizado neozelandés, validado por investigadores argentinos, con el objetivo de correlacionar propiedades físicas de fácil

determinación con el comportamiento mecánico de morteros elaborados con dichas arenas. Los resultados obtenidos permiten avanzar en la identificación de relaciones entre características granulométricas, morfológicas y de desempeño en estado endurecido. En consecuencia, este estudio busca proporcionar una base técnica que favorezca la utilización de arenas basálticas trituradas como alternativa viable en diversas aplicaciones del hormigón.

Palabras clave: Arena de trituración, basalto, hormigones sustentables, morteros

Abstract

The extraction of natural aggregates in the construction industry is increasingly constrained by environmental regulations and resource depletion, prompting the search for alternative materials. Among these are so-called marginal aggregates, whose application in concrete has traditionally been limited due to their inherent variability and the absence of standardized quality criteria. This study focuses on the characterization of crushed basaltic sands from the Argentine littoral region and their influence on mortar properties. These sands exhibit angular shape, rough texture, and a high fines content, which often prevent them from meeting conventional regulatory specifications for concrete use. However, the implementation of alternative assessment methods makes it possible to establish more flexible and realistic acceptance criteria. In this work, a standardized New Zealand procedure—validated by Argentine researchers—was adapted to correlate easily measurable physical properties with the mechanical performance of mortars made with basaltic sands. The results provide insights into the relationship between granulometric and morphological characteristics and the behavior of hardened mortars. Consequently, this research offers a technical basis that supports the use of crushed basaltic sands as a viable alternative aggregate in various concrete applications.

Keywords: Crushed sand; Basalt; Sustainable concretes; Mortars

Introducción

Se consideran agregados marginales a aquellos que no cumplen las especificaciones establecidas por los reglamentos respecto a sus propiedades físicas y/o químicas. Las arenas trituradas (AT) se encuentran en este grupo ya que la forma, la textura superficial y el contenido de polvo resultan ser los factores limitantes de su utilización por la incidencia de estas características sobre el consumo de agua de mezclado y, en consecuencia, en las propiedades mecánico-durables del hormigón (Cabrera, 2013). El Reglamento CIRSOC 201 establece que el agregado fino debe estar constituido por arenas naturales o por una mezcla de arenas naturales y AT, estas últimas en porcentajes no mayores al 30 por ciento. Se permite el empleo de AT en porcentajes mayores al indicado si se demuestra que se pueden elaborar hormigones que reúnan las características y propiedades especificadas para la obra en ejecución (CIRSOC 201-05, 2012).

La prueba del cono de flujo de Nueva Zelanda (NZFC) (NZS 3111:1986) establece una relación entre la evaluación de la forma y textura de las partículas de arena en base al comportamiento en estado fresco del hormigón (Wigum, 2011). Este método ofrece una medida indirecta de la forma y la textura a través de la medición del tiempo de flujo del agregado fino a través de un embudo de geometría conocida y el contenido de huecos sin compactar de los agregados una vez recogidos en una cámara receptora. Actualmente en nuestro país Vargas et.al. (2019) asociaron la geometría de agregados finos con su comportamiento en morteros mediante la adaptación del equipo de la NZS 3111, incrementando el diámetro de salida. Se caracterizaron arenas trituradas de origen granítico y dolomítico y su combinación con arena natural silíceas en diferentes proporciones, verificando el impacto de la variación del tiempo de flujo en el cono en la fluidez y en la resistencia de los

morteros. Así obtuvieron una zona óptima en base a niveles mínimos de fluidez, mínimos de resistencias a flexión y compresión a 28 días, y máximos de velocidad de succión capilar de morteros, empleando el cono modificado.

Por hora no existen estudios que asocien la geometría de la arena triturada basáltica con su comportamiento en morteros y hormigones, por tal motivo el objetivo de este trabajo consiste en emplear la adaptación del método neozelandés, antes mencionada, para ser aplicada a las AT basálticas o mezclas de diferentes arenas de la región Mesopotámica argentina. La caracterización de arenas de la región por medio del cono modificado permitirá predecir con cierta certeza el comportamiento de un mortero “estándar”, con una proporción en peso de “cemento:arena” igual a 1:3, y una relación $a/c=0,60$.

Desarrollo

Metodología y Materiales

El Ministerio de Obras de Nueva Zelanda evaluó una variedad de arenas en base al porcentaje de vacíos y al tiempo de flujo. Establecieron una zona especificada para aquellas que producen buenos resultados en las propiedades del hormigón fresco dando origen a la norma NZS 3111:86 (Figura 1.a). El equipo empleado consta de una tolva con un orificio de 12,7 mm para medir el tiempo de flujo y se emplea una muestra de 1000 gramos de arena (Figura 6.b). En Argentina, debido a que el tamaño de partículas de las AT (0-6mm) producía bloqueos a la salida del embudo, los investigadores Vargas y otros (2019), realizaron una adaptación incrementando el diámetro del orificio de salida a 15 mm (Figura 6.c).

Para el ensayo de tiempo de flujo se realizaron 5 mediciones con un cronómetro y luego se promediaron los valores registrados. Para determinar el porcentaje de vacíos, se efectuaron 4 mediciones con cada tipo de arena. Estas características físicas de las partículas de las arenas se relacionan con el estado fresco y el endurecido de morteros y hormigones. La velocidad del flujo de partículas se asocia a la consistencia de las mezclas y el contenido de vacíos se vincula con la cantidad de pasta necesaria para llenar dichos vacíos. Es así que en los morteros se evaluó la fluidez en el estado fresco (IRAM 1679), y en el estado endurecido se determinaron las resistencias a flexión y a compresión a 7 y 28 días (IRAM 1622). Se moldearon para cada tipo de arena nueve probetas de las cuales, tres se utilizaron para los ensayos a flexión y compresión a 7 días y otras tres para los ensayos a 28 días. Las tres probetas restantes se emplearán posteriormente para determinar la velocidad de succión capilar, siguiendo un procedimiento similar al descrito por la norma IRAM 1871.

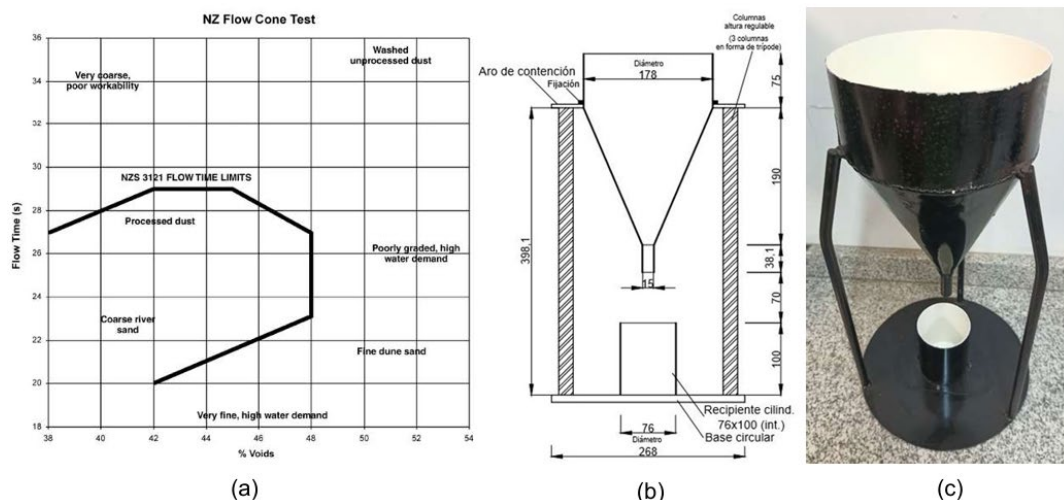


Figura 1: (a) Zona de buena performance empleando el cono, (b) Cono de la norma NZS 3111 para evaluar las características físicas de la arena, (c) cono confeccionado por el grupo de investigación.

Se empleó un agregado basáltico triturado fracción 0-6mm (ATB) proveniente de una cantera de la localidad de Puerto Yerúa, en la ciudad de Concordia. Esta muestra fue procesada en el laboratorio con el fin de modificar su granulometría y su contenido de polvo. Por otro lado, también se utilizaron dos arenas naturales síliceas con diferente módulo de finura (AN y ANF). Se dosificaron morteros con una relación agua/cemento de 0,60. Como aglomerante se empleó un cemento portland compuesto CPC-40. Los pastones se elaboraron utilizando 1500 g de arena, 500 g de cemento portland y 300 g de agua. Con los morteros se llenaron probetas prismáticas de 4x4x16 cm³ que fueron curadas hasta la edad de ensayo.

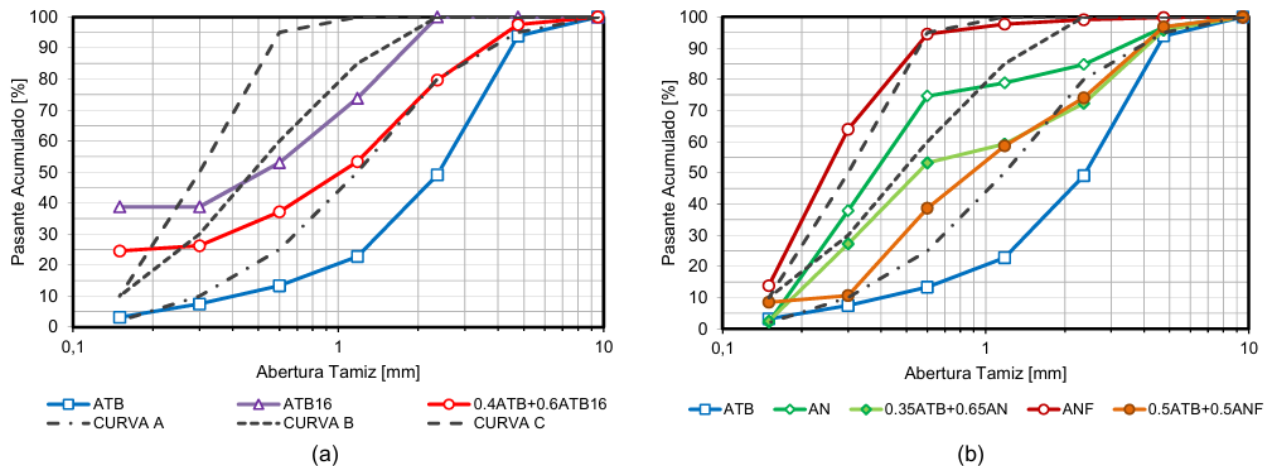


Figura 2. Curvas granulométricas de la arena original (ATB) en combinación (a) con las fracciones ATB16, (b) con las arenas naturales síliceas (AN y ANF).

En la Figura 2 se observan las distribuciones granulométricas de la arena basáltica triturada 0-6 mm (ATB) sin ningún tipo de tratamiento. Se observa, por un lado, que la curva se ubica por debajo de la curva límite A, que se refiere al material más grueso y, por otro lado, la muestra no presenta un contenido de finos superior al recomendado. A partir de esto, se buscó modificar la granulometría para obtener una curva que se ubique en la zona comprendida entre las curvas A y B. Para lograrlo, se fraccionó la muestra de ATB empleando el tamiz N°16 y se obtuvo una fracción más fina, a la cual se denominó “ATB16”. En la Figura 2.a se puede observar que las curvas granulométricas con esta fracción se ubican dentro de los límites, pero poseen un contenido de finos superior al recomendado. Se determinaron las proporciones de cada fracción para obtener la arena de granulometría más adecuada. Las proporciones obtenidas fueron 40% de ATB y 60% de ATB16 (Figura 2.a). De igual manera se combinó la ATB con las dos arenas síliceas naturales (AN y ANF) en proporciones 50% de ATB y 50% de AN y ANF, como se muestra en la Figura 2.b y c, respectivamente.

Tabla 1. Resultados de las propiedades físicas incluido el porcentaje de vacíos y de tiempo de flujo por el cono.

Muestra	Composición	MF	Peso esp. [gr/cm ³]	PUV [gr/cm ³]	Tiempo de flujo [s]	% vacíos
MA1	100 % ATB	4,23	2,39	1,71	10,6	28,44
MA2	100 % ATBL	4,23	2,39	1,75	14,1	26,82
MA3	100 % ATB16	1,40	2,39	1,58	27,9	34,09
MA4	40%ATB + 60%ATB16	2,82	2,47	1,71	11,6	30,89
MA5	100 % AN	2,34	2,60	1,66	8,0	35,97
MA6	35%ATB + 65%AN	2,90	2,53	1,75	7,7	30,83
MA7	100 % ANF	1,31	2,60	1,50	8,6	42,38
MA8	50%ATB + 50%ANF	3,13	2,50	1,74	8,6	30,46

Estudios realizados sobre el agregado fino y los morteros

Se realizó la caracterización de las arenas de acuerdo con el procedimiento de la norma NZS 3111. En la Tabla 1 se resumen los resultados obtenidos sobre las muestras de arenas de esta etapa.

En la Figura 3.a y la Figura 3.b se relaciona el MF con el porcentaje de vacíos y el tiempo de flujo. Se observa que existe una relación cuadrática en ambos casos. Si bien los coeficientes de correlación resultaron relativamente bajos, se observa en la relación con el porcentaje de vacíos, un valor mínimo para un MF de 4.23, y para el tiempo de flujo, el mínimo se da entre valores de MF de 2.34 y 3.00. Para el segundo caso, el rango de valores mínimos se encuentra entre los valores de las curvas A y B de la norma IRAM 1627 (2.15 y 3.38).

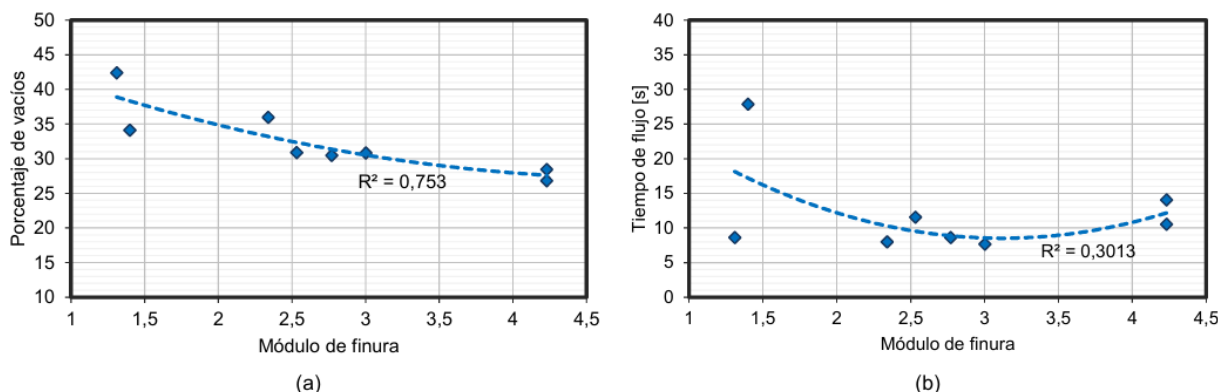


Figura 3. Relación del MF, (a) con el porcentaje de vacíos de las muestras y, (b) con el tiempo de flujo en el cono.

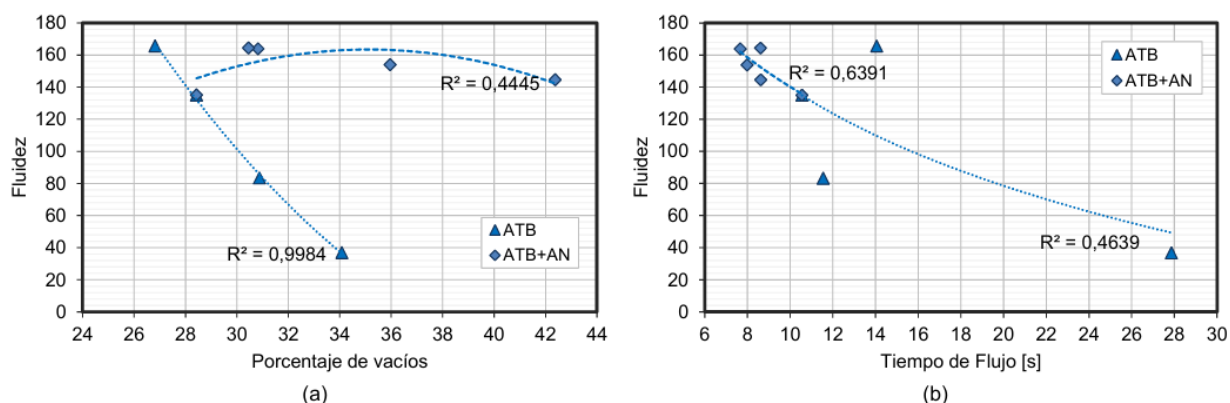


Figura 4. Relación de la fluidez de los morteros, (a) con el porcentaje de vacíos de la arena y, (b) con el tiempo de flujo en el embudo.

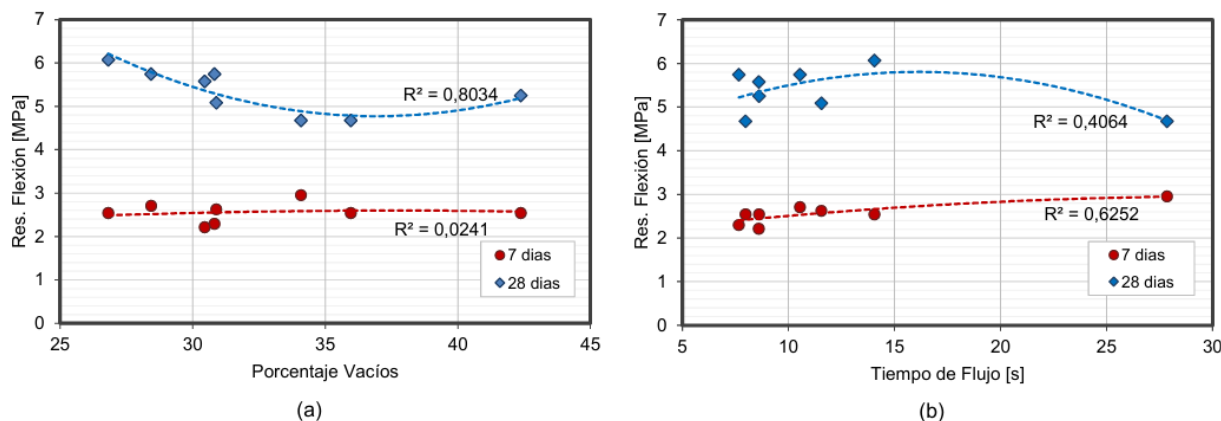


Figura 5. Relación de la resistencia a flexión a 7 y 28 días de los morteros, (a) con el porcentaje de vacíos, (b) el tiempo de flujo en el embudo para las muestras de arenas.

En la Figura 4.a y la Figura 4.b se muestra la relación de la fluidez de los morteros con el porcentaje de vacíos y el tiempo de flujo de las arenas, respectivamente. Se diferenciaron los morteros elaborados solamente con las arenas de trituración basáltica y los elaborados empleando las arenas silíceas naturales. La mejor correlación resultó para la primera figura, en ella la fluidez disminuye con el incremento del porcentaje de vacíos, principalmente para las muestras empleando la ATB.

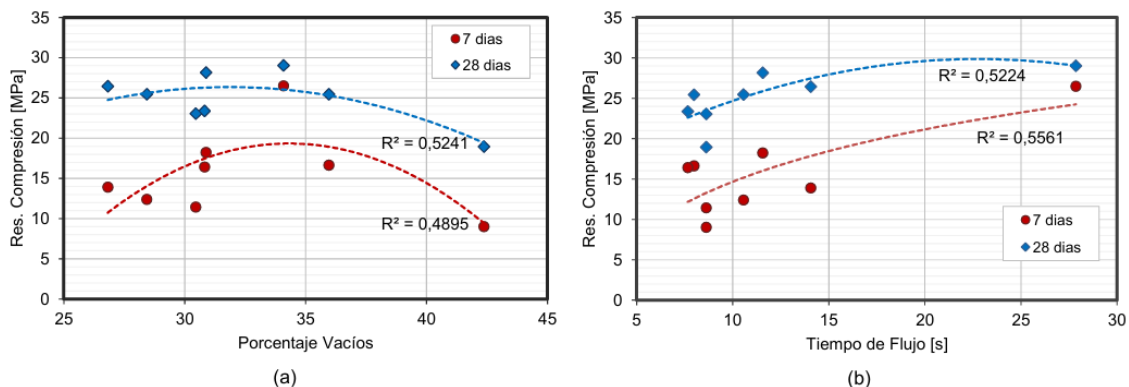


Figura 6. Relación entre la resistencia a compresión a 7 y 28 días de los morteros, (a) con el porcentaje de vacíos y (b) con el tiempo de flujo para las muestras de arenas.

Para las variables estudiadas hasta el momento en el estado endurecido al relacionar las resistencias a flexión y compresión con el porcentaje de vacíos y el tiempo de flujo se observa que la correlación es muy similar (Figura 5 y Figura 6). En la Figura 5.a se relaciona el porcentaje de vacíos de la arena con la resistencia a flexión del mortero a 7 y 28 días. A medida que el contenido de vacíos se incrementa, la resistencia se mantiene a los 7 días, y tiende a disminuir levemente a los 28 días. En el caso del tiempo de flujo se observa un comportamiento similar, aunque con una leve tendencia a incrementar la resistencia al aumentar el tiempo de flujo, lo que podría deberse a la mayor adherencia que provoca la superficie rugosa de la ATB (Figura 5.b).

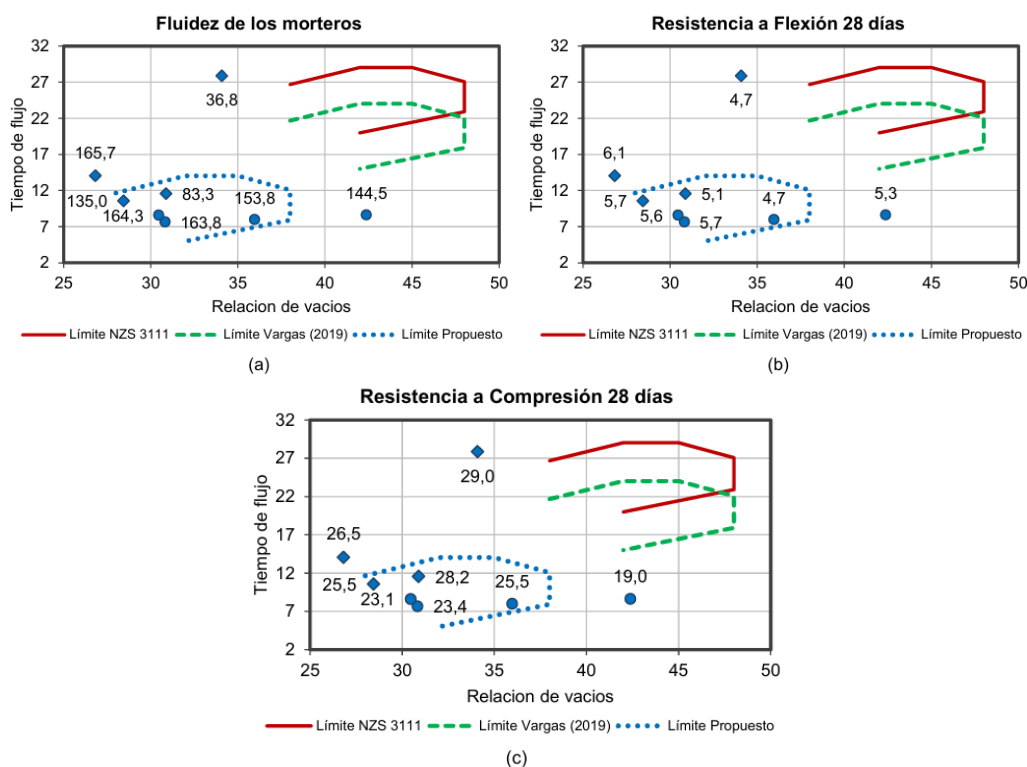


Figura 7. (a) Valores óptimos de fluidez de los morteros, (b) de resistencia a flexión a 28 días y (c) Valores óptimos de resistencia a compresión a 28 días.

En la Figura 6.a y Figura 6.b se muestran los resultados de los ensayos a compresión con respecto al porcentaje de vacíos y al tiempo de flujo, respectivamente. El comportamiento es similar al observado para la resistencia a flexión, con un leve decremento al incrementar el porcentaje de vacíos y un aumento al incrementar el tiempo de flujo en el embudo. A 28 días, las resistencias media y máxima a compresión fueron de 25.0 MPa y 29.0 MPa, respectivamente. El mayor valor de resistencia corresponde al mortero elaborado con un 100% de ATB16.

Se estudió el efecto del porcentaje de vacíos y tiempo de flujo contrastando los valores obtenidos con las zonas especificadas por la norma NZS 3111 y los límites adoptados por Vargas y otros (2019) para AT nacionales. Se observó que los valores obtenidos no se ajustan a estas zonas especificadas, principalmente en lo que respecta a resistencias las cuales fueron inferiores a las establecidas. Por lo cual resultaría apropiado plantear nuevos límites para cada propiedad, con un criterio basado en los rangos óptimos entre los resultados obtenidos. De este modo, se propone modificar la zona (línea de trazos), tal como se indica en la Figura 7, donde las excepciones son los morteros con 100 % de ATB pasante del tamiz N°16 y con 100 % de ANF, que corresponden a las muestras de mayor finura. Luego en menor medida la mezcla elaborada con 100 % de ATB lavada.

Conclusiones

A partir de los ensayos y análisis realizados hasta el momento con arena de trituración basáltica y otras arenas locales se concluye lo siguiente:

- Se logró reproducir el equipo de medición normalizado adaptado y se verificó su aplicación en las arenas que se emplean en nuestra región.
- La caracterización simultánea de la arena por medio del porcentaje de vacíos y el tiempo de flujo se asoció de manera efectiva con el MF y las propiedades del mortero elaborado. Esta doble caracterización resultó ser sensible a los cambios de tipos de arenas, a las mezclas de arenas diferentes y a los procesamientos que se le pueden efectuar.
- Las series donde se emplea la ATB y sus modificaciones granulométricas y/o el contenido de polvo (ATB, ATBL y ATB16) presentaron comportamientos diferentes a las muestras en las que se emplearon las arenas naturales silíceas (AN y AFN). Esto muestra la influencia de la proporción relativa de partículas rugosas y redondeadas en las arenas.
- Al efectuarle diferentes procesos a la AT basáltica o mezclando arenas en distintas proporciones, se verificó un mayor impacto de estos cambios en la resistencia de los morteros.
- Se propone una nueva zona óptima en base a niveles mínimos de fluidez y máximos de resistencia a 28 días de los morteros elaborados con las arenas en estudio.
- La caracterización de arenas desconocidas por medio del cono modificado permitirá predecir con cierta certeza el comportamiento de un mortero “estándar”, con una proporción cemento-arena igual a 1:3, en peso y una relación a/c igual a 0.60.

Referencias

- Cabrera, O.A. (2013). “Caracterización de la durabilidad de hormigones con arenas de trituración”, Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur, Departamento de Ingeniería, 365 páginas.
- Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón CIRSOC 201. Cap. 3. Materiales. Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Bs.As. 2005.
- Vargas, W., Petit, Horacio, Cabrera, O. (2019). Predicción de las propiedades de morteros en base a la evaluación de la arena. 10.21041/CONPAT2019/V1CC45.
- Wigum, B. J. (2011). “Classification and Particle Properties of Fine Aggregates (< 63µm) - Applied as concrete aggregate. FA 2 Competitive constructions. SP 2.3 High quality manufactured sand for concrete”, Publisher SINTEF Building and Infrastructure, Series: COIN Project Report; 32, Oslo, Norway.

Norma IRAM 1622: Cemento Portland. Método de determinación de las resistencias a la compresión y a la flexión, 1962.

Norma IRAM 1627: Agregados: granulometría de los agregados para hormigones, 1997.

Norma IRAM 1679: Cemento de albañilería. Métodos de ensayo, 1970.

Norma IRAM 1871: Hormigón. Método de ensayo para determinar la capacidad y la velocidad de succión capilar de agua del hormigón endurecido, 2004.

CEMENTERIO VIEJO DE CONCORDIA

Catálogo del Patrimonio Funerario

OLD CONCORDIA CEMETERY

Catalog of Funerary Heritage

Presentación: 07/10/2025

María Alejandra Bruno

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina.
arq.alebruno@gmail.com

Nicolás Leal

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina.
nicoutn2016@gmail.com

Rocío Olivera

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Concordia, Entre Ríos, Argentina.
rocioelivera11@gmail.com

Resumen

La Villa de San Antonio de Padua de la Concordia, fundada en 1832, tuvo su primer cementerio, en el año 1852. Al crecer la ciudad, el mismo quedó incluido en la zona urbana entre las actuales calles Humberto Primero entre Sargento Cabral y Ramírez, en la ciudad de Concordia, provincia de Entre Ríos.

La planta del cementerio, es un polígono irregular. Posee en el centro del predio una cruz de Hierro del año 1777, que fue donada al cumplirse los 152 años de la fundación de Concordia (6 de Febrero de 1982).

En el Siglo XIX, la ciudad de Concordia, fue azotada por tres epidemias de cólera, lo que hizo que en este cementerio haya indicios de sepulturas por esta causa.

Los panteones se ubican en los muros laterales, con forma de bóvedas de ladrillos, también posee importantes panteones con gran riqueza formal y expresiva, que se ubican sobre la calle de acceso desde el portón principal hacia la cruz mayor, y en torno a esta última, se encontraban los panteones de las principales familias de la ciudad.

En el predio además de los mausoleos de mármol de interés artístico también consta la importancia histórica, debiendo destacar los monumentos de Manuel y Santiago Artigas, hijos del General José Gervasio Artigas, héroe de la Guerra de la Independencia Argentina y prócer de la Independencia Uruguaya.

Cabe destacar que existe gran cantidad de lápidas escritas en inglés, lo que denota que existía una gran comunidad de habitantes anglosajónicos en esta ciudad.

En el año 1986, el edificio del Cementerio Viejo, fue declarado "Zona de Reserva Histórica" mediante el Decreto municipal N° 22.552, propiciando estudios tendientes a la preservación y mejoramiento del predio.

El objetivo de este trabajo es la realización de un Catálogo del Cementerio Viejo de Concordia y las acciones a desarrollar para su restauración y puesta en valor, salvaguardando el cementerio tan íntegramente como sea posible y respetando la memoria.

Abstract

The Villa de San Antonio de Padua de la Concordia, founded in 1832, had its first cemetery in 1852. As the city grew, it was included in the urban area between the current Humberto Primero streets between Sargento Cabral and Ramírez, in the city of Concordia, province of Entre Ríos.

The cemetery plan is an irregular polygon. In the center of the property it has an Iron cross from the year 1777, which was donated on the 152nd anniversary of the founding of Concordia (February 6, 1982).

In the 19th century, the city of Concordia was hit by three cholera epidemics, which meant that in this cemetery there were signs of burials due to this cause.

The pantheons are located on the side walls, in the form of brick vaults, it also has important pantheons with great formal and expressive richness, which are located on the access street from the main gate to the main cross, and around the latter, were the pantheons of the main families of the city.

In addition to the marble mausoleums of artistic interest, the property also has historical importance, highlighting the monuments of Manuel and Santiago Artigas, sons of General José Gervasio Artigas, hero of the Argentine War of Independence and hero of the Uruguayan Independence.

It should be noted that there is a large number of tombstones written in English, which denotes that there was a large community of Anglo-Saxon inhabitants in this city.

In 1986, the Old Cemetery building was declared a "Historical Reserve Zone" by municipal Decree No. 22,552, promoting studies aimed at the preservation and improvement of the property.

The objective of this work is to create a Catalog of the Old Concordia Cemetery and the actions to be developed for its restoration and enhancement, safeguarding the cemetery as completely as possible and respecting its memory.

Palabras clave: Patrimonio, cementerio, puesta en valor, patologías

Keywords: Heritage, cemetery, value, pathologies

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Concordia, Entre Ríos, cuenta con una importante cantidad de obras de valor patrimonial que datan desde su fundación y denotan la importancia de la misma en materia artística, arquitectónica e histórica. Entre estos bienes patrimoniales, el Cementerio Viejo de Concordia ocupa un lugar central no solo por su antigüedad, sino también por la extraordinaria diversidad cultural, histórica y material que reúne. Se trata de un espacio que sintetiza más de un siglo de prácticas sociales, arquitectónicas y simbólicas, constituyéndose como un verdadero museo a cielo abierto de la ciudad.

El Cementerio fue habilitado en 1852, originalmente ubicado en la periferia del casco urbano de la ciudad. Sin embargo, debido al crecimiento de la ciudad, quedó finalmente incorporado dentro del área consolidada, delimitado hoy por las calles Humberto Primero, Sargento Cabral y Ramírez. Su trazado adopta una planta irregular, característica propia de los cementerios originados a partir de necesidades inmediatas durante la etapa fundacional. En el centro del predio se erige una cruz de hierro fechada en 1777, incorporada al sitio en 1982 con motivo del 152º aniversario de la ciudad, aportando un componente simbólico que conecta la memoria local con tradiciones cristianas aún más antiguas.

La organización interna del cementerio presenta una tipología variada. Los panteones se ubican mayormente sobre los muros laterales, conformados por bóvedas de ladrillo, mientras que los mausoleos de mayor riqueza formal se disponen a lo largo del eje que conecta el acceso principal con la cruz mayor. En torno a este punto central se situaban tradicionalmente los panteones pertenecientes a las familias más influyentes de la ciudad, reflejando no solo estilos arquitectónicos singulares, sino también jerarquías sociales propias del período. Entre las sepulturas de mayor relevancia histórica se destacan los monumentos funerarios de Manuel y Santiago Artigas, hijos del General José Gervasio Artigas, figura fundamental de la independencia rioplatense, el panteón de la Familia Arruabarrena, las sepulturas de los nietos del General J.J. de Urquiza, el panteón de la familia Zorraquín-Machaín y de la Sociedad Italiana.

Las fechas de las sepulturas se concentran principalmente entre 1850 y 1910, período asociado a fenómenos demográficos significativos, como las corrientes migratorias inglesas, francesas y españolas. Esto se evidencia tanto en la presencia de inscripciones funerarias en dichos idiomas como en la existencia de panteones vinculados a comunidades específicas, tal es el caso del panteón de la Sociedad Italiana. Asimismo, el Cementerio Viejo conserva indicios materiales relacionados con diversas crisis sanitarias que afectaron a la ciudad, entre ellas las tres epidemias de cólera del siglo XIX,

que dieron lugar a un notable incremento en los registros de defunciones. El conjunto incluye, además, sepulturas de militares que participaron en episodios claves para la consolidación de la Nación Argentina, tales como la Batalla de Caseros, la invasión porteña a Entre Ríos, la Batalla de India Muerta y la Guerra de la Triple Alianza. Esta concentración de testimonios convierte al cementerio en un espacio donde confluyen diversas dimensiones de la historia social, política y cultural, tanto de la ciudad como del país.

Considerando la carga histórica, artística y simbólica de este predio, en 1986 el Cementerio Viejo fue declarado “Zona de Reserva Histórica” mediante el Decreto Municipal N° 22.552. Esta normativa reconoció formalmente su valor patrimonial y promovió la realización de estudios orientados a su preservación. A partir de dicha declaración se establecieron las bases para futuras intervenciones de conservación, las cuales, siguiendo criterios y procedimientos técnicos específicos, se centran en la limpieza biológica de los mausoleos afectados por vegetación, líquenes y musgos; la consolidación de los materiales originales; y la aplicación de estrategias de mínima intervención destinadas a asegurar la integridad y autenticidad del conjunto.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, el presente libro aborda una de las técnicas más efectivas y extendidas para el registro, estudio y preservación de bienes patrimoniales: la catalogación. Tal como señala Benavides Solís (1999):

“la catalogación es el instrumento administrativo y científico en el que se inscriben de forma individual los bienes objetos de tutela, los actos jurídicos que les afecten, el régimen de protección aplicable, las actuaciones a la que son sometidos y los resultados de los estudios realizados sobre ellos”.

El registro y la identificación sistemática de los bienes culturales constituyen un primer paso fundamental en el proceso de conservación del patrimonio. En este sentido, el catálogo se configura como una herramienta de estudio, análisis y protección, permitiendo comprender en profundidad las características, los valores y las vulnerabilidades de cada bien.

Bajo esta metodología, cada sepultura del Cementerio Viejo es tratada como una unidad patrimonial individual. El análisis contempla su constitución material, morfología, ornamentación y patologías relevadas, al mismo tiempo que se examina su valor patrimonial tangible e intangible. Finalmente, cada ficha incorpora una propuesta cualitativa de grado de protección, con el fin orientar futuras acciones de conservación, gestión y puesta en valor del inmueble.

DESARROLLO

La fundación de la Villa de San Antonio de Padua de la Concordia data del 6 de febrero de 1832, fecha establecida mediante ley por la Honorable Cámara de Diputados de la Provincia de Entre Ríos. La nueva población se ubicó en la confluencia del arroyo Yuquerí Grande y la margen izquierda del río Uruguay, en un punto estratégico tanto para la defensa como para el intercambio comercial regional.

Ese mismo año se designó al presbítero Mariano del Castillo como Comisionado para la fundación. El 17 de junio de 1832 abrió el primer Libro de Bautismos, acto que marca formalmente el inicio de la vida espiritual y administrativa de la comunidad.

En 1833, el coronel Antonio Navarro, asignado por el general Justo José de Urquiza como comandante de un Regimiento de Infantería, llegó a la villa e impulsó la construcción de numerosas obras: la Comandancia, la Aduana, la Iglesia, la Receptoría y el Saladero. Asimismo, delineó la plaza y las primeras calles, distribuyó terrenos y colaboró en la construcción de viviendas. Diversos autores lo denominan, con justicia, “el constructor” de la villa.

En el plano sanitario, la región padeció durante el siglo XIX una serie de enfermedades y epidemias que tuvieron un fuerte impacto demográfico. Entre las principales causas de muerte registradas se encontraban hidropesía, pasmo convulsivo, calentura, irritación nerviosa y muerte repentina, además de brotes epidémicos de viruela, escarlatina (1850), fiebre amarilla (1836 y 1837) y sarampión (1852).

El primer plano de la Villa de la Concordia (Fig. N°1), confeccionado por el presbítero Del Castillo, registra la ubicación del cementerio inicial con la inscripción Ad Postum (“destino último”). En dicho plano también aparecen señaladas

sepulturas correspondientes a fallecidos durante la epidemia de cólera de 1838. Este primer cementerio se ubicaba entre las actuales calles Laprida, Brown, Quintana y Alem, y constituyó el antecedente directo del actual Cementerio Viejo.

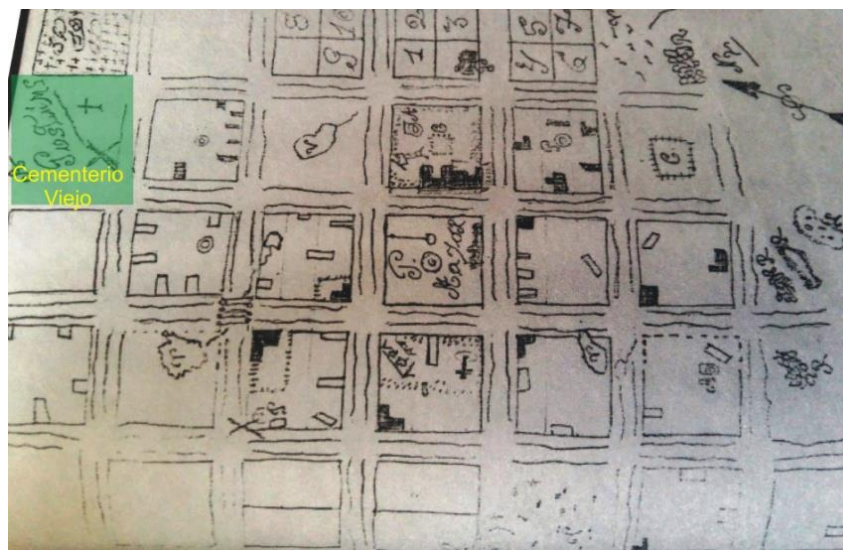


Figura 1. Primer plano de la ciudad de Concordia. En verde se aprecia la ubicación del Cementerio Viejo.

Con el crecimiento de la población, aquella localización se volvió inadecuada tanto por su proximidad al núcleo habitado como por la presencia de grandes piedras que dificultaban la excavación de tumbas. Por ello, el padre Navarro solicitó al general Urquiza la autorización para trasladar el cementerio a un sitio más alejado:

“En atención a esto y a la sabia advertencia de V.E. que todo lo prevé, nos hemos fijado en una cuchilla muy a propósito para el efecto y distante del pueblo como doce cuabras; si es del supremo agrado de V.E. que con ella se edifique todo, este vecindario se presta gustoso a sacar y trasladarse todos los materiales”.

La construcción del nuevo cementerio comenzó en 1850 y finalizó en 1852. Ubicado entre las actuales calles Humberto Primero, Sargento Cabral y Ramírez, el Cementerio Viejo se encuentra hoy completamente incorporado al tejido urbano de la ciudad.



Figura 2. Ubicación del Cementerio Viejo de Concordia.

En este cementerio descansan personas de destacada relevancia para la historia local y regional, entre ellas:

- Familia Arruabarrena
- Nietos del general Justo José de Urquiza
- Hijos del general José Gervasio Artigas
- Familia Zorraquín-Machaín
- Familia Legeren
- Familia Siburu
- Sociedad Italiana
- Familia O'Connor
- Leoncio de Luque
- Domingo Duarte Manzores
- Familia Mansilla
- Familia Maciel
- José María Oria
- Familia Coldaroli

Muchas de estas personas fueron inmigrantes que aportaron oficios, conocimientos y actividades económicas fundamentales para el desarrollo local. Entre las profesiones se registran comerciantes, viñateros, ganaderos, militares, intendentes, jueces, fiscales, periodistas, abogados, médicos, marmoleros y navegantes. Las nacionalidades representadas incluyen franceses, españoles, vascos (de ambos lados), italianos, ingleses y portugueses.

El cementerio también conserva sepulturas de militares que participaron en batallas decisivas para la historia regional y nacional, entre ellas:

- Batalla de Caseros (1852)
- Invasión militar porteña a Entre Ríos (1852)
- Batalla de India Muerta (1845)
- Guerra de la Triple Alianza (1865)
- Batalla de Carpintería (1836)
- Batalla de Yucutuja (1837)
- Batalla del Palmar (1838)
- Batalla de Cagancha (1839)

La trascendencia histórica del conjunto se expande incluso al ámbito internacional. Tal es el caso de la sepultura de Juan Megget, oficial de marina británico que navegó en el HMS Beagle junto al entonces teniente Robert Fitz-Roy y el naturalista Charles Darwin, durante una de las expediciones científicas más influyentes del siglo XIX.

A diferencia de las manzanas que lo rodean, la planta del cementerio consiste en un hexágono irregular, de aproximadamente 5500 m². Su lado de mayor longitud, orientado al sureste, se encuentra lindante a la Plazoleta de los Fundadores, erigida en homenaje a los primeros gobernantes y pobladores de Concordia. Posee en el centro del predio una cruz de Hierro del año 1777, que fue donada al cumplirse los 152 años de la fundación de Concordia, el 6 de febrero de 1982.

Las sepulturas con mayor riqueza formal y expresiva se ubican sobre la calle de acceso desde la entrada hacia la cruz mayor. En torno a esta última, se encontraban los panteones de las principales familias de la ciudad. Sobre la pared sureste, si bien también encontramos importantes panteones y mausoleos, poseen una jerarquía artística. El resto del campo es ocupado, en su mayoría, por panteones con diseños más austeros, y tumbas, poseyendo ambas mucho menor valoración patrimonial arquitectónica e histórica que las anteriores.



Figura 3. Plazoleta de los Fundadores.



Figura 4. Placa conmemorativa.



Figura 5. Acceso y calle principal.

En su totalidad, el Cementerio Viejo de Concordia posee las siguiente es tipologías de sepulturas:

Tipo de sepultura	Descripción	Características
Tumba	Espacio para inhumación practicado directamente en el suelo, a menudo para entierros múltiples de una familia.	Excavación en la tierra, más tradicional.
Nicho	Cavidad cerrada en un muro o pared, que puede albergar un féretro o una urna y se sella con una lápida.	Ubicación vertical, con ocupación individual.
Urna	Recipiente para los restos incinerados de una persona.	Usada en columbarios y nichos. Puede ser la disposición final de los restos tras la cremación.
Panteón	Edificio o estructura elevada con varios espacios (nichos) para los restos de una familia o grupo étnico.	Monumento colectivo, más amplio y ornamentado que una tumba.
Mausoleo	Monumento funerario, generalmente individual, construido sobre el suelo para destacar el estatus de los enterrados.	Estructura grande y elaborada sobre una tumba, puede incluir criptas o nichos.

Tabla 1. Tipos de sepulturas en el Cementerio Viejo de Concordia.

¹ Relevamiento realizado por Sergio Raúl Gilabert, 1983.

Estos tipos de sepulturas se distribuyen en la planta del cementerio según se observa en la Figura N°6. En su totalidad, han sido identificadas 136 sepulturas, combinando relevamientos in situ y antecedentes históricos¹, y un total de 186 personas. Si bien se tiene certeza de que el número de personas sepultadas en el Cementerio Viejo supera ampliamente los 250, se hace imposible identificar a los restantes dada la destrucción de las lápidas y urnas que contienen los datos de defunción.

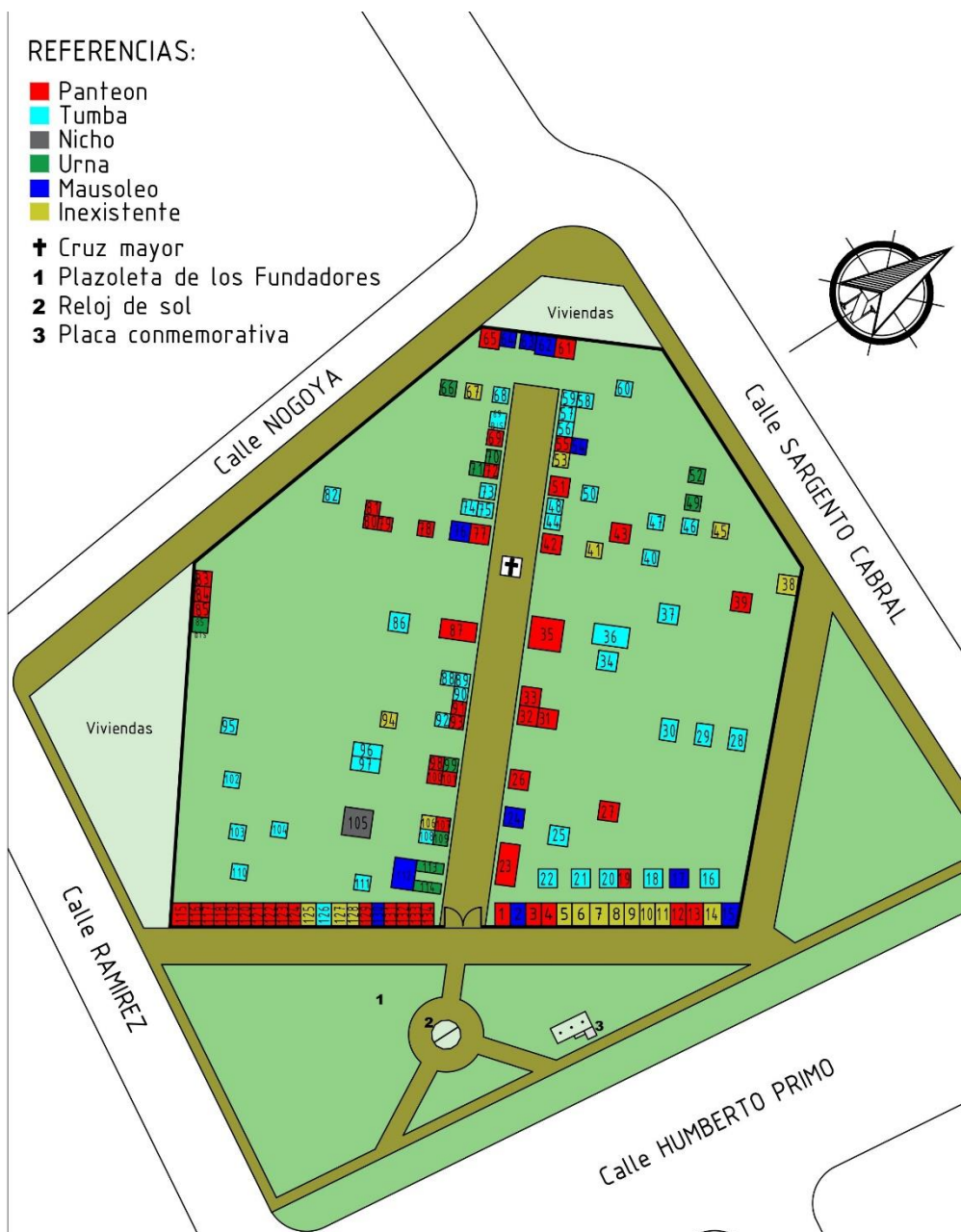


Figura 6. Planta del Cementerio Viejo con tipos de sepulturas.

PATOLOGÍAS

Al momento de realizar el relevamiento, el cementerio se encontraba en un total estado de abandono, con muchos panteones y mausoleos a punto de colapsar, y habiendo sido saqueado en varias ocasiones.

Una vez realizada la limpieza de la vegetación en los caminos y entre las principales sepulturas, se procedió a hacer un relevamiento de las patologías particulares, comprobándose un estado de deterioro avanzado y en muchos casos irreversible. Los problemas más graves están ligados al mal estado de conservación y al vandalismo. (Figuras 7 y 8).



Figura 7. Panteones con el mayor grado de deterioro relevado.



Figura 8. Panteones vandalizados. El panteón de la derecha fue sellado con un muro de ladrillos de cemento debido al robo de su placa de mármol.

Ante esto, se plantearon las primeras acciones que consistieron en detectar y relevar patologías estructurales y de aspecto en las sepulturas y el relevamiento particular de aquellas que hubiesen sido intromisadas por vegetación que pudieran afectar la estructura de las mismas como así también los revestimientos, mamposterías y molduras. En este relevamiento se detectaron las siguientes patologías:

Deterioro de las esculturas y placas de mármol: la mayoría de las esculturas está afectada por una densa pátina negra, compuestas por polvo y cianobacterias. Se observaron mausoleos y panteones con sus puertas de mármol fisuradas y destruidas en su totalidad, lo cual dificultó la identificación de muchas sepulturas dado que las puertas funcionan también como lápida. Ante esta pérdida, algunos panteones fueron sellados con muros de ladrillo y bloques de hormigón (Figura 9).

Alteraciones en mamposterías: en algunas situaciones las faltantes de mamposterías son estructurales y algunas han sido propias del deterioro y el abandono. También se observaron fisuras en mamposterías, en muchos casos debido a los asentamientos diferenciales en las bases de los arcos. (Figura 10).



Figura 9. Deterioro en esculturas y placas de mármol. A la izquierda se observa una escultura de mármol cubierta por una pátina negra. En el centro y derecha se observan placas y puertas de mármol destruidas.



Figura 10. Alteraciones en mamposterías.

Presencia de fisuras: las fisuras detectadas se deben principalmente a los mampuestos faltantes, asientos diferenciales de las bases y en muchos casos a la vegetación invasiva. Si bien se observan principalmente en muros, también se encuentran en cornisas y molduras (Figuras 11 y 12).



Figura 11. Presencia de fisuras en panteones. A la derecha se observan fisuras y desprendimiento de revestimiento debido a la acción mecánica de vegetación invasiva.



Figura 12. Presencia de fisuras en panteones.

Deterioro en revoques y molduras: debido a la humedad, vegetación en mampuestos y falta de mantenimiento, se han producido desprendimientos importantes de revoques y molduras (Figura 13).



Figura 13. Desprendimiento de revoques en panteones.

Procesos de corrosión: se observan en los perfiles de bovedillas, rejas exteriores, puertas y elementos ornamentales (Figura 14).



Figura 14. Procesos de corrosión en perfiles de bovedilla (izq.) y en elementos ornamentales (der.).



Figura 15. Restos de pintura en ornamenta de cerámica (izq.) y en el revoque exterior de un mausoleo (der.).

Restos de pintura: en algunos elementos ornamentales se observan restos de pinturas que brindaban color y decoración a las sepulturas (Figuras 15).

Grafitis: se deben al vandalismo y falta de control. No son muy abundantes, y todos tienen la misma letras R encerrada en un círculo (Figura 16).



Figura 16. Grafitis practicados en la puerta de los panteones.

Acción mecánica por crecimiento de vegetación: en algunas tumbas, el deterioro producido se debe por la acción de empuje debido al crecimiento de árboles y arbustos de gran porte sobre las mismas.



Figura 17. Fisuras en tumbas debido al empuje de arboles y arbustos.

Saqueos de tumbas y panteones: debido a la falta de control y seguridad en el predio, se han vandalizado múltiples sepulturas, extrayendo piezas ornamentales y destruyendo urnas y ataúdes en el interior de los panteones (Figura 18).



Figura 18. Saqueo de panteones, con el consecuente deterioro de ataúdes y urnas.

Presencia de vegetación superficial e invasiva: se hizo un relevamiento visual y fotográfico del predio y se registraron las especies vegetales presentes. Tomando en cuenta sus características, se calcularon los índices de peligrosidad para cada caso. El índice de peligrosidad (IP) de las plantas fue desarrollado en Italia por Signorini y es un número que varía entre 1 y 10, obtenido de una tabla preestablecida sumando valores dados por distintas características de la planta: si es anual, bianual o perenne; herbácea, arbustiva o arbórea; si tiene crecimiento lento, moderado o es invasora; si tiene raíces penetrantes o superficiales, y si da vástagos o no. El resultado da una estimación del daño que puede causar la planta a la integridad de la estructura, siendo mayor para especies con IP cercano a 102.

Entre la vegetación superficial relevada se encontró:

- Bryophyta (musgos): son organismos pequeños, formados por raicillas o rizoides, un talluelo o caulóide y hojuelas o filoides. El principal daño que causan es por la penetración del sustrato, aunque, por el tamaño de estas especies, resulta superficial (Figura 19)

² Signorini, 1996; Rosato y García, 2012; Rosato, Correa y García, 2015.

- Líquenes: especie conformada por la combinación de un hongo y una o varias poblaciones de algas o cianobacterias
- Moho
- Cianobacterias

Por otra parte, se relevaron las siguientes especies vegetales invasivas:

- *Blechnum brasiliensis* (Helecho): planta con grandes frondes pinnatífidas con folíolos delgados y opuestos. El daño a las construcciones es causado por el rizoma.
- *Dryopteris filix-mas* (Helecho macho): planta con frondes pinnatífidas de gran tamaño. Es una especie introducida como ornamental y medicinal. Como en todos los helechos, las frondes se originan de un rizoma semienterrado, que en estos casos puede generar y agrandar grietas y fisuras (Figura 19).
- *Ficus luschnathiana* (Higuerón): especie sudamericana de la familia de las higueras, que habitualmente crece sobre palmeras, a las que rodea con sus raíces, impidiéndoles crecer y matándolas. En Misiones se la puede observar en las ruinas de San Ignacio y Santa Ana. También se la ha hallado en La Plata creciendo sobre edificios (Figura 20).
- Gramineas (pastos): plantas herbáceas con raíces difusas, de hojas acintadas, paralelinervadas, con flores y semillas reunidas en una espiga. En este caso, no se pudo proceder al reconocimiento de las especies, ya que no estaban fértiles (Figura 20).
- *Lantana camara* (Camará): arbusto que puede crecer hasta 1,5 m, con hojas verde grisáceas, de borde aserrado, aromáticas. Inflorescencias amarillas en el centro y anaranjadas hacia la parte exterior, con frutos drupáceos, oscuros. Es nativa de las regiones tropicales y subtropicales de América del Sur y Central, pero se ha expandido en diversas áreas de Asia, África y Australia. La UICN (Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza) la incluyó en la Lista 100 de “Especies exóticas invasoras más dañinas del mundo” (Figura 21).
- *Nicotiana glauca* (Palán –palán): arbusto leñoso perenne de 2 a 4 m, aparato radical con gran desarrollo pudiendo alcanzar una profundidad considerable, se reproduce vegetativamente por estolones radicales, posee flores tubuliformes amarillas que son polinizadas por mariposas y picaflores, Los frutos son de tipo cápsula y contienen numerosas semillas muy pequeñas. Es una planta nativa de zonas montañosas adaptada a crecer en suelos rocosos; también se la encuentra adventicia en regiones cálidas de todo el mundo y es muy común encontrarla creciendo sobre muros (Figura 21).
- *Pteris longifolia* (Helecho): planta de hasta 90 cm, aparato radical denso con numerosas raíces que no penetran a gran profundidad, sino que se adhieren superficialmente, utiliza grietas preexistentes para su anclaje a la superficie. Se la puede encontrar sobre troncos y es muy común observarla sobre muros en la zona de La Plata³ (Figura 22).
- *Tillandsia aëranthos* (Clavel del aire): pequeña planta herbácea epífita con hojas arrosetadas de 6 cm de largo, las raíces son numerosas y pequeñas y no penetran en el sustrato, sino que se adhieren superficialmente. Durante la primavera da flores con pétalos de color lila y extremo azul. Es común encontrarla adherida a diversos tipos de sustratos (Figura 22).



Figura 19. *Dryopteris filix-mas* creciendo en la base de un mausoleo (izq.) y *Bryophyta* (musgo) en el revestimiento exterior de un mausoleo (der.).

³ Rosato y García, 2012



Figura 20. *Ficus luschnathiana* creciendo sobre la cornisa de un mausoleo (izq.). Gramíneas creciendo sobre el techo de un mausoleo.



Figura 21. *Lantana Camara* creciendo sobre la cornisa de un mausoleo (izq.). *Nicotiana Glauca* creciendo en la escalera de un panteón.



Figura 22. *Pteris longifolia* creciendo sobre una cornisa. *Tillandsia aëranthos* creciendo en una ornamenta de mármol.

ACCIONES DE PROTECCIÓN

Se llevó a cabo un relevamiento exhaustivo de todas las sepulturas identificables del cementerio. Paralelamente, se realizaron intervenciones de protección en aquellas que presentaban un estado de deterioro más avanzado.

De manera general, las etapas desarrolladas desde el relevamiento inicial hasta la confección de las fichas que integran el presente catálogo fueron las siguientes:

1. **Relevamiento fotográfico integral** de tumbas y panteones (Figura 23);
2. **Elaboración de la planimetría general** con ubicación e identificación de las sepulturas;
3. **Registro y clasificación de patologías** observadas;
4. **Selección de sepulturas** para proceder a intervenciones sobre la vegetación invasiva;
5. **Cuantificación de la superficie afectada** en cada caso;
6. **Ejecución de intervenciones específicas** de control y retiro de vegetación;
7. **Procesamiento y síntesis de la información** en las fichas de catalogación, donde se analizan las principales características de cada sepultura: propietarios, ornamentación, materiales, patologías detectadas y antecedentes históricos;
8. **Propuesta de grado de protección**, elaborada a partir de una valoración cualitativa de cada sepultura.



Figura 23. Relevamiento fotográfico de sepulturas.



Figura 24. Intervenciones en la vegetación invasiva de sepulturas seleccionadas.

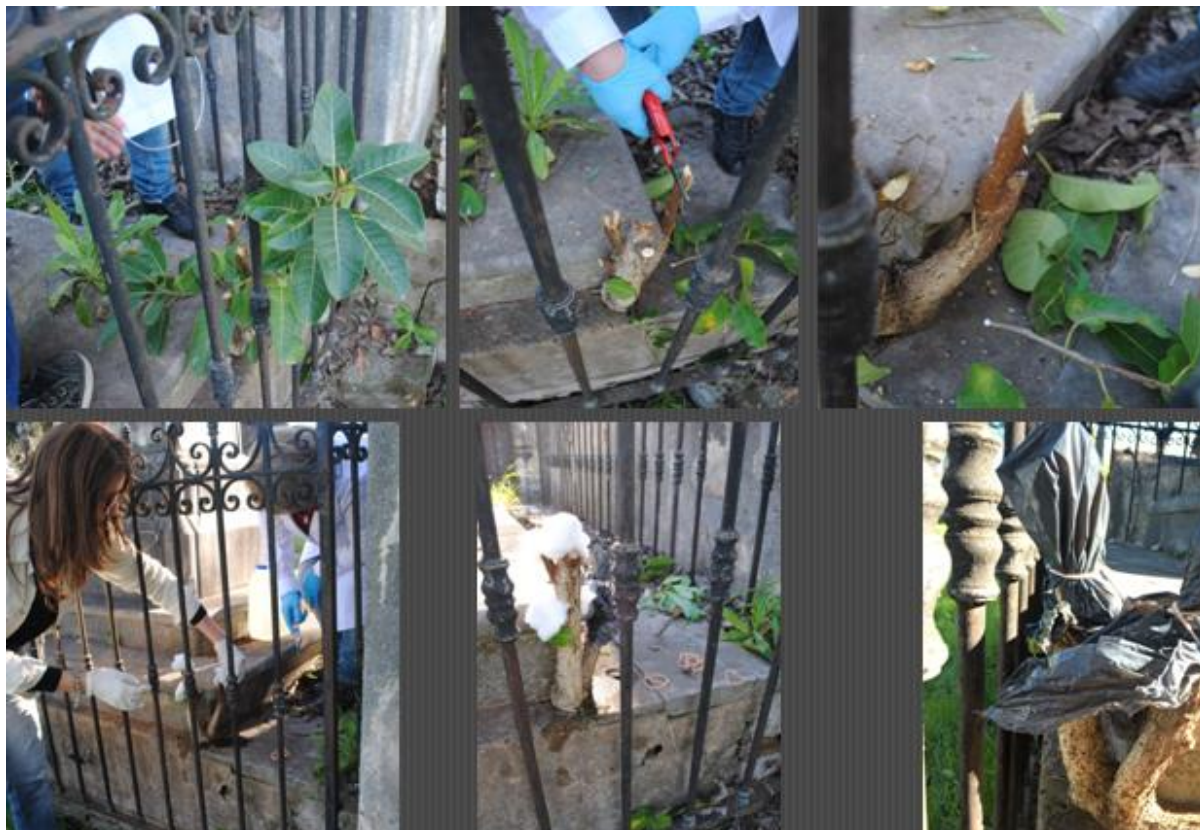


Figura 25. Intervenciones en la vegetación invasiva de sepulturas seleccionadas.



Figura 26. Intervenciones en la vegetación invasiva de sepulturas seleccionadas.

El paso 8 consistió en clasificar cada sepultura dentro de una escala cualitativa, considerando su valor patrimonial, artístico e histórico, con el fin de orientar los futuros esfuerzos de conservación y puesta en valor. La escala y los criterios adoptados fueron los siguientes:

Grado de protección propuesto	Descripción	Características
ALTO	Espacio para inhumación practicado directamente en el suelo, a menudo para entierros múltiples de una familia.	Excavación en la tierra, más tradicional.
MEDIO	Cavidad cerrada en un muro o pared, que puede albergar un féretro o una urna y se sella con una lápida.	Ubicación vertical, con ocupación individual.
BAJO	Recipiente para los restos incinerados de una persona.	Usada en columbarios y nichos. Puede ser la disposición final de los restos tras la cremación.

Tabla 2. Grados de protección propuestos.

En la figura 27 se presenta la planta del cementerio con todas las sepulturas relevadas, valoradas según la escala mencionada.

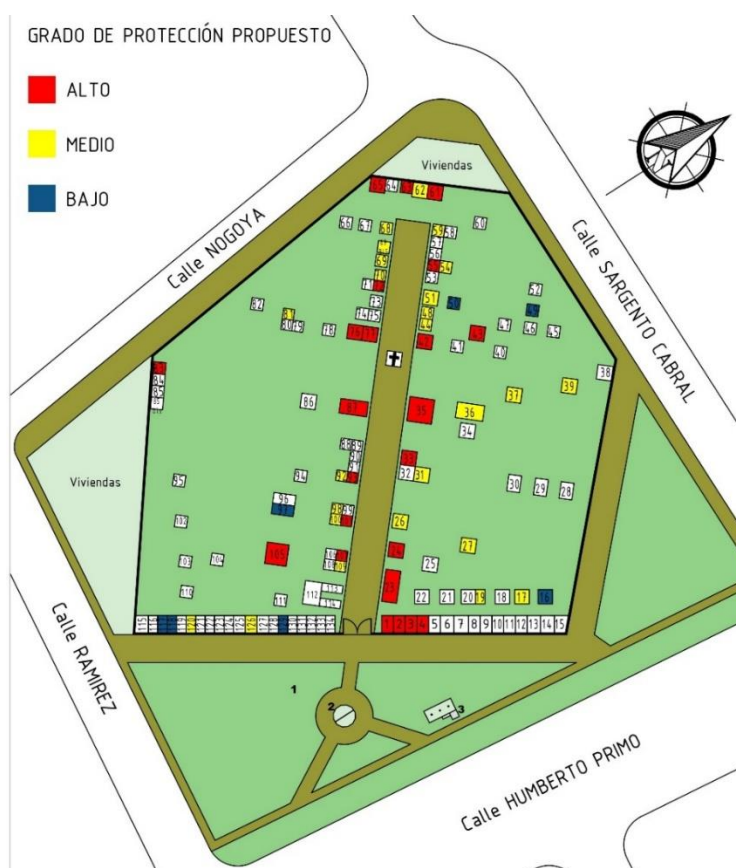


Figura 27. Planta del cementerio con sepulturas según grado de protección propuesto.

Como puede observarse, las sepulturas con mayor grado de protección se concentran en torno al sendero central, especialmente alrededor de la cruz mayor. Las de grado medio se disponen también sobre el eje central, intercaladas entre las de mayor valor, aunque se identifican algunos casos aislados en el campo abierto. Finalmente, las sepulturas

con grado de protección bajo se localizan predominantemente en sectores periféricos, dispersas y sin formar parte de una hilera o lote específico.

Las acciones descriptas permitieron no solo mejorar el estado de conservación de piezas representativas del cementerio, sino también generar una base técnica y documental sólida para la confección de las fichas de catalogación patrimonial, las cuales sientan las bases para planificar futuras intervenciones de restauración y protección del patrimonio funerario del cementerio.

FICHAS DEL CATALOGO

A modo de ejemplo, se expone una ficha perteneciente al catálogo, considerando datos generales, patologías, descripción, ubicación en el predio, materialización y criterios de valoración

CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo es describir el estado de situación del Cementerio Viejo de Concordia, realizar un catálogo de las obras existentes y enunciar las acciones a desarrollar para su restauración y puesta en valor, salvaguardando el cementerio tan íntegramente como sea posible, respetando las partes originales, con la mínima intervención y adoptando soluciones tendientes a la máxima preservación.

La intervención se inició, con la limpieza general del predio y el relevamiento de las patologías en los mausoleos principales. En estas dos acciones falta primero realizar una limpieza minuciosa de los alrededores de las tumbas y mausoleos y concluir el relevamiento de las tumbas menores y cuantificar la superficie afectadas en todos los casos.

Posteriormente al relevamiento se realizaron las fichas de catálogo, que fueron seleccionadas cuidadosamente, de acuerdo a la importancia y estado de conservación, de manera de poder preservar viva parte de la historia de la ciudad.

CATALOGACIÓN E INVENTARIO DEL PATRIMONIO FUNERARIO EN EL CEMENTERIO VIEJO DE CONCORDIA



FAMILIA ROCA

SEPULTURA N°65

DATOS GENERALES		PLANO DE UBICACIÓN
Propietario/Difunto	Fecha de defunción	
José Roca	1895	
Alejo Roca	S/D	
Manuela Roca	S/D	
Sara Roca	S/D	
Camilo Roca	S/D	
P. Pascual y Forest	S/D	
Dimensiones (aprox.)	Largo: 3,2 m	
	Ancho: 2,7 m	
	Altura: 3,5 m	
Superficie	8,64 m ²	
Cantidad de niveles	2	
Georreferenciación	31°23'18.7"S 58°01'51.1"W	
Intervenciones	<input type="checkbox"/> Si <input checked="" type="checkbox"/> No	

FOTOGRAFÍAS

<p>Vista frontal de la sepultura.</p>	<p>Arriba: columnas circulares, arquitrabe, frontón y friso con identificación del difunto.</p> <p>Abajo: adorno floral realizado artesanalmente con piezas de hojalata.</p>	<p>Urna en el interior del panteón. Se aprecia otro adorno floral apoyado en la parte superior, y la puerta de entrada con el símbolo de una cruz latina.</p>
---------------------------------------	--	---

DESCRIPCIÓN

Identificación	<input checked="" type="checkbox"/> Si ³ <input type="checkbox"/> No
Placa	<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Otros ⁴
Tipología	<input type="checkbox"/> Urna <input type="checkbox"/> Tumba <input checked="" type="checkbox"/> Panteón <input type="checkbox"/> Mausoleo <input type="checkbox"/> Nicho
Aspecto general	<input type="checkbox"/> Excelente <input checked="" type="checkbox"/> Bueno <input type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Deficiente <input type="checkbox"/> Malo
Estilo	-
Molduras/ornamentación/estatuas	Columnas circulares: se encuentran de a pares, a los laterales de la entrada. Su basa posee toro, escocia y pinto. Cada par se apoya en un pedestal rectangular revestido en mármol y pizarra.
	Clepsidra: representa lo fugaz del tiempo. Está esculpida en el mármol del frontón triangular apoyado en el dintel de la entrada.
	Corona de flores: esculpida completamente en mármol, se encuentra en el frontón principal del panteón.

³ Las urnas con los datos de los difuntos se encuentran en el interior del panteón.

⁴ El nombre del difunto está grabado en la piedra del friso.

CATALOGACIÓN E INVENTARIO DEL PATRIMONIO FUNERARIO EN EL CEMENTERIO VIEJO DE CONCORDIA



Molduras/ornamentación/estatuas	Arreglo floral: de forma circular, están realizados artesanalmente con piezas de hojalata labradas a mano. Hay una en cada urna, en la puerta de acceso y en el altar. Puerta de hierro: posee adornos hechos con lazos de hierro, representando múltiples formas curvas y una cruz latina con pedestal.
Descripción general	El panteón presenta una fachada que se destaca por su pórtico clásico, con dos pares de columnas circulares a cada lado de la entrada, apoyadas en un pedestal y sosteniendo el entablamento. Este último está compuesto de un friso, con el nombre del difunto y su familia inscripto en la piedra, y un arquitrabe. El frontón superior posee marcadas cornisas y está decorado con ornamentas tales como volutas y flores esculpidas en mármol.

MATERIALES	
ELEMENTOS COMPONENTES	MATERIALIDAD Y ACABADOS
Muros	Ladrillo común
Pisos/escalones	Mármol
Revoques/revestimientos	Revestimiento de pizarra en el exterior. Revoque a la cal en el interior
Molduras/ornamentación/estatuas	Mármol
Techos/coronamientos	Bóveda de ladrillos
Carpintería/herrería	Hierro

PATOLOGÍAS		
TIPOS	<input checked="" type="checkbox"/> Deterioro de esculturas y placas de mármol <input checked="" type="checkbox"/> Presencia de fisuras <input checked="" type="checkbox"/> Saqueo de tumbas y panteones	<input checked="" type="checkbox"/> Procesos de corrosión <input checked="" type="checkbox"/> Vegetación superficial/hongos <input checked="" type="checkbox"/> Vegetación invasiva
DESCRIPCIÓN	Todo el revestimiento de la fachada y las piezas de mármol presentan una densa pátina negra, posiblemente <i>cianobacterias</i> . La puerta de acceso, los perfiles de la bóveda y la ornamentación metálica presentan un avanzado estado de corrosión. Se han extraído placas de mármol y pizarra del recinto interior, principalmente de un altar ubicado en el interior de la sepultura. Parte del frontón triangular y la pared superior del panteón se han derrumbado. Hay <i>Pteris longifolia</i> y <i>gramínea</i> creciendo en la escalera de acceso y sobre el entablamento, y <i>Pteris longifolia</i> y <i>musgo</i> creciendo en la pared sur entre las juntas de los ladrillos.	
FOTOGRAFÍAS	  	REFERENCIAS 1: corrosión en los perfiles de la bóveda. 2: <i>Pteris longifolia</i> y <i>gramínea</i> creciendo en la escalera de acceso. 3: <i>musgo</i> y <i>Pteris longifolia</i> creciendo en muro exterior.

VALORACIÓN DEL BIEN				
ESTADO DE CONSERVACIÓN	ELEMENTOS	SÓLIDO	DETERIORADO	RUINOSO
	Muros	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Pisos/escalones	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Revoques/revestimientos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Ornamentación/esculturas	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Techos/coronamientos	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Espacios exteriores	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EVALUACIÓN PATRIMONIAL	TIPO	ALTO	MEDIO	BAJO
	Histórico	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Arquitectónico/artístico	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Técnico/constructivo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
GRADO DE PROTECCIÓN PROPUESTO	ALTO – SEPULTURA DE GRAN VALOR ARQUITECTÓNICO E HISTÓRICO			

DOCUMENTACIÓN EXISTENTE
Proyecto básico <input type="checkbox"/> Proyecto de reforma <input type="checkbox"/> Publicación <input type="checkbox"/> Otros <input checked="" type="checkbox"/>

RELEVAMIENTO	
Autor ficha: Nicolás Leal y Rocío Olivera	Supervisión: Arq. María Alejandra Bruno
Fotografías: Grupo GIICMA	Fecha: 03/2025

BIBLIOGRAFÍA

Abella Durán, J. (2001). Céntrica esquina que debe tener una solución urgente. *El Herald*o.

Arquitectura en Concordia. La obra del arquitecto Alejo Martínez (hijo). (1930). *Nuestra Arquitectura* (35).

Avid, F., Bruno, M. A., & Sota, J. D. (2017). Conservación de fachadas patrimoniales: Ferretería Pierrestegui. Trabajo presentado en el *5to Congreso Iberoamericano y XIII Jornada Técnicas de Restauración y Conservación del Patrimonio: COIBRECOPA 2017*. Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica - LEMIT.

Berensztein, S., & Secco, L. R. (2016). *Banco de lo Noción Argentino: Los primeros 125 años*. Obtenido de https://www.bna.com.ar/Downloads/Libro_Banco_Nacion_2017.pdf

Biaszo, C., & Fru nciari, A. (2006). *Tras los huellas del humanismo en las villas italianos de Concordia*.

Blanca de Isla, D., & Tomat-Guido, F. (1991). *Museo Regional Municipal de Concordia -Historio de Vida de un Palacio*. Concordia: Editorial de Entre Ríos.

Bovisio, J., & Cara fío, P. (s.f.). *Ferrovianos y lo medicino social del siglo XX*. Obtenido de <http://revistasoberaniasanitaria.com.ar/ferrovianos-la-medicina-social-del-siglo-xx/>

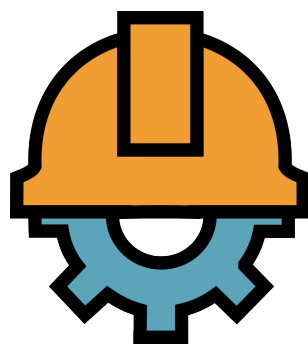
Breve Historia de los Ferrocarriles argentinos. (2012). Obtenido de <https://www.cin.edu.ar/descargas/asuntosacademicos/art.%2043/INGENIERIA%20FERROVIARIA/26-02-13%20Ferroviaria%20-%20Cap%20III.pdf>

Bruno, M. A., Avid, F., & Sota, J. D. (2018). Conservación de fachadas patrimoniales-Ferretería Pierrestegui Concordia, Entre Ríos. *Revista GIICMA* (6)

Bruno, M. A., Cáseres, E., & Sota, J. D. (2018). *Movimiento Moderno en Concordia -Catálogo de obras de Alejo Martínez*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: EdUTecNe. ISBN 978-987-1896-97-4

Bruno, M. A., Cáseres, E., & Sota, J. D. (2018). *Movimiento Moderno en Concordia - La obra de Alejo Martínez*. Presentado en el *Primer Congreso Vivir lo Ciudad: Patrimonio, diversidad cultural e identidad en la ciudad contemporánea*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Licenciatura en Administración Rural e
Ingeniería Industrial



Evaluación de restos forestoindustriales potencialmente utilizables en generación de energía

Assessment of Forest-Industry Residues Potentially Usable for Energy Generation

Presentación: 07/10/2025

Federico Larocca

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Grupo de Investigación en Administración Rural, Argentina.

Carlos Chezzi

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Grupo de Investigación en Administración Rural, Grupo de Investigación en Modelado, Simulación y Control, Argentina.

Resumen

La cadena foresto-industrial constituye una de las principales actividades económicas del noreste de Entre Ríos. Está caracterizada por una significativa superficie forestada y la presencia de industrias asociadas en el mismo territorio. Por su proximidad geográfica y similitudes productivas, el sureste de Corrientes podría considerarse parte de esta misma región. A pesar de los avances tecnológicos registrados en las últimas décadas, la generación de residuos no aprovechados continúa siendo elevada. Más de la mitad del volumen procesado en un aserradero se transforma en subproductos y residuos como costaneros, aserrín, viruta y despuntes. Paralelamente, existen demandas energéticas insatisfechas en áreas rurales o periurbanas, con escasez de recursos e infraestructura, pero cercanas a algunos eslabones de esta cadena productiva que generan residuos potencialmente valorizables. El elevado costo de la energía, con importantes incrementos en los últimos años, representa una limitante crítica para el desarrollo de actividades productivas, independientemente de su escala, e incluso para el acceso a servicios básicos en los hogares. En este contexto, el uso de biomasa residual proveniente de la producción primaria y la industria forestal podría constituir una fuente de energía renovable y, posiblemente, de menor costo. Este proyecto tiene como objetivo evaluar los tipos de residuos generados, su localización, el potencial de aprovechamiento energético y los costos asociados a dicho proceso para aquellos residuos con mayor viabilidad.

Palabras clave: residuos forestoindustriales, bionergía, energía renovable, aprovechamiento de residuos.

Abstract

The forest-industry chain is one of the main economic activities in the northeast of Entre Ríos, characterized by a significant forested area and the presence of related industries within the same territory. Due to geographic proximity and productive similarities, the southeast of Corrientes could also be considered part of this region. Despite technological advances achieved in recent decades, the generation of unused residues remains high. More than half of the volume processed in a sawmill turns into by-products such as sawdust, slabs, and trimmings. At the same time, there are unmet energy demands in rural or peri-urban areas, with limited resources and infrastructure, yet located near segments of this productive chain that generate potentially valuable residues. The high cost of energy, with significant increases in recent years, represents a critical constraint for the development of productive activities, regardless of their scale, and even for access to basic services in households. In this context, the use of residual biomass from primary production and the forest

industry could serve as a source of renewable and potentially lower-cost energy. This project aims to assess the types of residues generated, their location, their potential for energy recovery, and the costs associated with the process for the most viable residues.

Keywords: Forest industry residues; Bioenergy; Renewable energy; residue valorization.

Introducción

La provincia de Entre Ríos se adhirió al “Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica” (Ley 10.499, adhesión de Entre Ríos a las disposiciones de las Leyes Nacionales 26.190 y su modificatoria 27.191). De acuerdo con la normativa nacional, se consideran fuentes de energía renovable las de origen eólico, solar, geotérmico, mareomotriz, hidráulico, biomásico, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás.

Si bien Riegelhaupt en 1987 ya destacaba en Entre Ríos la relevancia de las forestaciones implantadas como recurso energético, subrayando tanto su aporte ambiental al sustituir combustibles fósiles como la disminución de la presión sobre el bosque nativo mediante el uso de especies cultivadas, el uso de bioenergía ha cobrado importancia en todo el mundo aunque no tanto desarrollo en nuestra provincia por diversas causas. El Congreso de los Estados Unidos compiló directrices para investigación y desarrollo orientadas a reemplazar, hacia 2030, aproximadamente el 30 % del consumo de petróleo mediante biocombustibles. De manera similar, en Brasil, a partir de la crisis del petróleo de 1973, el gobierno impulsó el desarrollo de recursos energéticos basados en eucalipto, alcanzando actualmente cerca de 4 millones de hectáreas forestadas con esta especie y un importante entramado industrial que utiliza leña y carbón vegetal, incluyendo siderurgias y un notable consumo interno de carbón de eucalipto (Sánchez Acosta, 2012).

La problemática de los combustibles fósiles como recurso no renovable es ampliamente reconocida. Aunque no existe un consenso absoluto sobre las reservas remanentes, es evidente que los actuales niveles de consumo son insostenibles. Los países más desarrollados han intensificado esfuerzos para mitigar esta situación mediante el desarrollo de fuentes alternativas de energía renovable, entre las que se destaca la producción de biocombustibles a partir de biomasa, como biodiésel, aceite vegetal (*bio-oil*), bioetanol, biogás y gas pobre. Si bien los volúmenes de producción aún no permiten reemplazar completamente a los combustibles fósiles, su uso contribuye a reducir la dependencia del petróleo en economías emergentes, disminuir el consumo de fósiles y mitigar la emisión de gases de efecto invernadero.

En áreas rurales con acceso limitado o inadecuado a la red eléctrica, es común el uso de motores de combustión interna en instalaciones fijas para generar energía eléctrica, accionar bombas hidráulicas o abastecer procesos industriales. En estos contextos, tecnologías como la gasificación, que permiten el uso de biomasa como combustible con mínima preparación, adquieren un interés particular.

En la provincia de Entre Ríos, se registran aproximadamente 147.000 hectáreas forestadas (Dirección General de Estadísticas y Censos de E.R., 2021), de las cuales cerca del 80 % corresponden a eucalipto, concentradas principalmente en el noreste provincial. La superficie anual de tala se estima entre 4.000 y 6.000 hectáreas. Seixas (2008) revisó el potencial de los residuos de cosecha forestal para generación de energía, resaltando la necesidad de información precisa sobre disponibilidad de residuos, costos operativos, productividad de los sistemas de cosecha y el impacto de estas prácticas sobre el ciclo de nutrientes y las operaciones posteriores. Estudios locales indican que los residuos dejados en campo tras la cosecha varían entre 5 y 40 Mg/ha (Briones, 2009; Morel, 2012; Bon y Pietrantuono, 2018). Aunque la mayoría de los trabajos se centran en el aprovechamiento bioenergético de estos residuos, también se han identificado fracciones con dimensiones y características que permitirían su uso industrial.

Goya et al. (2009) evaluaron el impacto ecológico y económico de la extracción de residuos forestales, concluyendo que su retiro puede tener efectos negativos, particularmente en el balance de nutrientes, lo que respalda la recomendación de mantener ramas finas, hojas y frutos en el sitio. Resultados más recientes del PID “Evaluación de restos de cosecha forestal potencialmente utilizables para generación de energía en el noreste de

Entre Ríos” (Larocca, Fink y Tesón, 2021) identificaron un promedio de 42 Mg/ha de residuos secos, cifra superior a antecedentes previos. Aproximadamente el 40 % de esta biomasa correspondió a frutos, hojas, corteza y ramas menores a 1 cm de diámetro, fracción que concentra el 84 % de los nutrientes del sitio y cuya recolección resulta operativamente compleja. Los análisis de mineralomasa revelaron que cerca del 50 % corresponde a calcio, seguido de nitrógeno (20 %), potasio (18 %), y menores proporciones de magnesio, fósforo, hierro y aluminio. Estos hallazgos sugieren que una cosecha selectiva, enfocada en restos de mayor tamaño (fustes y ramas > 1 cm), permitiría aprovechar hasta el 60 % de los residuos extrayendo sólo el 16 % de los nutrientes. Sin embargo, el costo operativo de la recolección de residuos dispersos o en escolleras sigue siendo una barrera significativa para su aprovechamiento.

En este contexto, resulta estratégico analizar los residuos generados en sitios de acumulación localizada, como playas de acopio e industrias. En el noreste de Entre Ríos, más del 90 % de la madera procesada es de *Eucalyptus grandis*, con alrededor de 200 industrias —principalmente aserraderos y algunas impregnadoras— operando en la región. En los aserraderos predominan pequeñas industrias dedicadas a embalajes, pallets y cajones; no obstante, en términos de volumen procesado, los establecimientos medianos tienen mayor relevancia. El rendimiento promedio del aserrado es inferior al 50 %, lo que implica que por cada metro cúbico de rollizos procesados se obtienen menos de 0,5 m³ de tablas y más de la mitad se transforma en aserrín, costaneros, despuntes y otros.

Según el Censo Nacional de Aserraderos (Ministerio de Agroindustria, 2017), en Entre Ríos operan 179 establecimientos que procesan más de 2 millones de m³ de rollizos anuales para producir alrededor de 800.000 m³ de tablas, generando más de 1,3 millones de m³ de residuos. La FAO (2019), en su informe *Análisis espacial del balance energético derivado de biomasa. Metodología WISDOM*”, señala que en los departamentos de Colón, Concordia y Federación los aserraderos producen aproximadamente 33.500 t/año de aserrín y 83.000 t/año de costaneros y despuntes.

Desarrollo

El Proyecto de Investigación y Desarrollo para Equipos Consolidados (PID TC CDMSTCI637), titulado “Evaluación de restos foresto industriales potencialmente utilizables en generación de energía” es llevado adelante por el Grupo de Investigación de la Licenciatura en Administración Rural (GIAR) y tiene como objetivo general: Explorar la cadena forestal de la región de Salto Grande para relevar la disponibilidad y tipología de residuos, identificando capacidades existentes y aportando información para estimar el potencial de generación de energía con biomasa.

Los objetivos específicos son:

- **Localizar** los residuos generados en la cadena forestal y caracterizar sus tipos, considerando su disponibilidad, accesibilidad y potencial de aprovechamiento.
- **Estimar** los costos asociados al aprovechamiento de residuos y su transporte hacia los centros de procesamiento y utilización.
- **Evaluar** la factibilidad de incorporar madera proveniente de especies arbóreas invasoras (p. ej., *Acacia negra*) para la generación de energía a partir de biomasa.
- **Desarrollar y aplicar** modelos de optimización para el análisis de datos, con el fin de estimar los costos en función de los residuos disponibles y la logística de transporte.

El conocimiento sobre la disponibilidad de residuos de la cadena forestal, potencialmente transformables en recursos para bioenergía, permitirá a los interesados y usuarios potenciales avanzar hacia su aprovechamiento, proporcionando una herramienta fundamental para el desarrollo de nuevos proyectos.

La caracterización de estos residuos —incluyendo tamaño, forma, contenido de humedad y disposición espacial— permitirá analizar su utilización en distintos sistemas y configuraciones de equipos. Asimismo, la estimación de los costos asociados al acondicionamiento, aprovechamiento y transporte posibilitará realizar análisis de factibilidad de proyectos con mayor precisión.

Los datos generados en este proyecto de investigación y desarrollo (PID) servirán de base para un proyecto complementario en colaboración con INTEMA (CONICET – Universidad de Mar del Plata), orientado al diseño y construcción de un prototipo de gasógeno acoplado a un motor generador de energía eléctrica. En dicho proyecto se evaluará el comportamiento y la utilidad de las muestras de biomasa. Como producto final, se contará con un equipo completo (gasógeno + generador eléctrico), que podrá ser utilizado por alguna organización local de la zona de Concordia, Entre Ríos, tanto para resolver necesidades energéticas propias como para la demostración y difusión de la tecnología adaptada.

Primera Etapa: Localización y caracterización de generadores y usuarios

Inicialmente se estudiarán las disposiciones espaciales de los potenciales generadores, industrias forestales, principalmente aserraderos.

Se espera identificar y georreferenciar al menos 40 generadores, entre productores primarios y secundarios, representando aproximadamente el 25 % del total según los datos de censos disponibles, en un área cercana a los potenciales demandantes del departamento Concordia (E.R.) y eventualmente en departamentos vecinos. El análisis se enfocará desde una perspectiva de “cuenca”, considerando no los límites departamentales, sino las distancias a los centros de demanda y las características geográficas y viales.

Una vez identificados los generadores y potenciales usuarios, los residuos se clasificarán según tipo (costaneros, aserrín, despuntes, refilados, etc.) y cantidad. A partir de esta clasificación, se seleccionarán las situaciones más prometedoras para realizar muestreos de campo, evaluando distribución espacial y temporal, cantidad generada, dimensiones y otras características relevantes (contenido de corteza o impurezas, facilidad de retrozado, riesgos potenciales, etc.). También se describirán los ciclos productivos para identificar la variación temporal de la generación de residuos.

Segunda Etapa: Caracterización física y energética de los residuos

Se recogerán muestras de los residuos con mayor potencial según características y costo. Se determinarán propiedades físicas como contenido de humedad, densidad e impurezas.

Estos datos permitirán estimar la disponibilidad energética de cada residuo y definir los requerimientos de acondicionamiento y costos asociados al aprovechamiento, incluyendo procesos adicionales como limpieza, descortezado o retrozado. Se calcularán los costos de cosecha, acondicionamiento y transporte.

Las muestras de los residuos más prometedores se enviarán al equipo de motores del Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA, Universidad de Mar del Plata – CONICET) para ensayos en el prototipo de gasógeno y motor generador de energía eléctrica que se desarrollará a partir de 2025.

Tercera Etapa: Desarrollo de modelos de optimización

Con el propósito de comenzar con el diseño de los modelos de optimización se realiza una investigación exploratoria sobre el andamiaje conceptual. Dicho andamiaje permitirá sentar las bases necesarias para representar escenarios de logística y seleccionar soluciones eficientes al problema de la disposición final de los residuos forestales.

Para comprender el contexto de modelado se precisa la definición del término logística. En cuanto al concepto tradicional de logística, se hace referencia al conjunto de actividades planificadas y ejecutadas manualmente o con diferentes niveles de automatización para gestionar de manera eficiente el flujo de materiales, productos e información desde el origen hasta el destino (Greeff and Ghoshal 2004). En la práctica, incluye funciones tales

como: planificación de rutas, programación de entregas, gestión de inventarios, coordinación de transporte y almacenamiento.

Desde la perspectiva de logística en el sector forestal, se involucra una cadena de actividades complejas que abarca desde la planificación de cosechas, extracción y transporte de madera, hasta su procesamiento y comercialización (Kawa and Dujak, 2025). Esta cadena se caracteriza por operar en entornos geográficos remotos, con alta dependencia de factores climáticos, restricciones ambientales y márgenes económicos ajustados (Ebrahimi et al., 2025). Por tanto, optimizar los procesos logísticos es una actividad clave para la mejora de la eficiencia operativa y la sostenibilidad del sector.

Los avances de las tecnologías de la información y las comunicaciones dan lugar a un nuevo paradigma que corresponde a la llamada logística inteligente. En este paradigma los sistemas tecnológicos procuran optimizar la planificación, el monitoreo y la gestión de los recursos forestales en tiempo real. De forma precisa, la logística inteligente consiste en la integración de tecnologías digitales avanzadas tales como: IoT (sigla en inglés de Internet of Things), inteligencia artificial, ciencia de datos, blockchain y simulación entre otras; en los procesos logísticos para mejorar la eficiencia, visibilidad, trazabilidad, toma de decisiones en tiempo real y sostenibilidad de toda la cadena de suministro (Ferigato, 2023). Se trata de una evolución de la logística tradicional, caracterizada por la capacidad de integrar sistemas en tiempo real, predecir y responder dinámicamente a cambios y tomar decisiones autónomas o asistidas por inteligencia artificial. Se presenta la Tabla 1 como recurso para explicitar con ejemplos concretos la aplicación de estas tecnologías en el contexto actual de transformación digital, con una breve descripción de cada una y su aplicación específica en el sector forestal.

En contexto de la industria forestal el proceso de optimización implica la planificación de cosechas y transporte, la entrega y seguimiento de productos derivados de la madera y sus residuos, con la utilización de datos y su automatización (Kawa and Dujak, 2025).

Una de las tareas que se proponen en este proyecto consiste en elaborar modelos de optimización de los procesos de logística de almacenamiento y transporte de los residuos forestales, desde su origen hasta los lugares de depósito final. Para el diseño de dichos modelos de optimización se proponen dos acciones en paralelo: (i) estudio de los métodos de optimización y (ii) relevamiento de los sistemas de gestión de logística de transporte de residuos locales para diseñar modelos de acuerdo con escenarios locales.

Tabla 1: Tecnologías, descripción y aplicación en el sector forestal.

Tecnología	Descripción	Aplicación en Industria Forestal
IoT	Sensores conectados que recolectan y transmiten datos en tiempo real.	Monitoreo de maquinaria, condiciones de carga, humedad, temperatura y localización de flotas.
Big Data - Analítica Predictiva	Análisis de grandes volúmenes de datos para descubrir patrones y optimizar procesos.	Predicción de demanda, optimización de rutas, planificación de cosechas según clima y mercado.
Inteligencia Artificial	Algoritmos que aprenden de datos y automatizan decisiones complejas.	Ruteo dinámico de camiones, mantenimiento predictivo, análisis de eficiencia logística.
Blockchain	Registro digital descentralizado e inmutable.	Trazabilidad desde el árbol talado hasta el consumidor, prevención de tala ilegal.
GIS (Sistemas de Información Geográfica)	Mapas digitales con análisis espacial.	Planificación de rutas de acceso, ubicación óptima de centros de acopio y transporte.
Drones y Visión Computacional	Imágenes aéreas y sensores ópticos para monitoreo visual automatizado.	Inventario forestal, detección de incendios, evaluación del estado del bosque.
Gemelos Digitales	Réplicas virtuales de procesos físicos que permiten simulación en tiempo real.	Simulación de escenarios logísticos, planificación operativa forestal.
5G y redes de baja latencia	Conectividad rápida y confiable para dispositivos remotos.	Comunicación en tiempo real en áreas remotas donde se ubican los bosques.
Sistemas Ciberfísicos	Integración de procesos físicos con software y sensores inteligentes.	Máquinas forestales autónomas o semiautónomas coordinadas con la logística de transporte.

(i) Estudio de métodos de optimización:

Se está estudiando, programando y experimentando sobre diferentes hipótesis el algoritmo A-Star. Dicho algoritmo busca optimizar rutas eficientemente, con funcionalidades de aprendizaje automático y predicción de comportamiento frente a cambios que son fundamentales para la solución de problemas en el ámbito de logística forestal (Veisi et al., 2025).

Para enriquecer la representación de los modelos de optimización con la incorporación de mayor complejidad se están estudiando herramientas de simulación sobre la base de los modelos de optimización (Sibdari and Sepasi, 2022).

(ii) Instrumento para el relevamiento regional:

Con el fin de identificar variables de estudio y escenarios adecuados a la problemática específica de la logística forestal regional se diseñó un instrumento de relevamiento sobre la base de las siguientes áreas temáticas y correspondientes preguntas:

1.- Logística de transporte de residuos de la madera:

- ¿Qué medios de transporte utilizan para trasladar los residuos (camiones, cintas, tractores, etc.)?
- ¿Con qué frecuencia se transportan los residuos?
- ¿Cuáles son las principales dificultades en el transporte de residuos forestales? (Ej.: caminos intransitables, costos, tiempos de espera, disponibilidad de vehículos)
- ¿Cómo se determina el destino de los residuos (reutilización, venta, disposición final)?
- ¿Existe alguna planificación de rutas? ¿Qué herramientas usan para ello?
- ¿Hay dificultades con normativas de transporte o permisos?
- ¿Qué porcentaje de la capacidad del vehículo se utiliza, en promedio?

2.- Logística de Carga de Residuos

- ¿Cómo se realiza actualmente la carga de los residuos (manual, mecanizada, con qué equipos)?
- ¿Se presentan problemas para consolidar o acomodar adecuadamente la carga?
- ¿Tienen criterios o normas de seguridad para el embalaje o apilamiento de los residuos?
- ¿Cuánto tiempo lleva el proceso de carga en promedio?
- ¿Qué limitaciones tienen para optimizar el volumen/peso en los vehículos?
- ¿Qué tipo de residuos son más difíciles de manipular o transportar?
- ¿Se pierde material por mal embalaje, deterioro o sobrecarga?

3.- Tecnología y mejora continua.

- ¿Utilizan algún software o tecnología para planificar la carga o transporte?
- ¿Qué tipo de datos registran sobre el proceso logístico?
- ¿Han implementado mejoras recientes? ¿Cuáles?
- ¿Qué necesidades tecnológicas detectan para mejorar la logística de residuos?

4.- Opiniones y propuestas

- Desde su experiencia, ¿cuáles son los principales problemas logísticos que enfrentan hoy?
- ¿Qué oportunidades ve para mejorar el transporte y la carga de residuos?
- ¿Qué apoyo externo consideran necesario (gobierno, tecnología, capacitación)?

En resumen se están abordando técnicas de optimización para diseñar modelos que integren variables como localización, tipo de residuo, costos, distancias, rendimientos y estacionalidad. Estos modelos permitirán generar herramientas informáticas de representación, análisis y predicción, facilitando la identificación de estrategias eficientes para la logística de residuos y la planificación de escenarios de demanda. Los resultados de este análisis retroalimentarán las etapas anteriores y permitirán ajustar los modelos de manera iterativa.

Cuarta Etapa: Integración y sistematización de la información

Se consolidarán los datos y resultados de las etapas anteriores para generar un sistema integral de análisis, que permita simular escenarios de demanda potencial, considerando ubicación, cantidades y características de los residuos. Esto facilitará la planificación rápida y eficiente de estrategias de aprovechamiento energético.

Del análisis de herramientas informáticas para la sistematización de la logística de transporte de los residuos se está evaluando la implementación del sistema de información geográfica QGIS (Quantum GIS). Este es un sistema de información geográfica de código abierto que permite visualizar, analizar y gestionar datos espaciales. Para comprender el potencial de QGIS en logística forestal, se muestra a continuación en la Tabla 2, algunas de sus herramientas.

Funcionalidad de QGIS	Aplicación logística forestal
Visualización de mapas y capas	Identificar caminos forestales, áreas de cosecha y zonas críticas
Análisis de redes de transporte	Optimizar rutas de extracción de madera
Cálculo de distancias y pendientes	Evaluar accesibilidad de maquinaria
Superposición de capas	Cruzar datos de suelos, pendientes y vegetación
Uso de GPS y geolocalización	Monitorear movimiento de maquinaria y transporte en tiempo real
Modelado de riesgos	Identificar áreas con riesgo de erosión o incendios

Tabla 2: Funcionalidad en QGIS y su aplicación en el sector forestal.

Avances

Hasta la fecha de esta publicación, sólo se han realizado parte de los relevamientos, por lo cual no se cuenta aún con resultados concluyentes, se mencionan algunas observaciones o tendencias que deberán terminar de confirmarse.

- De las diferentes industrias analizadas, los aserraderos son los que mayor cantidad de residuos producen, por ello y su variada distribución territorial, se ha decidido focalizar el estudio en este tipo de transformación
- De la capacidad instalada de aserraderos, a mediados de 2025 está utilizándose una proporción cercana a la mitad, (algunos aserraderos usan un porcentaje mayor y otros directamente no están funcionando). Esto se considera producto de la crisis actual que se arrastra desde hace algo más de un año y por lo tanto la disponibilidad de residuos puede variar en gran modo con la salida que tenga esta situación.
- Dentro de los residuos generados en aserraderos se observó que:
 - Los costaneros son una gran parte del volumen que ingresa al aserradero que no es transformado en el producto principal: tablas. Los antecedentes estiman entre el 16 y 30% de la masa de rollizos que llega al aserradero termina en esta categoría (imagen 1), aunque en el relevamiento realizado en algunos casos se declararon proporciones mayores que hasta superan el 40% (debe considerarse que en gran parte de los casos incluyen la corteza).
 - En muchos aserraderos los costaneros son reaprovechados para chipear en el propio aserradero o son enviados a industrias que prestan este servicio específicamente. Aún cuando el propio aserradero cuenta con chipeadora, los costos de operación son muy altos en relación al precio de venta y simplifican vendiendo el costanero. Cualquiera sea el caso, tienen ese destino -chip- como posibilidad cierta por lo que podría considerarse un subproducto y no un residuo. Su disponibilidad para otro uso está sujeta a esa competencia.
 - El aserrín, es un volumen también muy importante, los antecedentes refieren alrededor del 15% del volumen total ingresado, en el relevamiento realizado hasta el momento se encontraron valores que van desde 3 % hasta algo más de 18% (en muchos casos se mezcla con otros residuos y por ello la proporción puede haber resultado tan baja). En varios aserraderos es comercializado a otras industrias o producciones (por ej: cama avícola, tableros), sobre todo en los que tienen buena ubicación y accesibilidad y que logran convenios con industrias (imágenes 2 y 3).
 - La corteza, varía mucho en cantidad en función del tipo de cosecha; hay aserraderos que reciben los rollos ya descortezados y la proporción es prácticamente nula, en los casos en que ingresan con corteza puede alcanzar al 8% y termina mezclándose bastante ya que en el trayecto del manejo en el aserradero se van despegando partes, pero gran parte de las veces van con los costaneros o son barridas a la pila de “mezcla”.

- Los despuntes y otros recortes, representan una proporción menor - las primeras estimaciones oscilaron entre el 3 y el 6% del volumen ingresado-. Este es claramente un residuo ya que no está siendo utilizado en un altísimo porcentaje de los casos. Podría ir a la chipeadora cuando funciona en el mismo aserradero, aunque conlleva algunas dificultades operativas, por ello -y porque como se mencionó gran parte vende a planta chipeadoras y estas compran sólo el costanero- están siendo descartados y van a una pila de mezcla de restos, es por ello que se ven como interesantes para desarrollar su aprovechamiento sobre todo pensando en proyectos de pequeña escala.
- Entre “despuntes y otros recortes” se identificaron trozos de variados largos, anchos y espesores que van desde unos pocos cm hasta más de un metro (imágenes 4 y 5)
- Una serie de residuos son descartados mezclados: despuntes, refilados, costaneros cortos, restos de corteza, otros recortes, aserrín, deben ser enviados a algún relleno (imágenes 6 y 7) o en casos se acumulan en pilas en el terreno del aserradero y de allí a pueden ser rescatados parcialmente por usuarios directos, sobre todo en invierno que llevan para calefacción(imagen 7) o muchas veces son quemados, representando inclusive un costo y un riesgo (imagen 8).



Imagen 1. Costaneros acopiados para entregar a la chipeadora



Imagen 2. Acopio de aserrín semi cubierto para entregar a fábrica de tableros.

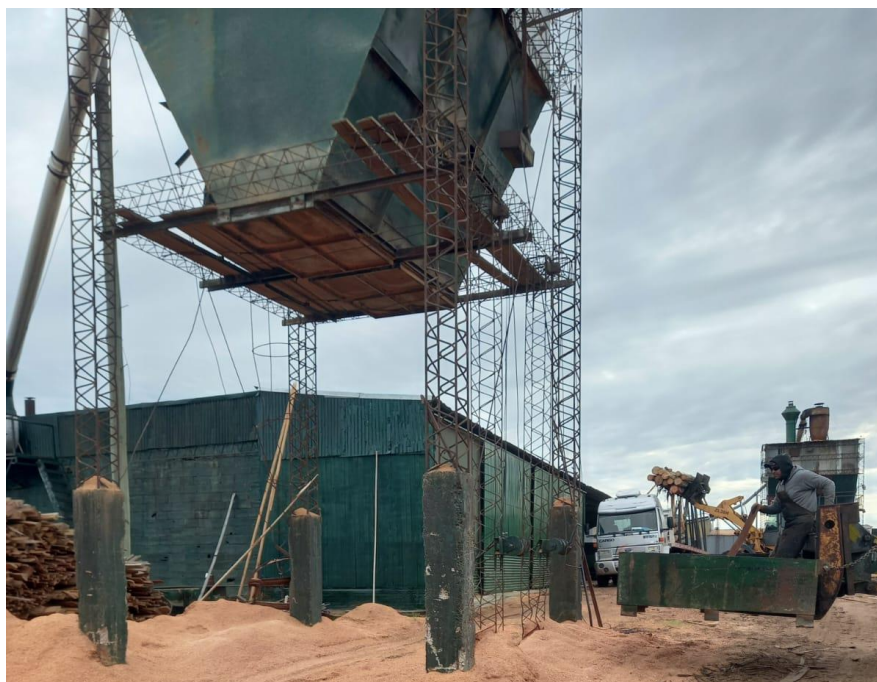


Imagen 3.- Tolva de acopio de aserrín.



Imagen 4.- Despuntes de tablas de media y una pulgada de espesor.



Imagen 5.- Despuntes y descartes de tablas de dos pulgadas de espesor y tacos de 10 cm de lado.



Imagen 6.-Restos mezclados acumulados en una pala que posteriormente es cargada para volcar en la parte trasera del terreno.



Imagen 7.- Camión cargado con despuntes, cortezas y otros restos que serán volcados en un relleno.



Imagen 7.- Pilas de restos mezclados: despuntes, refileados, corteza, descartes, etc.



Imagen 8.- Pilas de restos mezclados parcialmente quemados a los que se les vuelca otros encima.

Referencias

- Bertoglio, C. Figueira, A. Morris, J. Lafflito, C. (2020). Estudio de potencialidad para el reemplazo de GLP por pellets de madera a base de residuos forestoindustriales aplicado a la provincia de Entre Ríos, Argentina. *Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 45, pp. 63 - 69, 2020. ISSN en línea: 2684-0073 / ISSN impreso: 0328-932X
- Bon, W. Pietrantuono, J. (2018). Análisis de factibilidad del aprovechamiento de restos de tala rasa de *Eucalyptus grandis*. Seminario final de grado de Lic. en Adm. Rural. UTN Concordia.
- Briones, M. V. (2009). Adaptación de una metodología para la cuantificación de residuos de la cosecha en plantaciones de *Eucalyptus grandis* en la región del NEA. Tesis de grado, Fac. de Cs. Agrarias y Forestales UNLP.
- Dirección General de Estadísticas y Censos de E.R. (2021). Informe del Sector Forestal, Entre Ríos. Ministerio de Economía Hacienda y Finanzas de la Provincia de Entre Ríos. Disponible en línea en: <https://www.entrerios.gov.ar/dgec/wp-content/uploads/2022/12/Informe-forestal-2021.pdf>
- Ebrahimi, Seyyede Rozita. Rönqvist, Mikael. Ouhimmou, Mustapha. Stuart, Paul. (2025). A systematic literature review of the logistics planning for sustainable bioenergy based on Forestry, Agricultural, and municipal solid waste value chains, *Energy Conversion and Management*, Vol. 27, pp. 1-10, ISSN 2590-1745, <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2025.101105>.
- FAO. (2009). Análisis del Balance de Energía Derivada de Biomasa en Argentina. WISDOM Argentina. Informe Final. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Departamento Forestal Servicios y Productos Forestales – Dendroenergía. Mayo 2009.
- Ferigato, Evandro. (2023). Intelligent logistics: advances, challenges and future perspectives. *HUMANIDADES & TECNOLOGIA(FINOM)*, Vol 41, nº 1, pp 192-213, ISSN 1809-1628, doi: 10.5281/zenodo.8225572.
- Goya, J. Frangi, J. Denegri, G. Larocca, F. (2009) Simulación del impacto de diferentes regímenes de cosecha sobre el capital de nutrientes e indicadores económicos en plantaciones de *Eucalyptus grandis* del NE de Entre Ríos, Argentina. *AUGMDOMUS*, 1:1-17, 2009 Asociación de Universidades Grupo Montevideo ISSN:1852-2181.
- Greeff, Gerhard. Ghoshal, Ranjan. (2004). Enterprise planning and supply-chain interaction, *Practical E-Manufacturing and Supply Chain Management*, pp. 146-184, ISBN 9780750662727, <https://doi.org/10.1016/B978-075066272-7/50009-9>.
- Kawa, Arkadiusz. Dujak, Davor. (2025). The impact of logistics requirements and adjustments on firm performance: evidence from wood biomass supply chains, *Cleaner Logistics and Supply Chain*, Vol. 16, pp. 1-11, ISSN 2772-3909, <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2025.100243>.
- Larocca, F. Fink, G. Tesón, N. (2021). Evaluación de restos de cosecha forestal potencialmente utilizables para generación de energía en el Noreste de Entre Ríos. En *Actas de Jornadas de Ciencia y Tecnología 2021*, UTN Concordia.
- Ministerio de Agroindustria. (2017). Censo nacional de aserraderos. Informe del relevamiento censal en la provincia de Entre Ríos, región mesopotámica. Ministerio de Agroindustria, Presidencia de la Nación Argentina.
- Morel, I. (2012). Aprovechamiento económico-ambiental sustentable de los residuos forestales de la provincia de Entre Ríos. Seminario Final de Lic. en Adm. Rural. UTN Concordia.

Riegelhaupt, E. (1987). Madera para Energía. Consideraciones Técnico-Económicas sobre la producción de Combustibles Forestales en Entre Ríos. En: actas de las II Jornadas Forestales de Entre Ríos. INTA-AIANER

Sanchez Acosta, Martín M. (2012). Caracterización de la madera del nuevo híbrido *Eucalyptus grandis*, *Hill ex Maiden x Eucalyptus tereticornis*, *Smith*, su aptitud de usos en Argentina. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid, Escuela Técnica Superior de Ciencias Agrarias.
<http://uvadoc.uva.es/handle/10324/1708>

Seixas, F. (2008). Exploración de residuos de cosecha forestal para producción de energía. En XXIII Jornadas Forestales de Entre Ríos. INTA Concordia.

Sibdari, Soheil Y. Sepasi, Amir H. (2022). A simulation-optimization approach for solving the forestry logistics problem, IFAC-PapersOnLine, Vol. 55, N° 10, pp 3178-3183, ISSN 2405-8963, <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.10.218>.

Veisi, Omid. Amin Moradi, Mohammad. Gharaei, Beheshteh. Farid Maleki, Jabbari. Rahbar, Morteza. (2025). Sustainable forestry logistics: Using modified A-star algorithm for efficient timber transportation route optimization, Forest Policy and Economics, Vol. 173, ISSN 1389-9341, <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2025.103456>.

Precios y costos de la actividad citrícola. Herramientas de gestión para pequeños empacadores citrícolas del NE de Entre Ríos.

Citrus Prices and Production Cost. Management Instruments for Small-Scale Citrus Packing Operations in Northeastern Entre Ríos.

Presentación: 08/10/2025

Germán Scattone

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
gscattone71@gmail.com

Natalia Tesón

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
natateson@gmail.com

Luciano Cabrera Alegre

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
lucianoandresc12@hotmail.com

Anabela Mover

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
anabellamover@gmail.com

Morinico, Jonathan Fernando

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
jonafer2001@gmail.com

Resumen

Las actividades productivas ligadas a la agroindustria juegan un rol central en el desarrollo de las economías regionales. En varias ecozonas del país estas cadenas son una de las principales generadoras de divisas, proveen de empleo a la población y funcionan dinamizando los desarrollos locales. Un caso representativo lo conforma la cadena de los cítricos dulces en el noreste argentino. La estructura productiva del sector citrícola en Entre Ríos se caracteriza por la presencia predominante de pequeñas y medianas empresas familiares, con una fuerte tradición en fruticultura y un grado variable de integración vertical. La información relativa a las variables de precios y costos de producción resulta fundamental para los distintos actores de la cadena citrícola. En esta publicación se presentan resultados parciales del proyecto de investigación "Herramientas de gestión para pequeños empacadores citrícolas del NE de Entre Ríos". Los resultados económicos correspondientes a la campaña 2024-2025 evidencian que la valorización de la producción no logró cubrir los costos en algunas de las variedades evaluadas, que se explica principalmente por el incremento en los costos de producción y precios de mercado insuficientes. La marcada oscilación de estas variables observada en las campañas analizadas representa un factor crítico que condiciona la sustentabilidad del sistema productivo citrícola.

Palabras clave: citrus, cadena de valor, información económica

Abstract

Productive activities linked to agroindustry play a central role in the development of regional economies. In several ecozones across the country, these value chains are among the main generators of foreign exchange, provide employment to the population, and act as drivers of local development. A representative case is the sweet citrus value chain in northeastern Argentina. The productive structure of the citrus sector in Entre Ríos is characterized by the predominance of small and medium-sized family-owned enterprises, with a strong tradition in fruit growing and varying degrees of vertical integration. Information related to price and production cost variables is essential for all stakeholders in the citrus chain. This publication presents partial results from the research project “Management tools for small citrus packers in northeastern Entre Ríos.” The economic results for the 2024–2025 campaign show that the market valuation of production was insufficient to cover costs in some of the varieties analyzed. This is mainly explained by rising production costs and market prices that failed to offset those increases. The pronounced volatility of these variables observed in the campaigns analyzed represents a critical factor that constrains the sustainability of the citrus production system.

Keywords: citrus fruits, citrus value chain, economic information

Introducción

Las actividades productivas ligadas a la agroindustria juegan un rol central en el desarrollo de las economías regionales. En varias ecozonas del país estas cadenas son una de las principales generadoras de divisas, proveen de empleo a la población y funcionan dinamizando los desarrollos locales. Un caso representativo lo conforma la cadena de los cítricos dulces en el noreste argentino (Carciofi et al., 2023).

En Argentina, el principal producto comercializado de naranjas y mandarinas es la fruta en fresco, destinada mayoritariamente al mercado interno. Durante la campaña 2023, este segmento representó el 80 % de total producido, una vez descontadas las pérdidas y descartes ocurridos en las etapas pre y poscosecha. Por su parte, las exportaciones alcanzaron el 6 %, mientras que el 14 % restante fue destinado a la industria (Federcitrus, 2024).

En el año 2023, la provincia de Entre Ríos registró una producción de 349.174 toneladas de naranjas y 129.044 toneladas de mandarinas, lo que equivale aproximadamente a un tercio de la producción nacional para cada uno de estas especies (Federcitrus, 2024). La concentración productiva en esta provincia responde a condiciones agroecológicas favorables, infraestructura consolidada y una cadena de valor integrada que incluye cultivo, cosecha, empaque y comercialización

La estructura productiva del sector cítrícola en Entre Ríos se caracteriza por la presencia predominante de pequeñas y medianas empresas familiares locales, con una fuerte tradición en fruticultura y un grado variable de integración vertical. Las empresas integradas complementan su actividad mediante la incorporación de fruta de terceros, asumiendo los costos de cosecha, transporte y empaque sin mediar contratos formales. Por otro lado, los productores no integrados enfrentan elevados niveles de incertidumbre respecto a los precios y a la colocación de su fruta, lo que los obliga a generar ingresos extraprediales y a desarrollar circuitos de comercialización de cercanía. En cuanto a los establecimientos de empaque de fruta fresca, el 87 % corresponde a micro y pequeñas empresas, con menos de 50 empleados registrados, y el 86 % se encuentra habilitado exclusivamente para la comercialización en el mercado interno (Bevilaqua, 2023), lo que evidencia una limitada inserción internacional del segmento.

La información relativa a las variables de precios y costos de producción resulta fundamental para los distintos actores que integran la cadena cítrícola. Uno de los objetivos del presente estudio consiste en relevar y analizar los indicadores económicos de la actividad, lo cual implica el cálculo detallado de los costos de producción y el relevamiento de precios a lo largo de la campaña.

En esta publicación se presentan resultados parciales del proyecto de investigación “Herramientas de gestión para pequeños empacadores cítricos del NE de Entre Ríos”, con especial énfasis en los costos de producción y los resultados económicos de la citricultura local, diferenciados por especie y variedad. Asimismo, se exponen indicadores económicos de la producción primaria, que permiten describir el comportamiento del sector en el contexto actual.

Desarrollo

Materiales y métodos. Costos de producción y resultado económico.

Para la estimación de los costos de producción cítrica se planteó un modelo de quinta sin riego. La elección de superficie y variedades se realizó en base a los resultados del Censo Cítrico 2015-2016 buscando que el modelo sea representativo de la producción local. La superficie de la quinta se determinó en 16 ha, dado que es la superficie modal de los departamentos de Federación y Concordia. Al incluir caminos, cortinas rompevientos, playa de cosecha, galpón y casa la superficie total de la quinta ascendió a 20 ha. En cuanto a las variedades, se consideraron las de mayor superficie de ambos departamentos, para naranjas se considera: Valencia late (7 ha), Washington Navel (1 ha) y Salustiana (1 ha), mientras que para mandarinas: Murcott (3 ha), Satsuma (2 ha) y Criolla o Común (2 ha). El marco de plantación es de 6 m x 4 m, que da como resultado una densidad de 417 plantas por hectárea. La cortina de eucaliptos tiene una distancia de plantación de 3 metros, ocupando un total de 1 ha.

En base a consultas a referentes calificados se elaboró el manejo de las distintas variedades y el equipamiento e insumos necesarios. En cuanto a la mano de obra se considera que el dueño de la explotación es quien lleva adelante las tareas de administración y mantenimiento del establecimiento, tales como como aplicación de agroquímicos, fertilizantes, desmalezado mecánico y demás tareas culturales. Se contrata personal adicional para las tareas de poda y raleo. Para la poda de las variedades de naranja y mandarina Murcott se consideró una frecuencia de tres años, para la mandarina Satsuma la frecuencia fue cada dos años, mientras que para la mandarina criolla la frecuencia fue anual. El costo anual de poda se calculó en función del costo y la frecuencia. El raleo se consideró que se realiza todos los años en las tres variedades de mandarina.

Para la determinación del costo de producción anual se consideraron separadamente las sumas que se deben pagar en efectivo (costos efectivos), de los valores de las depreciaciones (costos imputados). Los intereses del capital no fueron considerados. Las amortizaciones se calcularon por el método lineal, dividiendo la diferencia entre el valor de adquisición y el valor residual pasivo por el número de años de vida útil del bien que corresponda. Para el cálculo de la amortización del monte frutal, también se utilizó el método lineal, se consideró el valor de mercado de la plantación adulta, menos el valor residual pasivo estimado en el 25 % dividido la vida útil considerada de 30 años.

Los ingresos se estimaron considerando la producción esperada a partir del manejo planteado y el precio promedio obtenido a partir de los relevamientos mensuales para cada variedad.

El beneficio anual se determinó como la diferencia entre los ingresos y los costos de producción. También se determinaron el precio y el rendimiento de indiferencia.

Resultados y discusión

Los indicadores económicos muestran diferentes resultados según las especies y variedades analizadas. Valores económicos negativos fueron determinados para mandarina Satsuma y naranja Salustiana (Tabla 1). La mandarina Común presenta el mayor valor del beneficio. Si bien no se incluyen los valores de ingreso de

mandarina murcott y naranja valencia debido a que continúa su cosecha. La naranja Navel analizada pese a su baja productividad presenta valores con beneficio económico positivo.

La variedad de mandarina Común o Criolla presenta el mayor costo de producción entre las analizadas, dado su necesidad anual de poda. Dado que esta actividad se realiza mediante mano de obra especializada y con una frecuencia anual.

Las variedades tempranas (Satsumas) y tardías (Murcott y Valencia), presentan los mayores costos sanitarios, debido al control de moscas de la fruta.

Otra de las actividades que incrementan los costos de las mandarinas es el raleo de fruta que se realiza en forma manual con el objetivo de obtener fruta de mayor calibre.

Especies	Variedades	Mandarina			Naranja		
		Común	Murcott	Satsuma	Salustiana	Valencia	W navel
Costos efectivos	Aplicación Fertilizante	\$ 48.231	\$ 48.231	\$ 48.231	\$ 48.231	\$ 48.231	\$ 48.231
	Aplicación Fungicida	\$ 63.870	\$ 127.740	\$ 91.342	\$ 49.613	\$ 95.805	\$ 85.125
	Aplicación Herbicida	\$ 77.021	\$ 77.021	\$ 77.021	\$ 77.374	\$ 77.374	\$ 77.374
	Asesoramiento Contable	\$ 129.195	\$ 129.195	\$ 129.195	\$ 129.195	\$ 129.195	\$ 129.195
	Asesoramiento Técnico	\$ 142.661	\$ 142.661	\$ 142.661	\$ 142.661	\$ 142.661	\$ 142.661
	Combustible Camioneta	\$ 95.238	\$ 95.238	\$ 95.238	\$ 95.238	\$ 95.238	\$ 95.238
	Control Mosca de la fruta		\$ 484.200	\$ 484.200		\$ 484.200	
	Desmalezado Mecanico	\$ 27.554	\$ 27.554	\$ 27.554	\$ 27.554	\$ 27.554	\$ 27.554
	Energía Electrica	\$ 105.953	\$ 105.953	\$ 105.953	\$ 105.953	\$ 105.953	\$ 105.953
	Fertilizante	\$ 557.463	\$ 725.318	\$ 584.092	\$ 632.480	\$ 499.034	\$ 599.078
	Fungicida	\$ 133.757	\$ 184.994	\$ 205.260	\$ 202.104	\$ 190.171	\$ 202.104
	Herbicida	\$ 95.694	\$ 95.694	\$ 95.694	\$ 95.694	\$ 95.694	\$ 95.694
	Impuesto AFIP	\$ 342.580	\$ 342.580	\$ 342.580	\$ 342.580	\$ 342.580	\$ 342.580
	Impuesto Inmobiliario	\$ 39.420	\$ 39.420	\$ 39.420	\$ 39.420	\$ 39.420	\$ 39.420
	Insecticida		\$ 63.141				
	Internet (100mg)	\$ 24.000	\$ 24.000	\$ 24.000	\$ 24.000	\$ 24.000	\$ 24.000
	Jornales Tractorista	\$ 550.429	\$ 550.429	\$ 550.429	\$ 550.429	\$ 550.429	\$ 550.429
	Mantenimiento General	\$ 31.190	\$ 31.190	\$ 31.190	\$ 31.190	\$ 31.190	\$ 31.190
	Poda Manual	\$ 1.226.989	\$ 340.830	\$ 408.996	\$ 340.830	\$ 408.996	\$ 340.830
	Raleo Manual de Fruta	\$ 555.199	\$ 471.919	\$ 471.919			
	Seguro Camioneta	\$ 15.075	\$ 15.075	\$ 15.075	\$ 15.075	\$ 15.075	\$ 15.075
	Telefonía Celular	\$ 26.250	\$ 26.250	\$ 26.250	\$ 26.250	\$ 26.250	\$ 26.250
Costos efectivos totales		\$ 4.287.769	\$ 4.148.634	\$ 3.996.301	\$ 2.975.872	\$ 3.429.051	\$ 2.977.982
Costos imputados totales		\$ 1.589.388	\$ 1.589.388	\$ 1.589.388	\$ 1.589.388	\$ 1.589.388	\$ 1.589.388
Costo de producción		\$ 5.877.157	\$ 5.738.021	\$ 5.585.688	\$ 4.565.259	\$ 5.018.439	\$ 4.567.370
Total Ingresos		\$ 7.087.165	\$ -	\$ 3.239.840	\$ 4.369.451	\$ -	\$ 5.316.667
Beneficio		\$ 1.210.008		\$ -2.345.848	\$ -195.808		\$ 749.297
Precio de Indiferencia (\$/Kg)		\$ 234,90	\$ 172,00	\$ 223,20	\$ 156,40	\$ 160,50	\$ 156,50
Precio de Indiferencia para el costo efectivo (\$/Kg)		\$ 171,40	\$ 124,40	\$ 159,70	\$ 101,90	\$ 109,60	\$ 102,00
Precio medio obtenido por el productor en planta (\$/Kg)		\$ 283,26		\$ 129,49	\$ 149,69		\$ 182,14
Ingreso/Costo total * 100		121%		58%	96%		116%
Ingreso/Costo efectivo * 100		165%		81%	147%		179%
Rendimiento de Indiferencia Kg/Ha		20.748		43.136	30.498		25.076

Tabla 1: Costos de producción cítrica e indicadores económicos de la campaña 2024 – 2025.

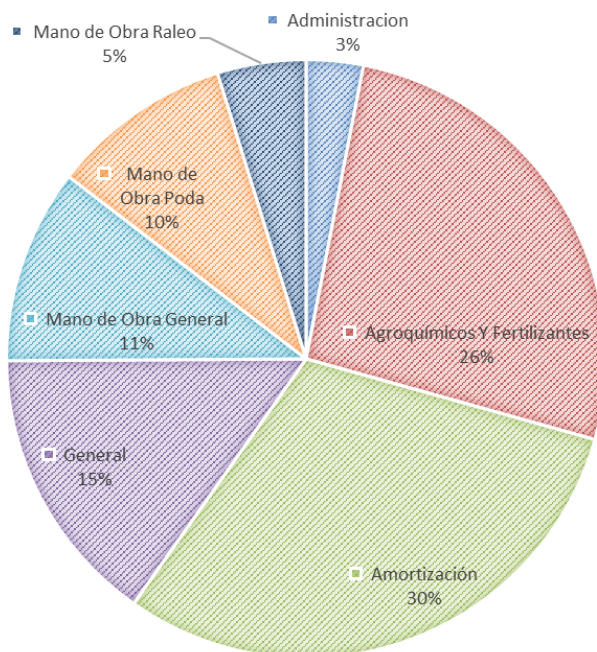


Figura 1: Composición de los costos de producción 2022-2023. Fuente: elaboración propia.

La composición de costos promedio para las variedades analizadas se presenta en el Figura 1. Se observa que las amortizaciones representan la mayor proporción de los costos, seguidos por los agroquímicos y los fertilizantes. La mano de obra general de mantenimiento de la plantación es también un componente importante, la que sumada a las tareas de poda de la plantación y el raleo totalizan un 26%.

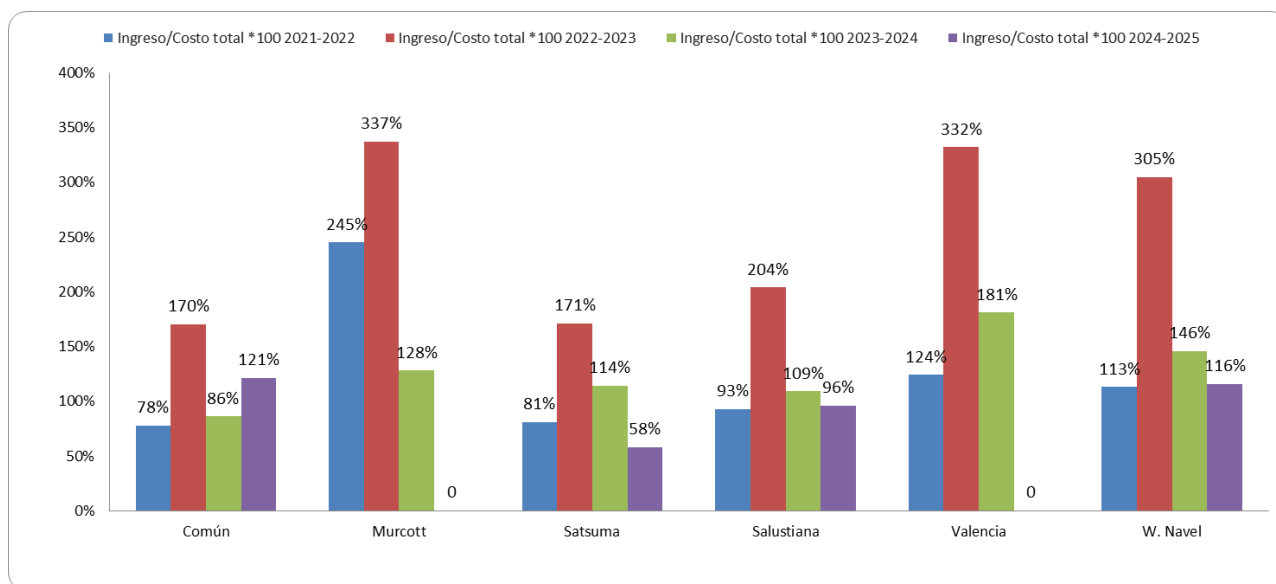


Figura 2: Comparación de los resultados económicos entre campañas. Fuente: elaboración propia.

Los resultados económicos de las campañas 2021-2022, 2022-2023, 2023-2024 y 2024-2025 se presentan en la Figura 2. Se observa que en la campaña 2022-2023 los resultados fueron notoriamente los mayores de los años analizados.

En el primer año analizado (2021- 2022) y en el actual no todas las variedades cubrieron sus costos de producción.

En la serie de años evaluados las mandarinas, Común y Satsuma; y naranja Salustiana presentan los valores más bajos de los indicadores económicos.

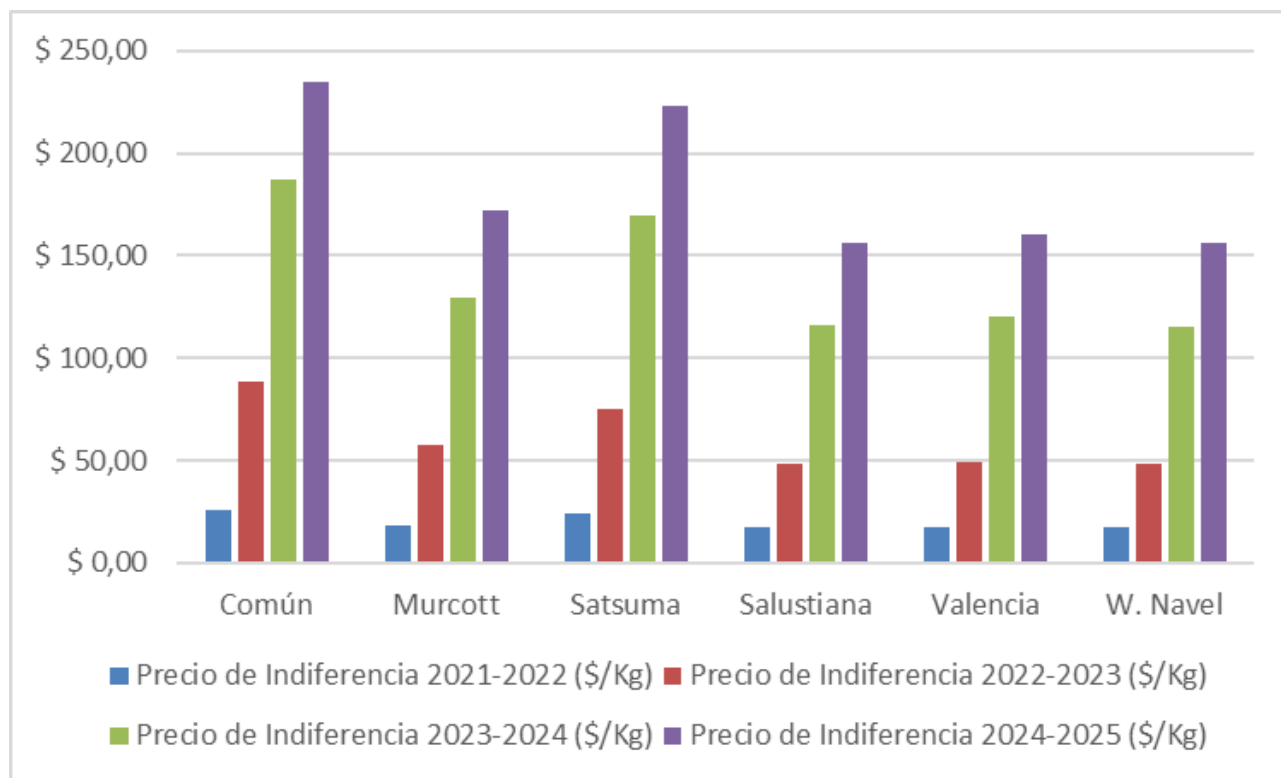


Figura 3: Precios de indiferencia en las campañas 2021-2022, 2022 -2023, 2023 - 2024 y 2024 - 2025. Fuente: Elaboración propia.

El aumento de costos comparando las campañas analizadas fue notable y este resultado se puede observar a través del precio de indiferencia de la Figura 3.

La mandarina Común presenta el mayor precio de indiferencia en la campaña actual, debido a su alto costo productivo seguido por la mandarina Satsuma.

Por su parte W. Navel presenta, debido a su bajo costo y pese a su baja productividad, el menor precio de indiferencia.

Las variedades de mandarina, Común, Murcott y Satsuma, presentan los precios de indiferencia en las últimas tres campañas debido al incremento de los costos.

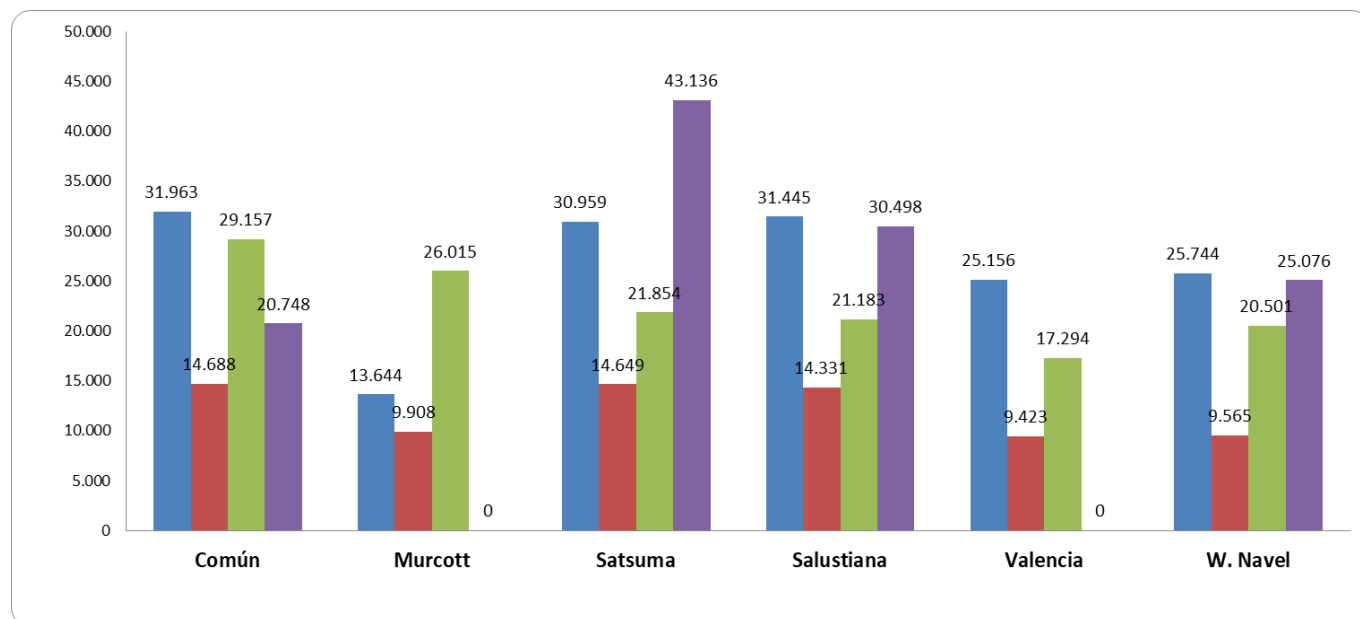


Figura 4: Rendimientos de indiferencia entre campañas 2021-2022 2022-2023 2023-2024 2024-2025

La mandarina Satsuma presenta el mayor rendimiento de indiferencia en la presente campaña (Figura 4). Durante el 2022-2023 los rendimientos de indiferencia fueron notablemente inferiores al resto para todas las especies y variedades debido a los precios de esa campaña.

Conclusiones

Los resultados económicos correspondientes a la campaña 2024-2025 evidencian que la valorización de la producción no logró cubrir los costos operativos en algunas de las variedades evaluadas como por ej. Mandarina Satsuma y Naranja Salustiana, que se explica principalmente por el incremento sostenido en los costos de producción junto con niveles de precios de mercado que resultaron insuficientes para compensar dichos aumentos.

Al analizar la composición de costos se determinó que la mayor proporción de los mismos corresponde a las amortizaciones de bienes durables, y a la aplicación de insumos para nutrición y sanidad de las plantas. Las tareas generales del personal de cuidado de las plantaciones, poda y raleo complementan la composición mayoritaria de los costos.

La relación de los ingresos y los costos totales presentaron valores superiores durante la campaña 2022- 2023 en comparación con las otras evaluadas.

Los precios de indiferencia en las últimas dos campañas muestran incrementos importantes, siendo los de mayor magnitud en las mandarinas, Común y Satsumas.

Los rendimientos de indiferencia se incrementaron en forma notable a excepción de mandarina común explicado por el alza del precio de esta variedad.

Durante la campaña 2024-2025, los rendimientos de indiferencia mostraron un incremento significativo en la mayoría de las variedades analizadas, reflejando el impacto del aumento de los costos de producción y la presión sobre los márgenes de rentabilidad. Este fenómeno indica que los productores necesitaron obtener mayores volúmenes por hectárea para alcanzar el punto de equilibrio económico. La única excepción fue la mandarina común, cuyo rendimiento de indiferencia descendió respecto a la campaña anterior. Este comportamiento se atribuye al aumento del precio de mercado de dicha variedad, que permitió compensar parcialmente los costos crecientes y mejorar la relación ingreso/costo.

Las condiciones climáticas adversas registradas durante la presente campaña han afectado a la región de manera heterogénea, generando distintos niveles de impacto según la ubicación geográfica y el momento de

ocurrencia de los eventos. En particular, las heladas y el granizo han provocado daños variables en el cultivo, lo que se traduce en una amplia dispersión de rendimientos y calidad de fruta entre productores. Los resultados económicos estimados se basan en rendimientos promedio zonales que no reflejan la totalidad de situaciones productivas.

La marcada oscilación de precios y costos observada en las campañas analizadas representa un factor crítico que condiciona la sustentabilidad del sistema productivo cítrico. Esta volatilidad genera incertidumbre en los productores, dificulta la toma de decisiones estratégicas y expone al sector a riesgos económicos.

Referencias

Bevilacqua, M., Storti, L. (2016). Informes de Cadena de valor. AÑO 1 - N° 19: Frutícola – Cítricos dulces. Ministerio de Hacienda y Finanzas Públicas de la Nación.

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspe_cadena_de_valor_citricos_dulces.pdf

Brizuela, A., Aguirre, C., Scatone, G. (2016). Resultados del Censo Cítrico 2015/2016. FECIER-UNER.

https://www.fecier.org.ar/descargas/Resultados_Censo_Citricola_2016.pdf

Federación Argentina del Citrus (2024). Actividad cítrica 2024. <https://www.federcitrus.org/wp-content/uploads/2024/11/Federcitrus-Actividad-Citricola-2024.pdf>

Ministerio de Economía. (2023). Informes de Cadenas de Valor. Año 8, N° 69.

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/citricos_dulces_naranja_nov_2023.pdf

Optimización de la etapa de cloración de una planta potabilizadora mediante modelos de simulación y calibración experimental

Optimization of the chlorination stage of a water treatment plant using simulation models and experimental calibration

Presentación: 07/08/2025

María Emilia Medina

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
memiliamedina@gmail.com

Natalia Tesón

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
natateson@gmail.com

Ricardo Rosales

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
rosalesrij@gmail.com

Gerardo Sasso

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
gerardo_sasso@hotmail.com

Pablo José Paskosky Gómez

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
ppaskosky@frcon.utn.edu.ar

Flavia Daniela Tonina

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
flavia.tonina@uner.edu.ar

Julieta Velázquez

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
julietvelazquez112@gmail.com

Resumen

Este Proyecto de investigación se orienta a la implementación de modelos de simulación para optimizar la etapa final de cloración de una planta potabilizadora, para asegurar la concentración mínima de cloro residual libre en los puntos más alejados de la red de distribución.

Para ello se propone modelizar el decaimiento de la concentración de cloro en una red de distribución de agua potable utilizando software de uso libre y calibrar sus parámetros por contraste con las concentraciones obtenidas experimentalmente en puntos representativos de la red.

Los principales resultados del proyecto de investigación consisten en el diseño de un modelo hidrodinámico y de calidad del agua de una red de distribución que permita: optimizar el proceso de cloración mediante la determinación de la adecuada concentración a la salida de planta potabilizadora, predecir la concentración en distintos puntos de la red de distribución sin necesidad de realizar numerosas determinaciones, identificar

puntos de baja concentración de cloro debido al alto consumo por iones ferrosos de cañerías y optimizar el monitoreo en red de distribución disminuyendo en el futuro el número de muestras a extraer.

Palabras clave: cloro residual libre, modelación, cloración, planta potabilizadora

Abstract

This research project focuses on the implementation of simulation models to optimize the final chlorination stage of a water treatment plant, ensuring the minimum concentration of free residual chlorine at the most distant points in the distribution network.

To this end, the project aims to model the decline in chlorine concentration in a drinking water distribution network using open-source software and calibrate its parameters against concentrations obtained experimentally at representative points in the network.

The main results of the research project consist of the design of a hydrodynamic and water quality model for a distribution network that allows for: optimizing the chlorination process by determining the appropriate concentration at the water treatment plant outlet; predicting the concentration at different points in the distribution network without the need for numerous determinations; identifying points with low chlorine concentrations due to high consumption by ferrous ions in pipes; and optimizing distribution network monitoring, reducing the number of samples required in the future.

Keywords: Free residual chlorine, modelling, chlorination, water treatment plant.

Introducción

El cloro es un agente oxidante ampliamente utilizado como desinfectante en los procesos de potabilización, su aplicación tiene como objetivo la eliminación de microorganismos patógenos y la prevención de enfermedades de origen hídrico (AWWA, 2011) (Collivignarelli y otros, 2018). Reúne las ventajas de ser eficiente en la desinfección, es fácil de aplicar y cuantificar su concentración, tiene poder residual y es de bajo costo (Black & Veatch Corporation, 2009). Como contrapartida es corrosivo y puede generar subproductos peligrosos para la salud, en determinadas condiciones (Arboleda Valencia, 2000b) (Di Bernardo y otros, 2005).

Para asegurar un adecuado poder residual, la concentración mínima de cloro residual libre en red de distribución no debe ser inferior a 0,20 mg/l, de acuerdo a disposiciones del Código Alimentario Argentino.

Desde la disolución de cloro en agua, su concentración sufre un decaimiento (Tzatchkov y otros, 2015) (Oliveira y otros, 2022). Este proceso se debe a dos reacciones paralelas, una en la capa límite en contacto con la tubería y otra en la masa de agua. La primera reacción depende del diámetro de la tubería, del material y de su estado, de la velocidad de flujo y de la temperatura, mientras que la segunda reacción depende de la concentración inicial de cloro, contenido de componentes orgánicos y de la temperatura.

La cinética de desintegración de cloro se describe mediante una reacción de primer orden, es decir que la concentración final depende únicamente de la concentración inicial de un componente. La concentración final de cloro estará dada por la ecuación:

$$c = c_0 e^{-k \cdot t}$$

Dónde: c es la concentración de cloro libre al tiempo t (mg/l), c_0 es la concentración inicial de cloro libre (mg/l), k es la constante total de decaimiento de cloro (min^{-1}), t es el tiempo (min).

La constante total de decaimiento de cloro, k , se expresa como la suma de las constantes de decaimiento en la masa de agua, k_b , y la constante de decaimiento en la capa límite, k_w . Debido a la complejidad y a los numerosos factores que afectan la relación entre las reacciones, la modelización del transporte de cloro en los sistemas de

distribución de agua requiere la determinación por separado de los valores de las constantes de desintegración (Musz-Pomorska, 2019).

$$k = k_b + k_w$$

El presente trabajo pretende modelizar el decaimiento de la concentración de cloro en red de distribución de la ciudad de Concordia – Entre Ríos, utilizando EPANET, de modo de optimizar el proceso de cloración y asegurar la concentración de cloro residual libre en puntos más alejados de su aplicación y garantizar los criterios de calidad de agua.

EPANET es un programa de código abierto, creado por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (USEPA), que permite calcular pérdidas de presión, velocidad de flujo en tuberías y también permite modelizar la calidad de agua a partir de la representación de la red de distribución (nodos, tuberías, depósitos, válvulas, bomba y demás componentes de la red de distribución) (Rossman, 2022) (Belcaid, 2023).

La ciudad de Concordia cuenta con un tendido de redes distribuidoras de agua de 524,10 km de longitud, dentro de los límites de operación de la empresa, siendo equivalentes a 5251 cuadras con acceso al servicio de agua potable, cubriendo aproximadamente un 95% de la jurisdicción.

Los materiales de los cuales está constituida la red, su antigüedad, longitud aproximada y estado son:

Material red de agua	Antigüedad aproximada (años)	Longitud aproximada (km)	Porcentaje total de la red (%)	Estado general
Hierro Fundido (FF)	100	93,5	17,84	REGULAR
Asbesto cemento (AC)	100	116,9	22,30	MALO
Acero	100	0,8	0,15	REGULAR
Policloruro de vinilo (PVC)	40	312,9	59,70	BUENO

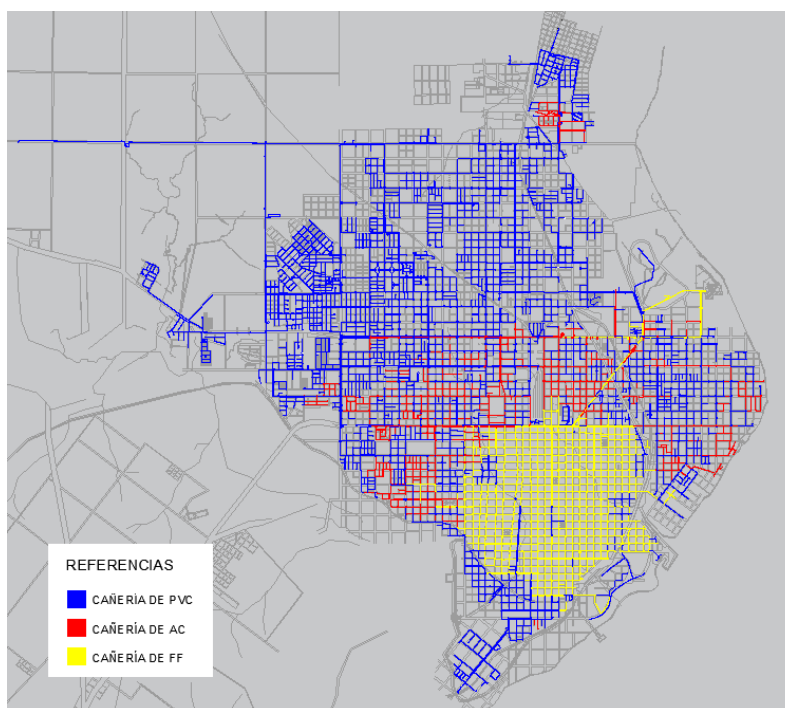


Fig. N°1: materiales que componen la red de distribución. Fuente: EDOS

La ciudad de Concordia es abastecida por una planta potabilizadora, compuesta por dos módulos de potabilización, uno de los cuales tiene 100 años de antigüedad y el otro 50 años. Tiene un aporte de aproximadamente 23.628.200 m³/año. La red de distribución de la ciudad no cuenta con puntos de reclusión. La cloración se realiza como etapa final del proceso de potabilización, por lo tanto, la concentración de cloro residual va disminuyendo desde su concentración máxima inicial, a la salida de planta potabilizadora, hasta el punto más alejado en la red de distribución. En algunas ocasiones la concentración de cloro a la salida de planta potabilizadora es muy elevada, para asegurar que en los puntos terminales se cumpla con la concentración mínima requerida por la regulación vigente, y genera reclamos de los usuarios ubicados en cercanías de la planta.

EPANET requiere la introducción precisa de los coeficientes de descomposición, con el fin de prever la concentración de cloro en los distintos puntos de la red de distribución. Se pretende determinar empíricamente la constantes k_b y adoptar un valor de bibliografía para k_w para el mejor ajuste entre los valores obtenidos por modelización con EPANET y los obtenidos experimentalmente por medición de cloro libre en red de distribución.

Este es un trabajo original, que se realiza por primera vez en la ciudad de Concordia, y busca calibrar el modelo hidráulico EPANET, para verificar un adecuado ajuste entre las concentraciones determinadas con el programa y las determinadas empíricamente en el terreno, con el objetivo de poder optimizar la concentración de cloro a la salida de planta potabilizadora. Este trabajo también permitirá detectar puntos de baja concentración de cloro en red de distribución, sugerir puntos de reclusión en red de distribución, recambio de tuberías, purgas en tuberías. Además, al instalar puntos de reclusión en red de distribución, permitirá bajar la concentración de cloro a la salida de planta logrando un uso del cloro más eficiente, optimizando el proceso de cloración.

Un adecuado ajuste entre modelo y determinaciones experimentales también permitirá predecir la concentración en distintos puntos de la red de distribución sin necesidad de realizar numerosas determinaciones experimentales, optimizando el monitoreo en red de distribución.

Objetivo general

Optimizar la etapa de cloración, en una planta potabilizadora, mediante la determinación del mejor ajuste entre la concentración de cloro residual libre predicha por modelación con EPANET y su determinación experimental en red de distribución.

Objetivos específicos

1. Determinar las constantes de decaimiento de cloro (k_b y k_w) para calibrar el modelo hidráulico en EPANET.
2. Desarrollar un modelo hidráulico en EPANET que represente con precisión el transporte y decaimiento de cloro en la red de distribución.
3. Validar el modelo hidráulico mediante la comparación entre las concentraciones de cloro residual libre predichas con el modelo hidráulico y las concentraciones determinadas experimentalmente en distintos puntos de la red de distribución.
4. Identificar puntos críticos de baja concentración de cloro en la red de distribución y proponer estrategias para optimizar la dosificación de cloro en planta potabilizadora y mejorar la concentración en estos puntos críticos.

Desarrollo

La metodología de trabajo planteada es la siguiente:

1. Actualización bibliográfica.
2. Recopilación de datos y caracterización del sistema. Se recopilarán datos detallados del sistema de distribución de agua, tales como diámetros de cañerías, material de las mismas, nodos, presencia de válvulas esclusas, de aire y demás componentes del sistema de distribución.
3. Determinación experimental de las constantes de decaimiento. Se determinará k_b por ensayos de laboratorio y k_w investigación bibliográfica. Se aplicará el siguiente procedimiento:
 - Se prepararán soluciones de cloro en agua destilada de concentración inicial conocida y se termostatará a 20 °C.
 - Se extraerán muestras a intervalos de tiempo de 15 minutos, durante 2 horas y se determinará la concentración de cloro por el método colorimétrico DPD (*N,N*-dietil-*p*-fenilendiamina) (APHA y col., 1992).
 - Se ajustarán los datos obtenidos a una ecuación de primer orden $c=c_0.e^{-k t}$
 - Se obtiene k por regresión lineal de los datos transformados $\ln c$ versus t .
 - Se determina k_b por diferencia entre k y k_w
4. Desarrollo del modelo hidráulico en EPANET. Con los datos recopilados anteriormente (punto 2.) y las constantes de decaimiento determinadas experimentalmente (punto 3.) se desarrolla el modelo hidráulico utilizando el software EPANET.
5. Determinación de los puntos de monitoreo. Se determinan los puntos en la red de distribución donde se determinará experimentalmente la concentración de cloro residual libre y se determinará la concentración de cloro residual libre por método colorimétrico de la DPD (*N,N*-dietil-*p*-fenilendiamina) (APHA y col., 1992). Se consideran los siguientes criterios para la selección de los puntos de monitoreo: **geografía de la red**, se adoptan diferentes ubicaciones geográficas de modo de cubrir toda la red; **material de la red**, se seleccionan zonas de distinto material para evaluar la degradación del cloro con el material constructivo de la red; **condiciones de flujo**, se seleccionan zonas de flujo continuo, intermitente o de estancamiento (terminales de red); **historial de problemas**, puntos que históricamente han presentado problemas de baja concentración de cloro.
6. Calibración del modelo. Con los datos experimentales de concentración de cloro residual libre, determinados en los sitios del punto 5., se calibra el modelo hidráulico. Se ajustan los parámetros del modelo para lograr un buen ajuste entre los valores predichos por EPANET y los valores medidos experimentalmente en el terreno.
7. Validación del modelo. Se valida el modelo realizando mediciones experimentales adicionales en el terreno, y se verifica la capacidad del modelo para predecir la concentración de cloro residual en dichos puntos.
8. Optimización del proceso de cloración. Con el modelo calibrado y validado, se ajustará la concentración de cloro a la salida de planta para asegurar la concentración mínima de cloro residual libre, requerida por la reglamentación vigente, en todos los puntos de la red de distribución. El criterio de optimización del proceso será minimizar la concentración de cloro a la salida de planta potabilizadora, asegurando la concentración mínima regulada en red de distribución. Se identificarán puntos críticos de baja concentración de cloro y se

propondrán medidas correctivas tales como: sugerir puntos de recloración en red de distribución, purgas en puntos de bajo flujo o estancamiento en red de distribución y recambio de cañerías para lograr el objetivo propuesto. Se realizarán evaluaciones periódicas una vez implementados los cambios sugeridos, de modo de mejorar continuamente la estrategia de cloración.

9. Difusión de los resultados obtenidos. Se difundirán los resultados obtenidos en congresos, jornadas científicas y reuniones técnicas.
10. Conclusiones y elaboración de informe final.

Conclusiones

- Se esperan obtener los siguientes resultados:
- Determinación experimental de las constantes de decaimiento de cloro en red de distribución.
- Desarrollo hidráulico de un modelo preciso en EPANET.
- Calibración y modelación exitosa del modelo utilizando datos experimentales.
- Optimización del proceso de cloración y elaboración de propuestas para mejorar la distribución de cloro en red de distribución.
- Informes técnicos, transferencia a los organismos prestadores del servicio de producción y distribución de agua y publicaciones científicas con los conocimientos generados en el proyecto.
- Formación de recursos humanos y consolidación del grupo multidisciplinario de investigación en la UTN FRCon.

Referencias

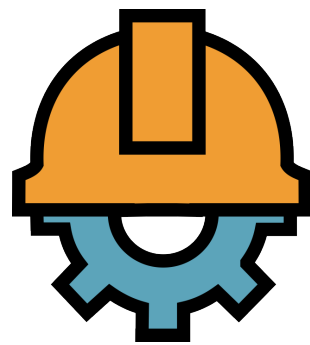
- Arboleda Valencia, J. (2000b). Teoría y práctica de la purificación del agua. Tomo 2. (R. Pertuz Molina, Ed.) (Tercera). Santa Fe de Bogotá, Colombia: Mc Graw-Hill.
- AWWA. (2011). Water Quality y Treatment. A Handbook on Drinking Water. (J. K. Edzwald, Ed.) (Sexta). Denver, Colorado: Mc Graw-Hill.
- Belcaid, Alaa-Eddine & Faycal, Taghlabi & Tounssi, Tounsi. (2023). Chlorine Decay Modeling in a Water Distribution Network in Mohammedia City, Morocco. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 24. 269-278. [10.12912/27197050/157538](https://doi.org/10.12912/27197050/157538).
- Black & Veatch Corporation, (2009). Chlorination of Potable Water. In White's Handbook of Chlorination and Alternative Disinfectants, Black & Veatch Corporation (Ed.).
- Collivignarelli, M.C.; Abbà, A.; Benigna, I.; Sorlini, S.; Torretta, V. Overview of the Main Disinfection Processes for Wastewater and Drinking Water Treatment Plants. *Sustainability* 2018, 10, 86. <https://doi.org/10.3390/su10010086>
- Di Bernardo, L., y Di Bernardo Dantas, A. (2005b). Métodos e Técnicas de Tratamento de Água. Volumen 2. (RIMA, Ed.) (Segunda). Sao Carlos, SP
- Musz-Pomorska, Anna & Widomski, Marcin & Matczuk, Agnieszka & Sadura, Konrad. (2019). Modeling chlorine distribution in water supply system utilizing empirically determined chlorine decay rate. *E3S Web of Conferences*. 100. 00054. [10.1051/e3sconf/201910000054](https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910000054).

Oliveira, L. de ., Reis, D. R. dos ., & Hoffmann, N. K. S. del A. (2022). Decay process of free residual chlorine concentration affected by travel time in water distribution systems. *Revista Ambiente & Água*, 17(3), e2830. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2830>.

Rossman, L. A. (2020). EPANET 2.2 User Manual. US EPA

Tzatchkov, V., Alcocer-Yamanaka, V. H., & Arreguín Cortés, F. I. (2015). Decaimiento del cloro por reacción con el agua en redes de distribución. *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, 19(1), 41–51.

Ingeniería en Energía Eléctrica



Monitoreo de PM10 mediante la creación de equipos propios

PM10 monitoring through the development of self-manufactured devices

Presentación: 09/10/2025

Martín Chichizola

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concordia, Argentina.

Facundo Salzman

Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concordia, Argentina.

fsalzman@frcon.utn.edu.ar

Resumen

El material particulado que se encuentra suspendido en la atmósfera, especialmente en ambientes laborales, puede resultar perjudicial para la salud de los trabajadores expuestos a ciertos niveles nocivos de concentración. Según el tamaño de la partícula suspendida, se pueden producir distintas afecciones en el cuerpo humano, afectándose desde las vías respiratorias hasta el corazón.

El origen del material particulado puede ser natural o antropogénico. Interesa monitorear las concentraciones derivadas de ésta última fuente, dado que pueden reducirse mediante acciones de mitigación. Para obtener los registros pertinentes, se propone la creación de equipos propios para la medición de la concentración de material particulado capaz de distinguir entre tamaños de 1.0 μm , 2.5 μm y 10 μm , con precisión y confiabilidad suficiente a los efectos del presente trabajo.

Palabras clave: PM10, PM2.5, Material Particulado, Monitoreo, Medición

Abstract

Particulate matter suspended in the atmosphere, especially in work environments, can be harmful to the health of workers exposed to certain harmful concentration levels. Depending on the size of the suspended particles, various health problems can arise, affecting everything from the respiratory system to the heart.

The origin of particulate matter can be natural or anthropogenic. Monitoring concentrations from the latter source is of interest, as they can be reduced through mitigation measures. To obtain the relevant data, the development of dedicated equipment for measuring particulate matter concentration is proposed. This equipment should be capable of distinguishing between particle sizes of 1.0 μm , 2.5 μm , and 10 μm with sufficient accuracy and reliability for the purposes of this study.

Keywords: PM10, PM2.5, Particulate matter, Monitoring, Measuring

Introducción

La creación de los equipos de medición se realizó de manera íntegra en el GIICMA, con colaboración del Laboratorio de Impresión 3D de la UTN FRCon. Una vez ensamblados, fueron dispuestos en cuatro sectores

distintos de una planta procesadora de arroz, donde la actividad propia de la misma es una fuente de emanación de material particulado. Los sectores fueron seleccionados por personal de la planta completamente familiarizado con la producción y el problema en cuestión, de manera de obtener datos relevantes en sectores donde, usualmente, se producen las mayores concentraciones (lo que se observa a simple vista) y se presenta un flujo estable de trabajadores que se encuentran expuestos a dichas concentraciones.

Una vez obtenidos los valores, se deben procesar con el fin de establecer frecuencias de ocurrencia y comparar las mismas con distribuciones teóricas de densidad de probabilidad. Esto permitirá predecir, con cierta confiabilidad, los valores de concentraciones futuras, sujeto a la condición de estabilidad temporal del proceso de producción.

Los valores recabados y los que se predecirán, se podrán cotejar con normativa local, u otro nivel de jurisdicción, de calidad del aire, de manera de establecer si existe riesgo para la salud humana.

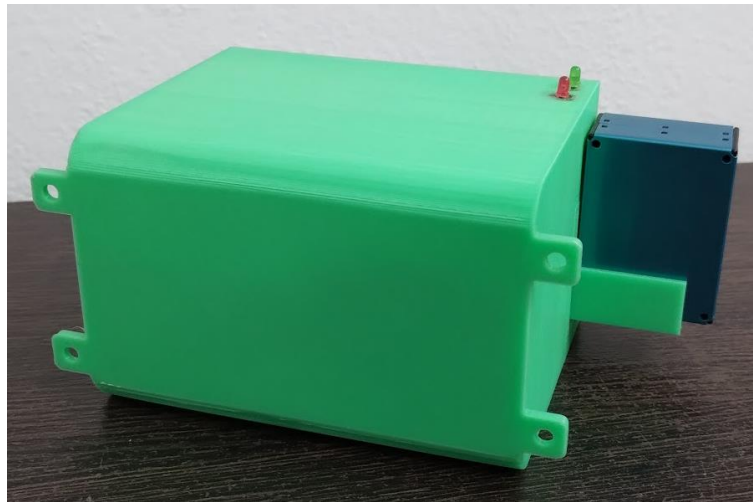


Desarrollo

Se diseñaron y ensamblaron cuatro unidades de monitoreo PM 1.0, PM 2.5 y PM 10.0, compuestas por un sensor de densidad de material particulado PMS5003, una placa de desarrollo Arduino NANO como microcontrolador y componentes auxiliares: sensor de temperatura DHT11, RTC DS3231, baterías de iones de litio de 3.7V y un gabinete de plástico impreso en 3D en el laboratorio de impresiones 3D de la UTN FRCon.

Una vez dispuestos en los puntos de interés, los equipos se dejaron monitoreando la calidad del aire por un período aproximado, hasta la fecha, de cuatro meses. Se recolectaron los datos en formato .txt con periodicidad semanal. Con cada archivo obtenido de la memoria de cada equipo, se conformó un único archivo por equipo, a partir del cual se procederá al análisis estadístico.





Conclusiones

Si bien el proyecto aún se encuentra en desarrollo, faltando la etapa de procesamiento de datos, los equipos han funcionado correctamente durante su primera prueba en campo, arrojando datos coherentes, sobre la cantidad de material particulado que circula dentro de los recintos donde se han colocado. Es decir, en los momentos que se registraron las mayores concentraciones, se presentaba una atmósfera cargada, donde se podía observar a simple vista el material particulado suspendido.

La línea de investigación en sensores remotos del GIICMA, se consolida a partir de esta primera experiencia. En un futuro se investigarán más temas de interés relacionados a la ingeniería civil y al ambiente que necesiten, para el establecimiento de sus bases, el uso de sensores que puedan medir datos con cierta confiabilidad.

Referencias

World Health Organization. (2021). WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>

Arduino. (s. f.). About Arduino [Página web]. Recuperado de <https://www.arduino.cc/en/about>.

Desarrollo de procedimientos y ensayos de laboratorio para la homologación de un traje conductor para trabajos con tensión en at. Norma IEC 60895-2020

Development of laboratory tests and procedures for the approval of a conductive suit for live voltage work in high-voltage systems. IEC 60895-2020 standard.

Presentación: 09/10/2025

Luis Lorenzo Neira

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
luislorenzoneira@gmail.com / comunicacion@frcon.utn.edu.ar

Rodrigo Franchini

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
franchinirodrigoa@gmail.com

Francisco Avelino Pérez

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
franciscoavelinoperez@gmail.com

Andrada Reynoso Facundo Ariel

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
facundoarielreynoso@gmail.com

Ava Federico Martin

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
fedemava012@gmail.com

Luna Ayelen Nelida Micaela

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia, Argentina.
ayeleen.luna.99@gmail.com

Resumen

El presente trabajo expone un análisis más amplio y detallado de los ensayos que se realizan sobre trajes conductores utilizados en trabajos con tensión (TcT), de acuerdo con la normativa vigente IEC 60895:2020.

Estos trajes son ensayados rutinariamente según los puntos 4.4.3 y 5.4.2 (Resistencia eléctrica) de dicha norma, evaluando su conductividad. La experiencia obtenida en nuestro laboratorio demuestra que los tejidos de algodón con hilos de plata o acero presentan comportamientos muy distintos. En algunos casos, trajes con poco uso pero almacenados por períodos prolongados no superaron las pruebas.

Los resultados indican que, aunque la resistencia eléctrica aumenta con el uso y los lavados, la eficiencia del blindaje puede mantenerse dentro de los límites normativos, conforme al punto 5.5.4 (Eficiencia de blindaje y apantallamiento).

Con este estudio se busca contribuir a un análisis más integral, proponiendo criterios más precisos para el descarte de vestimentas sin comprometer la seguridad de los trabajadores de TcT.

Palabras clave: Trabajo con Tensión, Tajes Conductivos, Ensayos de Tipo y Rutina.

Abstract

This work presents a broader and more detailed analysis of the tests performed on conductive suits used in live-line working (LLW), in accordance with the current IEC 60895:2020 standard.

These suits are routinely tested according to clauses 4.4.3 and 5.4.2 (Electrical resistance), evaluating their electrical conductivity. Experimental experience in our laboratory has shown that fabrics made of cotton with silver or steel threads exhibit very different behaviors. In some cases, suits with little use but long storage periods did not pass the tests.

The results indicate that, although electrical resistance increases with use and washing, the shielding efficiency can remain within the normative limits, as specified in clause 5.5.4 (Shielding efficiency).

This study aims to contribute to a more comprehensive evaluation by proposing refined criteria for the replacement of conductive garments, without compromising the safety of live-line workers.

Keywords: Live working, Conductive Clothing, Type Test and Routine Test.

Introducción

A fin de lograr un uso racional de la energía, resulta fundamental asegurar la continuidad del servicio eléctrico y minimizar las interrupciones en la transmisión y distribución. En este sentido, los Trabajos con Tensión (TcT) constituyen una técnica consolidada a nivel mundial, ya que permiten realizar tareas de mantenimiento sin interrumpir el suministro eléctrico de las instalaciones.

Los trajes conductores son una herramienta esencial para los trabajadores de líneas de 132 kV en adelante, al constituir una jaula de Faraday que protege al operario frente a los campos eléctricos intensos de las instalaciones de alta tensión. Su función principal es reducir el campo eléctrico al que está expuesto el trabajador, brindando seguridad y confort durante la operación.

Cuando la eficiencia de apantallamiento no es suficiente, se generan molestias y pérdida de confort que, en casos extremos, impiden la correcta ejecución de los trabajos previstos.

Tradicionalmente, los ensayos se centraban en la medición de la resistencia eléctrica de la ropa conductora, conforme a lo indicado en las ediciones anteriores de la IEC 60895, y actualmente en su versión 2020. Como novedad relevante, esta edición incorpora los ensayos de eficiencia de apantallamiento, que permiten evaluar la capacidad real de protección de las prendas.

El presente trabajo tiene como finalidad mostrar la experiencia adquirida en ambos tipos de ensayos y analizar sus resultados, con el objetivo de fortalecer los criterios de evaluación de la ropa conductora y optimizar la seguridad en los Trabajos con Tensión.

Desarrollo

Antecedentes

Dado el alto costo de las vestimentas conductoras, el desgaste que sufren como consecuencia del uso y la importancia que tienen para la protección y el confort de los operarios que ejecutan Trabajos con Tensión (TcT), se consideró prioritario investigar el comportamiento de las diferentes opciones disponibles en el mercado, así como la posibilidad de introducir modificaciones que mejoren su ergonomía sin comprometer las condiciones de blindaje eléctrico.

En este marco, a partir del año 2010 se inició en la UTN – FRCon una línea de investigación orientada a desarrollar un procedimiento que permitiera validar periódicamente (con frecuencia bianual) el estado de los trajes mediante la medición de resistencia eléctrica, de acuerdo con lo establecido en el inciso 6.2 de la norma IEC 60895 Segunda Edición 2002-08.

Dicho procedimiento se logró conformar y homologar en el laboratorio, siguiendo los pasos normativos:

- **Medición de resistencia eléctrica** entre puntos específicos de la prenda (puños de muñeca, tobillos y cruces diagonales), asegurando condiciones reproducibles de contacto.

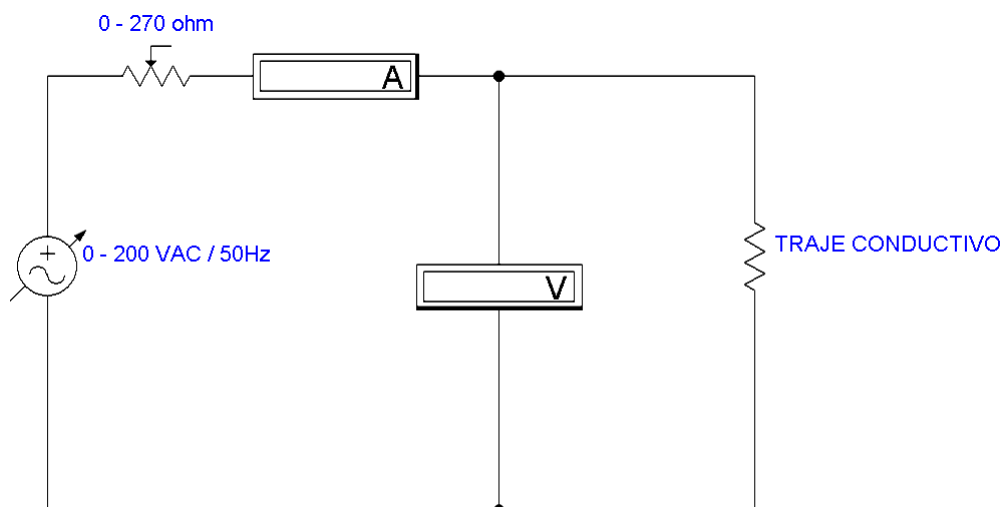


Imagen 1 – Disposición de instrumentos de medición.

Circuito utilizado

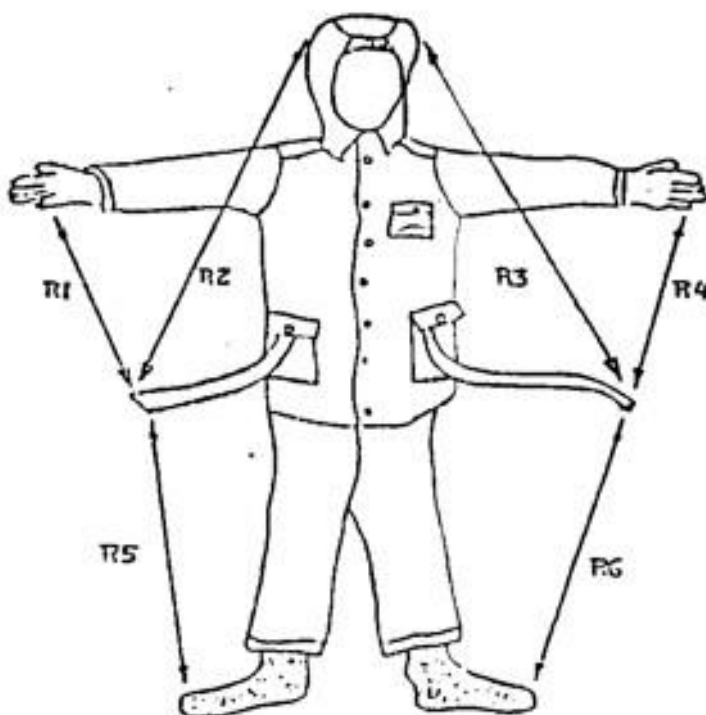


Imagen 2 – Disposición de puntos de medición.

- **Condiciones de ensayo:** aplicación de una corriente de 200 mA durante un minuto, utilizando una fuente de CA o CC, utilizando el método voltamperimétrico.

- **Montaje experimental:** prenda extendida sobre mesa no conductora o colocada sobre maniquí dieléctrico.



Imagen 3 – Disposición general desarrollo de ensayo de resistividad

- **Criterios de aceptación:** comparación de los valores promedio obtenidos con los límites especificados en la Tabla 3 de la norma.

Clase	Resistencia Ω
1	50
2	20

Table 3 – Máxima resistencia de la prenda según la clase de tensión máxima de la ropa conductora

Los resultados de esta etapa permitieron establecer un método confiable de verificación de resistividad, aplicable tanto a prendas completas como a componentes individuales (guantes, capuchas, calzado). De esta forma, se logró validar la factibilidad de realizar controles periódicos de seguridad en las vestimentas en uso, aportando una herramienta práctica para las empresas eléctricas y los organismos de control.



Imagen 4 y 5 – Disposición general de investigación de apantallamiento.

La evolución de la investigación incorporó posteriormente ensayos de eficiencia de apantallamiento frente a campos eléctricos, utilizando montajes experimentales específicos (Imágenes 4 y 5). Esto permitió ampliar el alcance de los estudios, no solo verificando la resistencia eléctrica de las prendas sino también su capacidad real de blindaje.

Primeras conclusiones

De esta primera etapa de investigación se obtuvieron resultados que pueden resumirse en los siguientes puntos:

1. Los trajes conductivos que mejor se comportan desde el punto de vista de su resistividad son aquellos que, en la constitución de las fibras del tejido, contienen hilos de plata. Resta conocer su degradación con el paso del tiempo y compararla con los construidos con fibras que contienen hilos de acero.
2. En general, el blindaje ante la presencia de campos eléctricos es excelente.
3. Los trajes construidos con fibras como las mencionadas no aportan blindaje frente a campos magnéticos.

Divulgación de investigación

Con la finalidad de cumplir uno de los objetivos propuestos en la investigación, se procedió a la divulgación y discusión de esta información en foros nacionales e internacionales:

- CITTES 2014 (Congreso Internacional sobre Trabajos con Tensión y Seguridad en Transmisión de Energía Eléctrica), Paraná, Entre Ríos, Argentina.
- ICOLIM 2014 (International Conference on Live Maintenance), Budapest, Hungría.

Derivado de investigación previa

El extenso trabajo realizado por el grupo de investigación permitió perfeccionar el método de medición de resistencia eléctrica, lo cual permitió que el LABAT pudiera ofrecer este servicio a empresas como ENERSA, LITSA S.A., TRANSNEA, ANDE, YACYLEC, entre otras.

Asimismo, permitió el acopio de información para la base de datos del laboratorio, así como la formación en buenas prácticas de los laboratoristas del grupo de trabajo.

Actualmente, el laboratorio ensaya bajo el inciso 5.4 de la norma IEC 60895:2020 un total de treinta y seis trajes de distintas marcas y con diferentes periodos de uso, cada uno con su correspondiente protocolo, número de registro, seguimiento y trazabilidad.



Imagen 6 – Disposición general desarrollo de ensayo de resistividad en la actualidad.

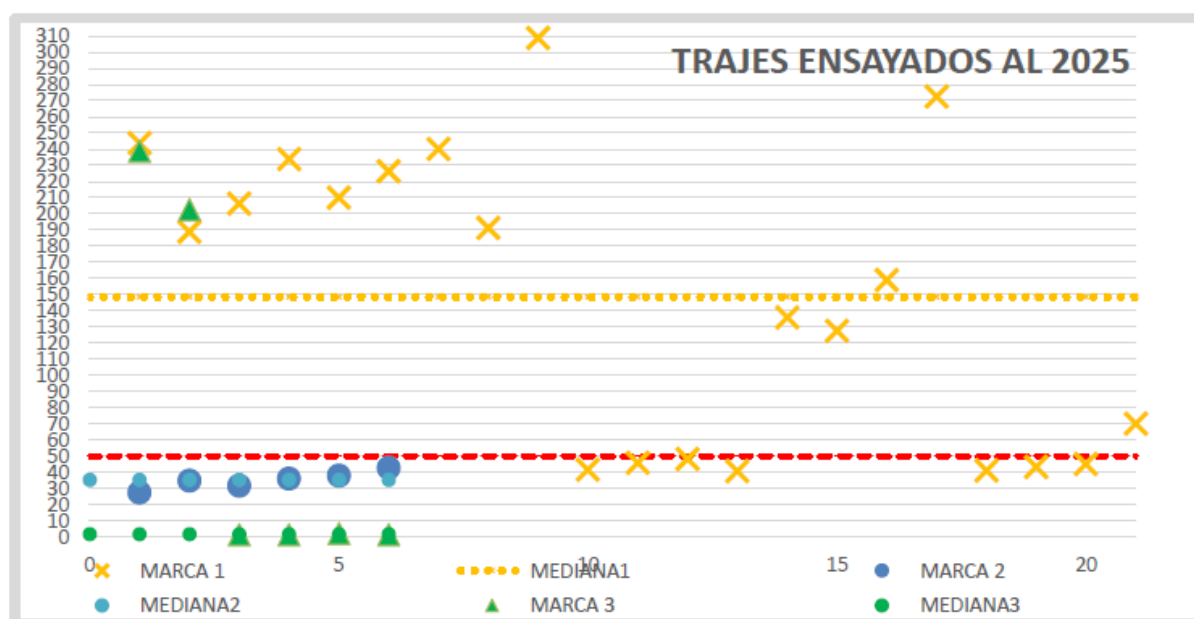


Imagen 7 – Base de datos actualmente global y por marca.

Objetivos

Objetivo General

El presente trabajo tiene como objetivo principal analizar la eficiencia de apantallamiento de vestimentas conductoras utilizadas en Trabajos con Tensión (TcT), conforme a los métodos establecidos en la norma IEC 60895:2020, en particular el inciso F.4.3, que permite realizar mediciones de apantallamiento cuando los valores de resistencia no cumplen los requisitos establecidos.

Objetivos Específicos

- Desarrollar y validar un montaje experimental en laboratorio para la evaluación de la eficiencia de apantallamiento (Método 1 y Método 2), en los casos en que los valores de resistencia superen los límites establecidos por la norma.
- Generar protocolos de ensayo replicables, que permitan ofrecer este servicio a empresas del sector eléctrico y organismos de control.
- Contribuir a la formación de recursos humanos especializados en ensayos de ropa conductora y a la consolidación del Laboratorio de Alta Tensión (LABAT – UTN FRCon) como referente en la temática a nivel nacional.

Metodología de trabajo

Investigación exploratoria.

En esta fase se recopilaban normas, publicaciones técnicas, antecedentes de investigación y toda información relevante que permitiera comprender los alcances del problema y sus diferentes dimensiones.

Estudio de la documentación y difusión.

Dado que esta temática cuenta con antecedentes, se previó el acopio, análisis y difusión de la documentación mediante talleres realizados tanto en la UTN FRCon como en otras regionales.

Definición de los ensayos.

En esta etapa se determinaron los ensayos a realizar en el laboratorio, procurando que los resultados fueran útiles y reproducibles. La selección de los métodos se realizó conforme al equipamiento disponible y los requisitos de la IEC 60895:2020.

Desarrollo y ejecución de equipos y dispositivos.

Se construyeron y adecuaron equipos en el Laboratorio de Alta Tensión para implementar los ensayos establecidos en los métodos 1 y 2 de la norma IEC 60895:2020, incluyendo la puesta en marcha, validación y ajuste del equipamiento.

Ensayos y mediciones.

Los especímenes seleccionados (materiales y prendas completas) fueron sometidos a los ensayos definidos. Se realizaron pruebas de tipo y de rutina sobre los trajes conductores y sus componentes, provistos por la firma CARRARO.

Comparativa.

Se efectuaron ensayos adicionales sobre modelos anteriores disponibles en el laboratorio, lo que permitió comparar resultados y analizar posibles mejoras.

Difusión.

Los resultados fueron presentados en distintos ámbitos académicos y profesionales, incluyendo congresos como CITTES, ICOLIM y CIGRÉ.

Investigación exploratoria

Se llevó a cabo una recopilación de información proveniente de diversas fuentes:

- **Fabricantes de vestimentas conductoras**, quienes aportaron datos sobre sus productos y sobre las

normas bajo las cuales se confeccionaban y ensayaban sus prendas.

- **Normas internacionales** vinculadas a vestimentas conductoras, en particular las distintas ediciones de la IEC 60895, así como normas IEEE 516, ANSI y NEMA.
- **Publicaciones científicas y técnicas** que constituyen antecedentes relevantes:
 - *Hotte, Gela; Mitchell, Lyons (1994–1997)*: primeros estudios experimentales sólidos sobre trajes conductores; sentaron las bases de normas IEC posteriores.
 - *Valagussa, Leva, De Donà, Milanello, Carraro (ICOLIM 2011)*: ensayos de verificación de apantallamiento en trajes de la firma CARRARO, con directa relación a los métodos 1 y 2 de tu investigación.
 - *Göcsei, Németh, Tamus, Kiss (2012–2014)*: destacan la importancia de la protección facial para alcanzar niveles ≥ 50 dB.
 - *Hu et al. (2010)*: trabajos en condiciones extremas (UHV 1000 kV), fundamentando la necesidad de clase 2 y métodos robustos de ensayo.
 - *Engelmann, Herzberg (ICOLIM 2000)*: innovación en equipamiento de protección, antecedentes de evolución tecnológica.
 - *Udod, Taloverya, Nijnik (ESMOL 1995)*: estudios pioneros de blindaje en condiciones reales de trabajo.

En primera instancia, este material fue traducido, analizado en detalle y resumido, destacando sus principales hallazgos para establecer la base de la presente investigación.

Estudio De La Documentación Anterior Y Difusión.

Los resultados de investigaciones previas fueron contrastados con los valores de referencia normativos y con la evidencia proveniente de los artículos técnicos más relevantes.

La información recopilada, junto con los ensayos realizados en el laboratorio en proyectos anteriores, dio origen a la presente investigación.

Con la publicación de la IEC 60895:2020 (Edición 3.0) se incorporaron nuevos requisitos y procedimientos, entre ellos el inciso 5.5.4, que establece la metodología para la determinación de la eficiencia de apantallamiento, eje central de esta etapa del proyecto.

La difusión de los avances se prevé mediante talleres y actividades académicas en la UTN FRCon y en otras regionales, promoviendo la formación de recursos humanos especializados en Trabajos con Tensión.

Definición De Ensayos

Los ensayos seleccionados para esta investigación se centran en la evaluación de la eficiencia de apantallamiento de las vestimentas conductoras, aplicando los procedimientos establecidos en la IEC 60895:2020.

Método 1(IEC 60895 5.5.4.1)

Requiere montar un maniquí conductor equipado con traje conductor y correa equipotencial. Se mide la corriente total (I1) y la corriente en el cuerpo (I2).

Disposición de ensayo utilizado:

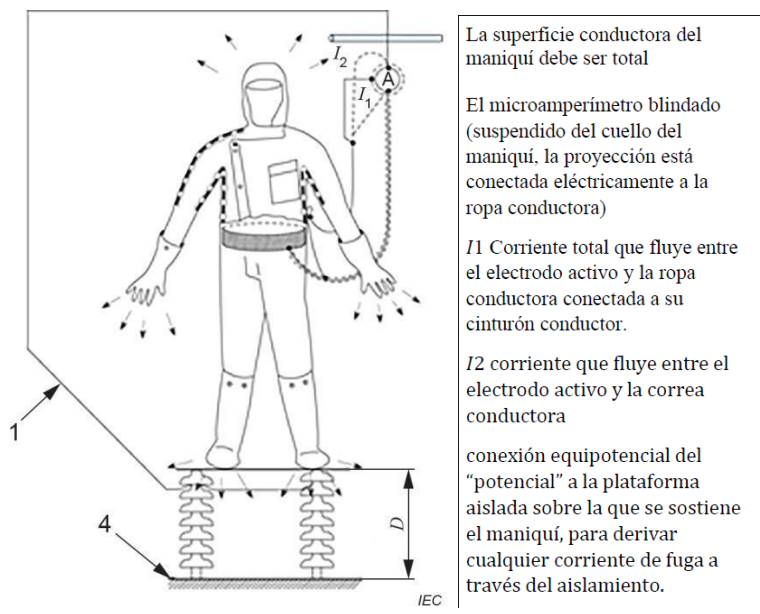


Figura 7a – Maniquí soportado por aislamiento sólido

Donde D es la distancia al plano de tierra, expresada en metros dada por la siguiente fórmula: (los valores en la fórmula son con $\pm 2\%$ de tolerancia):

$$D = \frac{U_{prueba}}{100} + 0,5$$

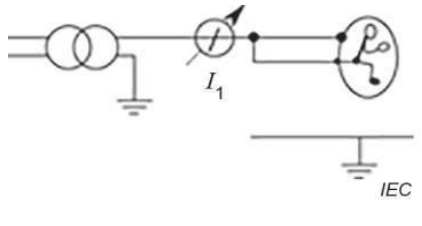
U_{prueba} : es el voltaje de prueba, en kilo-Volt.

Y la tensión máxima de prueba está dada por la tabla 5:

Clase	AC voltaje RMS en kV
1	462
2	578

Tabla 5 – Tensión máxima de prueba de fase-tierra según la clase de tensión máxima de la ropa conductora

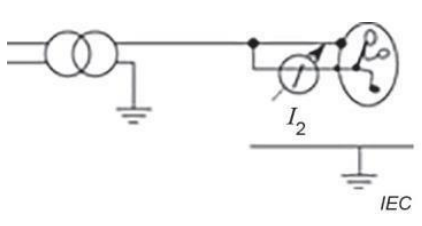
Posición para medir I_1 :



La corriente medida es la corriente de carga total; es la corriente a la que estaría expuesto el trabajador si no llevara ropa conductora.

Trabajador + ropa conductora

Posición para medir I_2 :



La corriente de carga de la ropa conductora pasa por el microamperímetro y la corriente medida es la que pasa únicamente hacia el trabajador.

Trabajador únicamente

Figura 9 – Posición de los amperímetros para la prueba de eficiencia de detección

La eficiencia se calcula como:

$$ECC = 20 * \log_{10} \left(\frac{I_1}{I_2} \right)$$

Debe cumplir:

Clase	ECC dB
1	40
2	50

Tabla 6 – Eficiencia mínima de apantallamiento de la ropa conductora según la clase de tensión máxima

Método 2 (IEC 60895 5.5.4.3)

El maniquí conductor con la vestimenta conductora se coloca en campo eléctrico homogéneo de 100 kV/m con un conductor a 300 mm. Se miden corrientes I_{body} y $I_{clothing}$.

Disposición de ensayo utilizado:

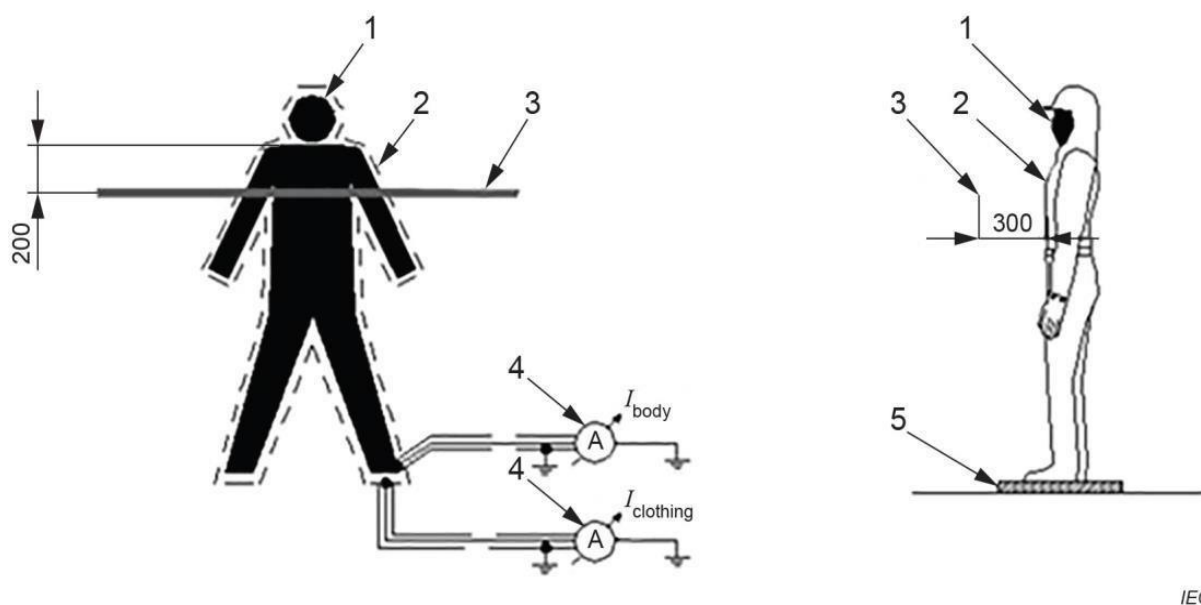


Figura 10 – Segundo método para comprobar la eficiencia de apantallamiento

Key

- | | | | |
|----------------|--|---|---|
| 1 | maniquí | 4 | microamperímetro, nanoamperímetro o picoamperímetro |
| 2 | ropa conductora | 5 | placa aislante |
| 3 | conductor energizado | | |
| I_{body} | corriente que pasa únicamente por el cuerpo del operador | | |
| $I_{clothing}$ | corriente que pasa únicamente a través de la ropa conductora | | |

La eficiencia se calcula como

$$ECC = 20 * \log_{10} \left(\frac{I_{clothing} + I_{body}}{I_{body}} \right)$$

Debiendo cumplir las mismas mínimas establecidas en el ensayo anterior por la tabla 6.

Desarrollo y ejecución de los equipos y dispositivos.

Primera etapa

Dadas las características del Laboratorio de Alta Tensión (capaz de operar entre 0 y 100 kV), se decidió iniciar los ensayos aplicando el Método 2 planteado en la norma IEC 60895:2020.

Conformación del dispositivo

1. Recepción de maniquí.

El maniquí fue donado por personal de la institución. En primer lugar, se realizó una limpieza general para eliminar posibles contaminantes superficiales que pudieran afectar su posterior acondicionamiento.



2. Recepción de materiales y análisis de calidad.

Se seleccionaron materiales de buena conductividad y se verificaron sus propiedades mediante mediciones preliminares, garantizando su idoneidad para los ensayos.



3. *Aplicación de recubrimiento conductor al maniquí.*

La superficie del maniquí fue recubierta tramo a tramo con material conductor, con el fin de dotarlo de continuidad eléctrica en toda la superficie.





4. Verificación de continuidad eléctrica.

Culminado el recubrimiento, se realizaron mediciones de continuidad en distintos puntos. Aunque los resultados fueron globalmente satisfactorios, se detectaron zonas con valores inadecuados que requirieron mejoras posteriores.



5. Armado de base del dispositivo.

Se perforó y acondicionó una placa que actúa como base del maniquí, brindando estabilidad y soporte durante todo el proceso de ensayo.



6. Colocación de conectores para medición.

- En el pie derecho se instaló un conector para cable mallado de señal.
- En la muñeca izquierda se colocó un conector adicional para medición de continuidad.

Ambos fueron unidos al maniquí mediante chapas bimetálicas de alucobre y soldados con estaño, asegurando baja resistencia de contacto y confiabilidad en las mediciones.





7. Mejora de superficie conductora.

Para optimizar la distribución de la conductividad, se aplicó cinta de aluminio en las zonas donde las mediciones iniciales no alcanzaban valores óptimos.



8. Primera aplicación material aislante.

La superficie conductora del maniquí fue recubierta con film plástico, tramo a tramo. Posteriormente, gracias a la colaboración entre distintos departamentos de la Regional, se utilizó una pistola de calor. Esta permitió tensar el material y eliminar burbujas de aire en los intersticios, logrando una cobertura uniforme y continua.



9. Armado de soporte para conductor de potencial.

Se seleccionaron pértigas de resina epoxi reforzada con fibra de vidrio y relleno de poliuretano expandido de celda cerrada como elemento aislante. Estas, de diámetro 32 mm, fueron mecanizadas con cortes y perforaciones específicas para cumplir las dimensiones requeridas por el dispositivo.



10. Primer montaje del dispositivo

Se integraron los distintos componentes, incluyendo un conductor de aluminio hueco de 51mm de diámetro, provisto por la compañía distribuidora eléctrica local. Utilizado como parte del sistema de prueba.



11. Primeras mediciones

Se realizaron las primeras pruebas con el montaje completo.



Los resultados obtenidos no cumplieron con los valores esperados, por lo que se procedió a optimizar el dispositivo.

12. Mejora de Superficie Aislante

Para reforzar la aislación, se aplicó una capa de cinta de fibra de vidrio, cubierta luego con cinta aislante. Esta mejora incrementó las propiedades dieléctricas del conjunto.





13. *Segundas mediciones*

Con las mejoras aplicadas, se repitieron las pruebas. Sin embargo, los resultados fueron similares a los obtenidos inicialmente, lo que indicó la necesidad de nuevas estrategias de optimización.



14. *Experimentación*

Se incorporaron conductores suplementarios con el objetivo de homogeneizar el campo eléctrico alrededor del maniquí. Aunque esta práctica no está contemplada en la norma IEC 60895:2020, se llevó a cabo como investigación complementaria para recabar datos adicionales.

Segunda Etapa

Luego de los resultados obtenidos en la primera etapa, donde las mediciones arrojaron valores poco satisfactorios y con dispersión significativa, se tomó la decisión de rediseñar parcialmente el dispositivo de ensayo. Esta segunda etapa tuvo como objetivo principal optimizar la disposición del maniquí, la estructura de soporte y el sistema de medición, de modo de mejorar la reproducibilidad de los ensayos de eficiencia de apantallamiento conforme a lo establecido en la norma IEC 60895:2020.

Se trabajó sobre tres ejes fundamentales:

- Reconfiguración de la estructura de soporte del maniquí, para adecuar la distancia al plano de tierra según la fórmula normada.
- Incorporación de un bastidor específico para instrumentos, asegurando estabilidad y seguridad en las mediciones.
- Mejoras en el cableado y conexiones de medición, buscando reducir pérdidas e interferencias.

Conformación del dispositivo

1. Estructura inicial de soporte para el maniquí

Se montó una estructura aislante que permitió posicionar al maniquí a una altura de 80 cm respecto del suelo, lo que correspondía a una tensión de prueba de 30 kV, calculada según la fórmula establecida en la norma.



2. Estructura de soporte para instrumentos

Se construyó un bastidor independiente para el montaje de los instrumentos de medición, con el fin de



aislarlos de la zona de alta tensión y garantizar la seguridad operativa durante los ensayos.

3. Primeras mediciones

Utilizando el nuevo montaje, se realizaron las primeras pruebas aplicando la tensión correspondiente. Se registró el comportamiento del campo eléctrico y las corrientes de medición, aunque los resultados iniciales mostraron la necesidad de ajustes adicionales.



4. Segunda modificación de la estructura

Se realizaron modificaciones en el soporte con el objetivo de cumplir con los requisitos normativos, posibilitando la aplicación de una tensión de 100 kV con una distancia de 1,5 m al plano de tierra, según lo establecido en la IEC 60895:2020.

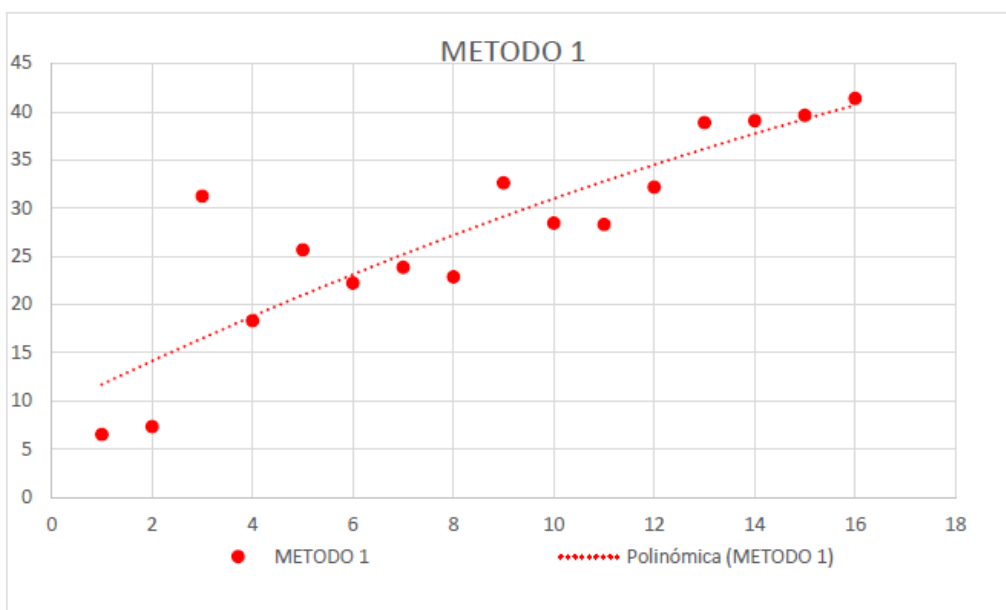


5. Mediciones y mejoras en cables conductores

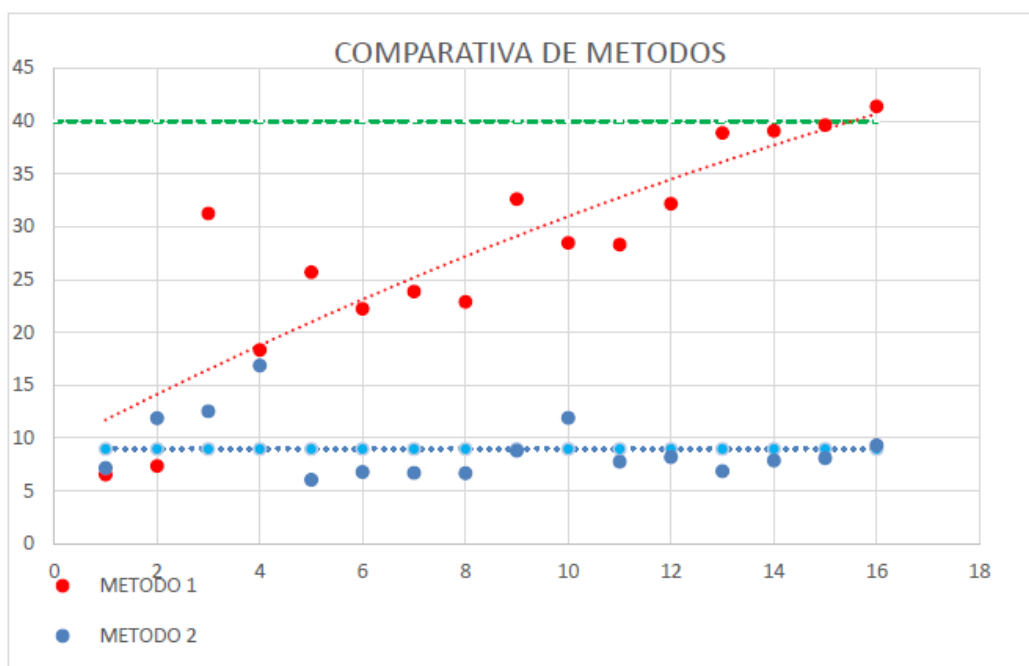
Durante las siguientes pruebas, se identificó la influencia de los cables de medición sobre los resultados. Se procedió a reemplazar y reorganizar el tendido de los conductores, utilizando cables mallados y conexiones optimizadas para reducir la captación de interferencias.



Resultados



Comparativa de Metodos



Equipamiento utilizado

El instrumental empleado en ambas etapas de la investigación se seleccionó de manera de garantizar la precisión, trazabilidad y reproducibilidad de los ensayos realizados. A continuación, se detalla el equipamiento utilizado, junto con sus principales características técnicas:

- Fuente de tensión alterna aplicada: Estabilizador STEROSTAB modelo IREM 10050.
- Transformador elevador de tensión: Marca Cegelec, 2500 VA, Clase 0,5.
- Transformador reductor de tensión: Marca Cegelec, 2500 VA, Clase 0,5.
- Analizador de red: Marca CIRCUTOR, modelo CVM-VDM, clase de precisión 0,5 %, lectura de tensión ± 2 dígitos.

- Multímetro digital de alta precisión: Marca Fluke, modelo 8845A (6½ dígitos), precisión básica en DC $\pm 0,0024\% + 0,0005\%$ de lectura.
- Pinza para medición de corriente de fuga: Marca Fluke, modelo 360, clase de precisión $\pm 1\%$ de la lectura + 5 dígitos.

Aplicación de Investigación

Se realizarán los ensayos a 2 trajes conductores de marcas reconocidas y de amplia presencia en el mercado, pero de distinto origen y materiales constructivos, también pudiendo diferenciar a uno como pantalón y chaqueta y otro enterizo. Estos modelos de trajes son ensayados en forma periódica en nuestro laboratorio.

Se comienza con el ensayo de resistencia según 5.4.2.1 Procedimiento del ensayo (Figura A y B), utilizando equipamiento de clase de laboratorio. Obteniendo los siguientes resultados:

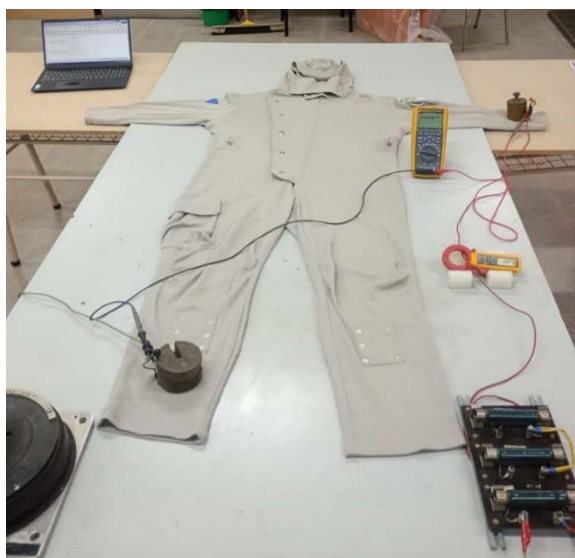


Figura A- Traje 1

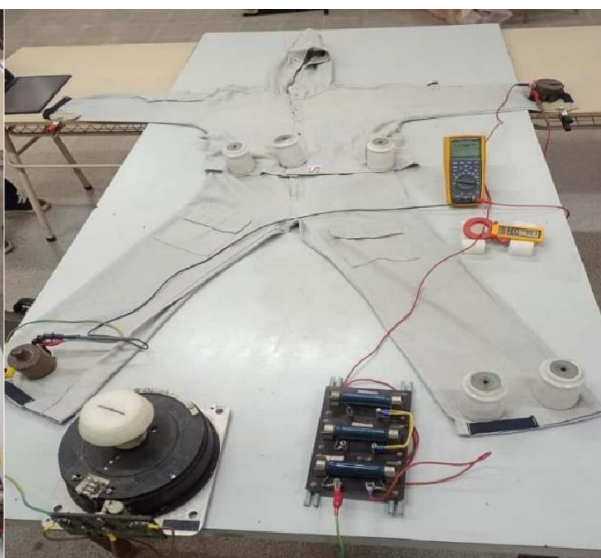


Figura B- Traje 2

TRAJE 1					
MARCA	DESDE	HASTA	CORRIENTE [A]	TENSION MEDIDA [V]	RESULTADO [Ω]
	MANGA IZQUIERDA	MANGA DERECHA	0,2	0,21	1,05
	BOTAMANGA IZQUIERDA	BOTAMANGA DERECHA	0,2	0,33	1,65
	BOTAMANGA IZQUIERDA	MANGA DERECHA	0,2	0,38	1,9
	BOTAMANGA DERECHA	MANGA IZQUIERDA	0,2	0,34	1,7
VALOR MEDIO:					1,575
TRAJE 2					
MARCA	DESDE	HASTA	CORRIENTE [A]	TENSION MEDIDA [V]	RESULTADO [Ω]
	MANGA IZQUIERDA	MANGA DERECHA	0,2	47,09	235,45
	BOTAMANGA IZQUIERDA	BOTAMANGA DERECHA	0,2	52,30	261,5
	BOTAMANGA IZQUIERDA	MANGA DERECHA	0,2	59,37	296,85
	BOTAMANGA DERECHA	MANGA IZQUIERDA	0,2	56,30	281,5
VALOR MEDIO:					269

Esto indica que el traje N°1 supera ampliamente la condición definida por esta norma en el punto analizado, ya que su valor máximo de resistencia se aprecia entre botamanga y manga con un valor de **1,90 Ω**

El Traje N°2 no supera la condición definida por esta norma en el punto analizado, ya que su valor máximo de resistencia se aprecia entre botamanga y manga con un valor de **296,85 Ω**

Para la realización de la prueba de Eficiencia en el Apantallamiento 5.5.4 la norma plantea dos métodos diferentes. En caso de controversia, indica que el primero es el método de referencia.



Figura A- Traje 1

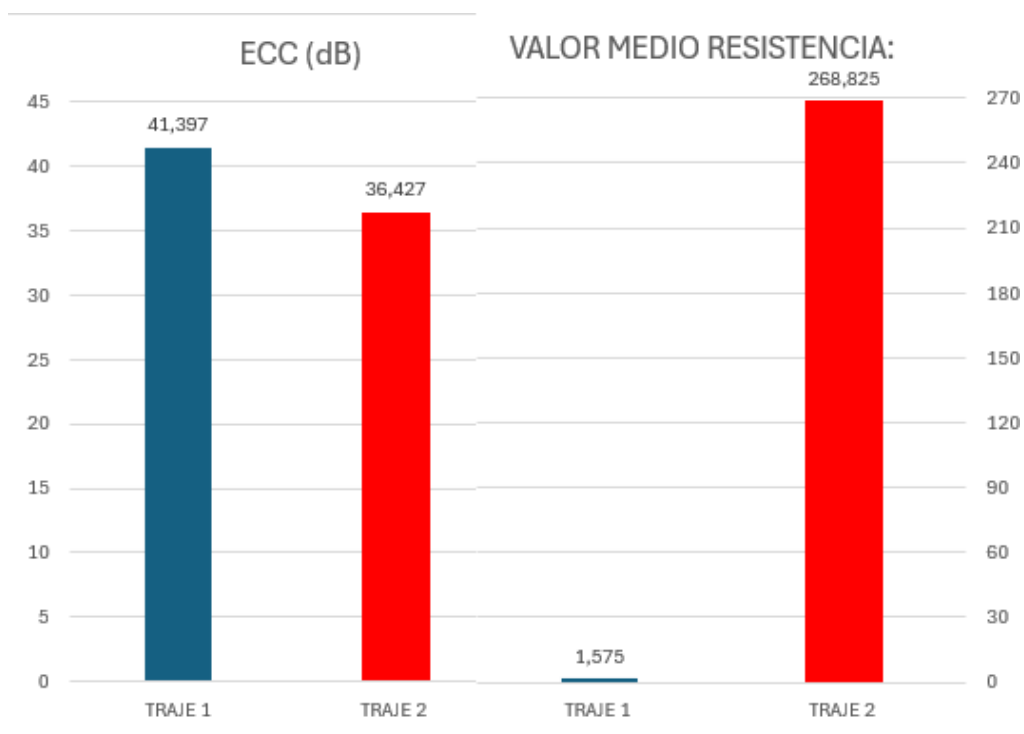


Figura B- Traje 2

Finalmente, los resultados obtenidos:

TRAJE 1						
Marca	N° de serie	Clase	Corriente del cuerpo [mA]	Corriente de la ropa [mA]	ECC (dB)	Resultado
		1	2,114	0,018	41,40	OK
TRAJE 2						
Marca	N° de serie	Clase	Corriente del cuerpo [mA]	Corriente de la ropa [mA]	ECC (dB)	Resultado
		1	1,922	0,029	36,43	NEGATIVO

En forma resumida se observa:



Observación:

Con el método 2, definido por la normativa como alternativo, los valores obtenidos difieren apreciablemente de los registrados con el Método 1, aún cuando representa de manera correcta lo estipulado por la IEC 60895:2020

Durante los ensayos se trabajó en el blindaje de los conductores, en la verificación de las distancias a elementos en potencial flotante, en el ajuste del largo de la barra a la cual se aplica tensión y en el refuerzo de la aislación del maniquí mediante la aplicación de cintas aislantes con fibra de vidrio.

No obstante, los valores registrados continúan sin ser representativos frente a los obtenidos mediante el Método 1. En función de esta experiencia, se sugiere no adoptar el Método 2 como referencia principal, aunque se reconoce que dicho procedimiento está contemplado en la norma IEC 60895:2020 como método alternativo.

Conclusiones

En este trabajo se evaluaron dos trajes conductores clase 1 de distintas características constructivas, mediante ensayos de resistencia eléctrica y de eficiencia de apantallamiento, de acuerdo con la norma IEC 60895:2020.

Los resultados muestran que:

1. El Traje 1 cumplió satisfactoriamente con los límites de resistencia y de eficiencia de apantallamiento establecidos en la normativa vigente.
2. El Traje 2 no cumplió con los valores máximos de resistencia eléctrica exigidos por la norma, presentando valores muy elevados. Sin embargo, su eficiencia de apantallamiento resultó próxima al valor mínimo de 40 dB exigido como condición de aprobación.
3. Esto evidencia que un traje con resistencia superior al límite normativo aún puede mantener una atenuación cercana al mínimo exigido por la norma.
4. Los dispositivos desarrollados y adaptados durante la investigación constituyen una base sólida para continuar con esta línea de trabajo, permitiendo la realización de futuros ensayos con mayor confiabilidad.

En consecuencia, se abre la posibilidad de revisar los criterios de descarte de estas vestimentas, contemplando no solo el valor de resistencia eléctrica, sino también la eficiencia de apantallamiento, sin comprometer la seguridad de los operarios que realizan Trabajos con Tensión (TcT).

Referencias

1. IEC 60895:2020 – *Live working – Conductive clothing*, Ed. 3.0, Abr. 2020.
2. Neira, Pérez, Franchini – *Investigación sobre vestimentas conductoras para TcT*, CITTES 2013.
3. IEEE – *Guide for In-Service Use, Care, Maintenance, and Testing of Conductive Clothing for Voltages up to 765 kV AC*.
4. Neira, Berichon, Franchini – *Conductive Clothing for Live Line Working*, Proc. ICOLIM 2014.

