INGENIA
UNSa · Facultad de Ingeniería
REVISTAINGENIA.AR

Nº4
DICIEMBRE 2025



# La Ingeniería Civil en la era digital. Retos y oportunidades. / PÁGINA 9

Se presenta una panorámica de los retos y oportunidades que la nueva era digital ofrece a la Ingeniería Civil, tanto para la práctica de la profesión como para los programas de formación e investigación en universidades y organismos científicos.

## Dra. Verónica Rajal: una trayectoria marcada por el agua, la ciencia y la perseverancia / PÁGINA 6

Entre el 15 y el 20 de junio de 2025 se desarrolló en Amersfoort, Países Bajos, la 22° Conferencia de Microbiología del Agua Relacionada con la Salud, encuentro científico de máxima relevancia internacional en esta temática.

## LA.TE. ANDES S.A. Una empresa de tecnología con sello argentino / PÁGINA 32

"El conocimiento, la innovación y el desarrollo reducen el riesgo geológico y mantienen viva la matriz productiva". Con esta premisa, Roberto Hernández resume la filosofía de trabajo.

## Donde el agua conecta todo: / PÁGINA 38
## De la vida microscópica a la sostenibilidad global

La ciencia está presente en todo lo que nos rodea, aunque a veces pase desapercibida.
Es la herramienta que nos permite comprender desde la vida que habita una gota de agua hasta los sistemas que sostienen nuestras sociedades.

Universidad Nacional de Salta
FACULTAD DE INGENIERIA
Investigación y Desarrollo para un futuro sostenible



# INGENIA

UNSa · Facultad de Ingeniería

4° EDICIÓN · DICIEMBRE 2025

INGENIA
UNSa · Facultad de Ingeniería

**4° EDICIÓN · DICIEMBRE 2025**

COMISIÓN EDITORIAL

Dra. Norma Beatríz Moraga

Dr. Jorge Emilio Almazán

Dr. Pablo Fernando Corregidor

Dr. Juan Pablo Gutiérrez

Dr. Ricardo Daniel Quinteros

ÍNDICE

- PÁGINA 2
  Fátima Carral · Primera Egresada de la Tecnicatura Industrial Electromecánica.
- PÁGINA 6
  Dra. Verónica Rajal · Premio Huw Taylor Prize 2025 (Science Party en Amersfoort, Países Bajos).
- PÁGINA 9
  Dr. Eugenio Oñate: La Ingeniería Civil en la era digital. Retos y oportunidades.
- PÁGINA 21
  Divulgación Científica: Aportes de la ingeniería a la labor forense.
- PÁGINA 26
  Inteligencia Artificial (IA): Reflexiones no académicas desde una institución académica.
- PÁGINA 32
  Entrevistas: Dr. Roberto Hernández LA.TE. ANDES S.A. - Una empresa de tecnología con sello argentino.
- PÁGINA 38
  Donde el agua conecta todo: de la vida microscópica a la sostenibilidad global.
- PÁGINA 47
  41° Edición de las Jornadas Simultáneas de Ingeniería Industrial y Carreras Afines (JoSEII).
- PÁGINA 49
  Ingenieros Campeones!
  La Facultad de Ingeniería se consolida como líder deportiva.

REVISTA INGENIA
ISSN 3008-8968

DISEÑO & DIAGRAMACIÓN
**KANDISTUDIO · Lic. Gastón Pardo**

# Prólogo

La Universidad Nacional de Salta tiene entre sus objetivos esenciales generar, ampliar y preservar el conocimiento y la cultura de la comunidad a la que pertenece. La cultura —entendida como el conjunto de valores, creencias, normas, saberes, costumbres, lenguajes, símbolos y prácticas compartidas que permiten la cohesión social y la construcción de una identidad colectiva— es un componente fundamental de nuestra identidad social.

En este marco, el rol de la Universidad adquiere una relevancia central: fomentar la investigación científica y tecnológica en torno a problemáticas regionales, y asegurar que los conocimientos producidos lleguen y se integren a la sociedad.

Un primer vistazo al logo de la UNSa permite reconocer su lema, inscrito en lo que parece una "huella dactilar": "*Mi sabiduría viene de esta tierra*". Sin embargo, al observar detenidamente la obra de Osvaldo Juane, se revelan múltiples elementos que componen esa huella simbólica. Como si se tratara de la lectura de un ideograma, cada trazo representa una pieza esencial de nuestro territorio y de nuestra identidad: el paisaje centro-sudamericano, el sol incaico, la cadena montañosa, edificios históricos como el Cabildo y el Convento del Carmen, palmeras de la Plaza 9 de Julio, y motivos alusivos a pueblos originarios de la región. Esta obra sintetiza de manera magistral, en una metafórica "huella dactilar", elementos constitutivos de nuestro entorno que hacen a nuestro saber y sentido de pertenencia.

Desde esta perspectiva cada artículo de la revista, puede ser entendido como una expresión de investigaciones vinculadas a problemáticas regionales que, al integrarse, construyen el acervo de conocimientos que nos define. Trabajos como los de la Dra. Gutiérrez Cacciabue y el Ing. Villagrán ilustran este propósito, así como los reconocimientos obtenidos por la Dra. Rajal y el Dr. Hernández, que demuestran que nuestra impronta también puede proyectarse y ser valorada más allá de nuestras fronteras.

En esta cuarta edición nos honra especialmente la contribución del Profesor Dr. Oñate, Catedrático Emérito de la Universidad Politécnica de Cataluña, cuya trayectoria de colaboración con nuestra Facultad a través de la red de Aulas CIMNE y proyectos internacionales es de altísimo valor. Su artículo "La Ingeniería Civil en la Era Digital: Retos y Oportunidades" subraya la imperiosa necesidad de incluir en los programas académicos temas de tecnologías digitales y su impacto, para la práctica y la formación profesional. Este desafío global de integrar herramientas digitales, IA y análisis de grandes cantidades de datos, resuena profundamente con el compromiso de nuestra Facultad en mantener una educación pertinente y de vanguardia.

Destaca en este volumen el rol transformador que la Universidad ejerce en la sociedad: investigar, profundizar y promover saberes alineados con las necesidades de y para su entorno, generando respuestas con respaldo científico, extrapolables y valoradas en otras regiones.

Aspiramos a que estas páginas inspiren, motiven y alienten a reconocer, cuidar y valorar el papel trascendental de la Universidad dejando huella en la región y en el mundo.

**Dra. Norma B. Moraga**
Prof. Asociada Responsable Química General FI - UNSa
Investigadora de CONICET

# Autoridades



**Dra. Liz Graciela NALLIM**
DECANA



**Dra. Delicia Ester ACOSTA**
VICE DECANA



**Dr. Jorge Emilio ALMAZÁN**
SECRETARIO ACADÉMICO



**Ing. Adolfo Néstor RIVEROS ZAPATA**
SECRETARIO DE VINCULACIÓN Y TRANSFERENCIA



**Dra. Norma Beatriz MORAGA**
SECRETARIA DE PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN INSTITUCIONAL

## Comisión Editorial



**Dr. Jorge Emilio Almazán**



**Dr. Farm. Pablo Corregidor**



**Dr. Ing. Juan Pablo Gutiérrez**



**Dra. Lic. Norma Beatríz Moraga**



**Dr. Ing. Ricardo Quinteros**

INSTITUCIONAL

# Fátima Carral:
## Primera egresada de la Tecnicatura Industrial Electromecánica (TUIE) que inspira desde la puna

Por Dr. Juan Pablo Gutiérrez

**Desde San Antonio de los Cobres, capital del departamento Los Andes, Fátima Carral se convirtió en la primera graduada de la Tecnicatura Universitaria Industrial Electromecánica (TUIE) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta. Su historia refleja el valor del esfuerzo y la importancia de la educación pública como generadora de oportunidades, acercando la universidad al interior de nuestra provincia.**



Con raíces en la puna salteña y una vocación que creció a partir de un legado familiar, Fátima marcó un hito al recibir un diploma como la primera egresada de la TUIE el pasado lunes 27 de octubre. Su paso por la Facultad de Ingeniería es un ejemplo de constancia, convicción y superación, una voz que alienta a más jóvenes a animarse a estudiar carreras técnicas.

## Mi sabiduría viene de esta tierra

Oriunda de esta ciudad, Fátima Carral obtuvo su título dependiente de la Facultad de Ingeniería de la UNSa, carrera que comenzó a dictarse en la localidad en 2021. Con un plan de estudios que contempla el cursado en 3 años, la flamante técnica obtuvo su título en 3 años y 10 meses para ser exactos.
Su logro no solo representa un paso importante en su desarrollo personal y profesional, sino también un avance significativo en la descentralización de la educación superior en la provincia.

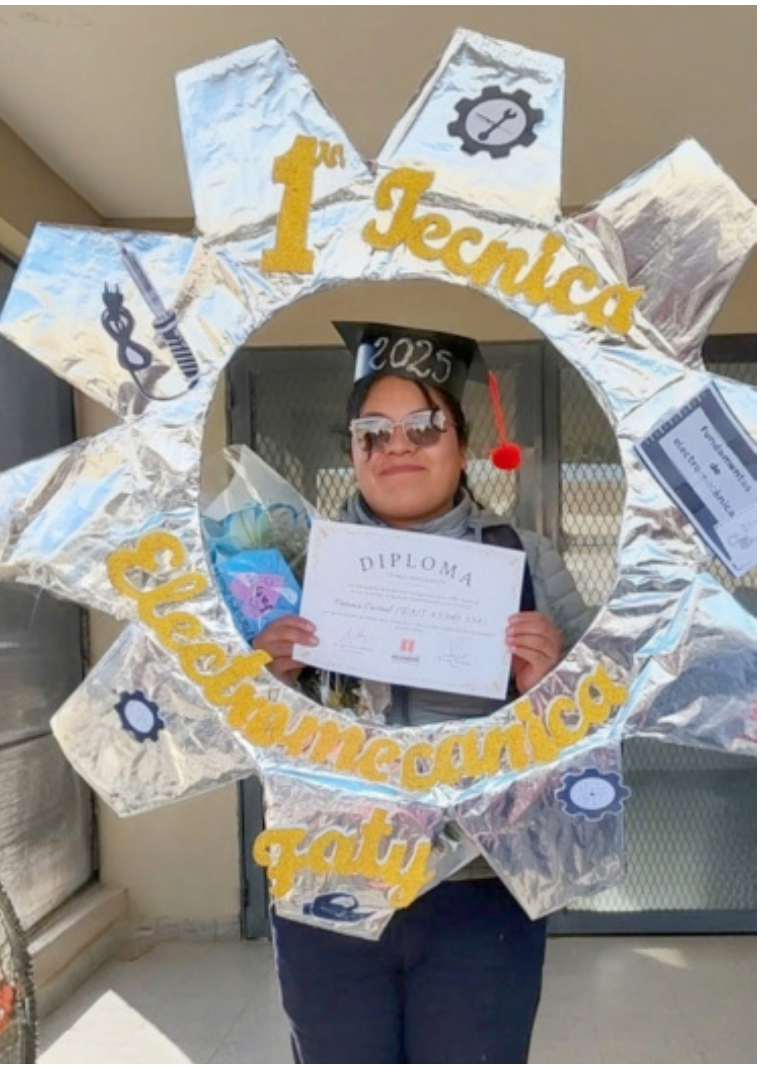
*"Soy Fátima Carral, de San Antonio de los Cobres"*, comienza diciendo con orgullo. Egresada del colegio Sagrado Corazón de Jesús en 2019, cuenta que encontró en la Tecnicatura Universitaria Industrial Electromecánica una oportunidad para crecer y formarse sin alejarse de su tierra.

La sugerencia de un profesor de secundaria fue el puntapié inicial: "*Él conocía sobre el inicio de la TUIE y me dijo: vos tenés que inscribirte en esa carrera, es para vos*". Así fue como Fátima se interiorizó en la carrera y se animó a dar el primer paso que la llevó a convertirse en menos de 4 años en la primera egresada de la TUIE. Ingresó a la primera cohorte de estudiantes en 2021, plena pandemia, contexto que la llevó a aprovechar el tiempo haciendo cursos virtuales sobre herramientas informáticas, a pesar de las dificultades de conectividad habituales en su pueblo.
*"Me llamó la atención la nueva carrera universitaria que se estaba promocionando para la sede de San Antonio y quise intentar, más que nada por curiosidad. Me fijé en el plan de estudios, las materias y me animé a cursarla. Al principio, las clases del curso de ingreso y del primer año fueron virtuales porque estábamos en pandemia. Recién en segundo y tercer año empezaron a haber más clases presenciales"*, comentó.



▲ Fátima y la Ing. Jorgelina Rojas el día de la entrega su diploma como la primera graduada de la TUIE.

**Me llamó la atención la nueva carrera universitaria que se estaba promocionando para la sede de San Antonio y quise intentar, más que nada por curiosidad.**




Fátima el día de la entrega su diploma como la primera graduada de la TUIE.

**Gracias a la Facultad de Ingeniería, los jóvenes de la Puna tenemos una oportunidad real de estudiar, crecer y transformar nuestro entorno.**

## Desafíos y aprendizajes

Los primeros años no fueron fáciles. La modalidad virtual y la dificultad en la comunicación con sus docentes fueron algunos de los obstáculos que forjaron su paciencia y constancia: *"Los chicos de acá no somos de hablar mucho, por eso al principio se dificultó el intercambio"*, recuerda.

A pesar de ello, su dedicación dio frutos: *"La primera materia que aprobé fue Física. Al inicio me costó mucho Matemática, pienso que quizás no tenía una buena base académica. Después, en segundo y tercer año le empecé a tomar el gusto y las materias me resultaron más agradables. Las clases presenciales, que comenzaron a fines de 2022, fueron muy necesarias para enriquecer mi formación técnica"*.

Durante la carrera no tuvo que trabajar, lo que le permitió concentrarse plenamente en sus estudios: *"La TUIE me dejó muchas enseñanzas y la intriga de seguir investigando, de seguir perfeccionándome. Me di cuenta de que en la industria siempre hay algo nuevo que aprender"*, comenta.

## La experiencia en la práctica profesional

Fátima realizó su práctica profesional en la empresa TRANSNOA S.A., donde pudo aplicar lo aprendido y descubrir su afinidad por el área de energía eléctrica. Destacó la importancia de las prácticas y puso en valor los conocimientos adquiridos en lo referido al transporte de energía eléctrica: *"Me fue muy bien, fue una experiencia fundamental para aplicar lo aprendido en la carrera"*, contó. *"Fue como una escuelita, aprendí muchísimo. Me di cuenta de que me faltaba profundizar en algunos temas como máquinas eléctricas, materia que además cursaba en paralelo. Pero esa experiencia me ayudó a saber en qué enfocarme y a desenvolverme con mis futuros colegas"*.

## Mirando hacia el futuro

Actualmente, Fátima busca trabajo en el sector minero y/o energético: *"Estoy enviando currículums sobre todo en la zona de la Puna, donde se encuentran localizadas varias mineras. Durante mi práctica conocí el trabajo en la rama de la energía eléctrica, y ahora siento que es de mi interés"*, comenta.

Con la mirada puesta en el futuro, también plantea sugerencias que reflejan una visión comprometida con la mejora de la carrera: *"Sería muy importante*

*tener un edificio propio en San Antonio de los Cobres, mejor conectividad y más equipamiento. También que las prácticas sean presenciales, con clases teóricas virtuales grabadas para quienes trabajan".* Propone además que la carrera incorpore más talleres de habilidades blandas: *"…para fortalecer la comunicación, el trabajo en equipo y armado de CV. Esa formación también es importante en el ámbito laboral".*

## Rompiendo estereotipos y abriendo caminos

Fátima sabe que su historia inspira, especialmente a otras estudiantes: *"Acá muchas jóvenes no se animan a estudiar electromecánica porque piensan que es una carrera para varones. Yo tampoco sabía bien de qué se trataba, pero aprendí mucho más que sobre los procesos industriales en sí: aprendí a hacer instalaciones eléctricas, a arreglar cosas en casa y hasta a entender el funcionamiento de mi vehículo".* Su mensaje para quienes dudan es claro:
*"No tengan miedo de empezar algo nuevo. La UNSa está aquí, en la Puna. Es una gran oportunidad para todos los jóvenes no solo de San Antonio sino también de Olacapato, Santa Rosa, o de Tolar Grande entre otros lugares. Esta carrera nos permite estudiar y trabajar en nuestra zona, debemos aprovecharla, es una muy buena carrera que abre muchas puertas, ya que tiene varias salidas laborales, nos desarrollamos mucho en la parte de mantenimiento, logística, operaciones y comunicaciones, entre otras áreas".*
*"Mi consejo para los jóvenes es que se animen, que nunca decaigan por más que desaprueben un parcial o una evaluación, incluso si tienen que recursar alguna materia. Lo importante es seguir, ser constante y levantarse de cada caída porque la carrera abre caminos importantes"* concluyó la profesional.

## El orgullo de una familia y una comunidad

*"Sí, soy la primera egresada universitaria de mi familia"*, dice con una sonrisa. Su logro fue motivo de alegría en su hogar y en todo San Antonio: *"Mi abuelo era el mecánico del pueblo, y muchos de mis tíos siguieron sus pasos. Todos estaban felices cuando recibí el diploma".*
El día de la entrega del título fue inolvidable. La acompañó su familia, sus docentes y compañeros, quienes compartieron la emoción de ver a la primera egresada de la TUIE recibir su merecido reconocimiento.

## Alegría compartida, orgullo colectivo

Este título emociona porque es el resultado de algo que empezó como una idea, que fue consolidándose muy lentamente mientras superaba adversidades como la pandemia, la falta de infraestructura propia y la dificultad de acceso, por mencionar las más representativas. La convicción, el compromiso y el esfuerzo de todos los actores involucrados directa e indirectamente hicieron posible concretar en Fátima el primero de los muchos títulos que vendrán. Por eso este logro de Fátima y su familia, también es motivo de orgullo en San Antonio de los Cobres (SAC) y en la Facultad de Ingeniería de Universidad Nacional de Salta.

La Ing. Jorgelina Rojas, coordinadora de la TUIE en SAC y profesora de Mantenimiento Industrial, con la complicidad de todos, organizó una sorpresa para Fátima: luego de entregarle la nota en lo que parecía una situación de examen más de la carrera, aparecieron sus padres, compañeros y allegados a festejar el logro académico. Por supuesto que hubo huevazos, enharinadas, corte de pelo y ropas. Una alegría que, por compartida, se disfrutó más.

## La universidad pública y gratuita como motor de transformación

La historia de Fátima es también la historia de la educación pública y gratuita argentina llegando a cada rincón del país. Su experiencia muestra el rol de la universidad como generadora de oportunidades en los lugares más altos y remotos, que impactan en el desarrollo regional.

*"Gracias a la Facultad de Ingeniería, los jóvenes de la Puna tenemos una oportunidad real de estudiar, crecer y transformar nuestro entorno",* concluye.

INSTITUCIONAL

# Una trayectoria marcada por el agua, la ciencia y la perseverancia

Por Dr. Pablo F. Corregidor

**Entre el 15 y el 20 de junio de 2025 se desarrolló en Amersfoort, Países Bajos, la 22ª Conferencia de Microbiología del Agua Relacionada con la Salud, encuentro científico de máxima relevancia internacional en esta temática. El evento, organizado por el grupo especializado *Health-Related Water Microbiology (HRWM) de la International Water Association (IWA)*, reunió a más de 400 participantes de diversos países, entre investigadores, estudiantes de doctorado, representantes de organismos internacionales y profesionales de la industria del agua.**



**Verónica B. Rajal.** En su discurso de agradecimiento en la entrega del Premio Huw Taylor

En ese marco, el 17 de junio, durante la tradicional Science Party, se otorgó el Huw Taylor Prize 2025, distinción que reconoce aportes científicos sobresalientes en la búsqueda de soluciones de agua y saneamiento en contextos de emergencia y en países en desarrollo. Este galardón, único en su tipo dentro del HRWM, fue instituido en 2019 en honor al científico británico Huw Taylor y, desde entonces, se ha entregado en cada edición bienal. En esta oportunidad, la premiada fue la Dra. Verónica Beatriz Rajal, investigadora del CONICET y docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta (UNSa).

## Un reconocimiento a la ciencia desarrollada en la UNSa

Al recibir el premio, la Dra. Rajal destacó que se trata de un reconocimiento colectivo:
*"El premio fue una sorpresa y un honor enorme, como una caricia al alma después de tantos años de esfuerzo. Desde que inicié en 2002 mi posdoctorado en la Universidad de California en Davis, me dediqué a este campo. Volver a Salta a fines de 2004 y decidir continuar en esa línea fue un desafío inmenso: no había antecedentes en el INIQUI, los recursos eran limitados y hubo que construirlo todo desde cero. Con el tiempo logramos formar un equipo sólido y*

*comprometido, obtener financiamiento y ampliar nuestras investigaciones. Por eso siento que este reconocimiento no es solo para mí, sino también para todas las personas que han pasado por el Laboratorio de Aguas y Suelos a lo largo de estos años".*

Este premio internacional reafirma la relevancia del trabajo científico que se lleva adelante en la Universidad Nacional de Salta y en el Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI, CONICET-UNSa), proyectando a la institución y a la región en el plano global.

## Trayectoria académica y científica

La formación de la Dra. Rajal tuvo sus orígenes en la UNSa, donde se graduó como Ingeniera Química y obtuvo una beca de iniciación a la investigación que marcó el rumbo de su carrera. En 2002 se doctoró en Ingeniería —siendo la primera egresada del Doctorado en Ingeniería de la UNSa— a la vez que ejercía el rol de madre de dos hijos pequeños.

Posteriormente, gracias a una beca del Fogarty International Center (Institutos Nacionales de Salud, Estados Unidos), realizó un posdoctorado en la Universidad de California en Davis, donde trabajó en el desarrollo de metodologías moleculares para la detección de bacterias y virus en el agua.

Antes de regresar a Salta en 2024, gestionó la donación de un equipo de PCR en tiempo real (qPCR), que se convirtió en la base de una nueva línea de investigación en el Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI). A partir de allí, y con un sostenido esfuerzo por conseguir un espacio físico, financiamiento y recursos humanos, consolidó un grupo de investigación que hoy cuenta con el reconocimiento internacional.

Desde 2007 y hasta 2020, dictó un curso de posgrado en qPCR con periodicidad bienal, lo que ha permitido la capacitación de profesionales de diferentes provincias argentinas y el fortalecimiento de redes de colaboración científica.

Premio Huw Taylor otorgado a la Dra. Verónica Beatriz Rajal ▶



## Ciencia al servicio de la salud pública

La labor de la Dra. Rajal trasciende el ámbito académico y tiene un fuerte impacto en la sociedad. Su equipo colaboró con el Ministerio de Salud Pública de Salta en la detección de casos durante la pandemia de Influenza A (H1N1) (2009–2011).

Durante el 2020, colaboró con el Hospital Público Materno Infantil en la detección del SARS-CoV-2 en muestras agrupadas de personal esencial asintomático. Además, lideró uno de los 64 proyectos seleccionados a nivel nacional por la Agencia Nacional de Promoción de la Ciencia y la Tecnología para enfrentar la pandemia de Covid-19. Su investigación abordó la detección del SARS-CoV-2 en aguas residuales y superficiales de la provincia de Salta, con el fin de cuantificar la carga viral, evaluar el riesgo para quienes se exponen a esas aguas y proponer medidas de protección de la salud y mitigación de la contaminación. Con amplia experiencia en el estudio de patógenos bacterianos, virales y parasitarios en ambientes acuáticos, la Dra. Rajal y su grupo de investigación consolidan un aporte científico de gran relevancia sanitaria y ambiental.

## Compromiso con la formación y la investigación regional

Actualmente, desde el Laboratorio de Aguas y Suelos, la Dra. Rajal dirige proyectos de investigación, forma a jóvenes científicos y acompaña en su carrera a numerosos becarios, doctorandos, postdoctorandos y otros profesionales, muchos de los cuales encontraron allí su vocación científica.

Su trayectoria constituye un ejemplo de perseverancia, compromiso y excelencia, demostrando que la investigación desarrollada en instituciones del interior del país puede alcanzar impacto internacional y, al mismo tiempo, generar soluciones concretas a problemáticas locales y regionales.

En el premio recibido puede leerse la siguiente frase: *“for an exceptional scientific contribution to provide water or sanitation solutions in emergency and development settings”, que en castellano significa: “por una contribución científica excepcional para proveer soluciones de agua o saneamiento en contextos de emergencia y desarrollo”*.

La Dra. Verónica Beatriz Rajal se desempeña en la actualidad como Investigadora Principal del CONICET en el INIQUI y es Profesora Titular en la cátedra de Fundamentos de Biotecnología de la carrera Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la UNSa. Su reconocimiento con el Huw Taylor Prize 2025 no solo constituye un logro personal, sino también un motivo de orgullo para la Universidad Nacional de Salta, para el INIQUI y para toda la comunidad académica de la región.



En la imagen que registra el acto de premiación, la Dra. Rajal aparece acompañada por los distinguidos miembros del comité de selección Gertjan Medema (Países Bajos) y James Ebdon (Reino Unido), realzando la relevancia académica e internacional del reconocimiento otorgado. Crédito por la fotografía: Oker Moments

DIFUSIÓN ACADÉMICA

# La Ingeniería Civil en la era digital. Retos y oportunidades.



**Dr. Eugenio Oñate**
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

**Catedrático Emérito de la Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.**
**Senior Distinguished Researcher de CIMNE.** (www.cimne.com)

**Se presenta una panorámica de los retos y oportunidades que la nueva era digital ofrece a la Ingeniería Civil, tanto para la práctica de la profesión como para los programas de formación e investigación en universidades y organismos científicos.**

## 1. Introducción

La Ingeniería Civil, una de las disciplinas más antiguas y fundamentales de la humanidad, ha evolucionado desde sus inicios haciendo uso de las capacidades que la tecnología le ha ofrecido en cada momento de la historia. Sin remontarnos mucho más de unas décadas, a partir de los años 1950 los ordenadores digitales revolucionaron la forma en que las estructuras y las obras de ingeniería civil, en general, se proyectaban y construían para garantizar su seguridad y su economía en un sector generalmente financiado con fondos públicos.

En los últimos años la Ingeniería Civil se encuentra inmersa en una profunda transformación impulsada por la era digital. Tradicionalmente enfocada en el proyecto, construcción y mantenimiento de infraestructuras físicas, la Ingeniería Civil está evolucionado hacia un enfoque cada vez más tecnológico, integrando herramientas digitales, inteligencia artificial (IA) y análisis de grandes cantidades de datos. En este contexto, la digitalización no solo ha modificado todas las fases de una obra, desde su concepción a su sustitución, sino que también está redefiniendo el papel del ingeniero civil en la sociedad contemporánea.

El impacto de las tecnologías digitales se reflejará también en la forma en que los ingenieros tendrán que actualizar sus conocimientos y en los programas académicos para educación de los futuros ingenieros. En este artículo repasaremos sucintamente algunas de dichas tecnologías y las oportunidades y retos que ofrecen a la Ingeniería Civil, tanto para la práctica de la profesión como para el mundo académico y científico.

## 2. La era de la información

Diversos científicos y pensadores, como Clive Humby [1], han afirmado que **“la información es el petróleo del siglo XXI”**. Estas opiniones resaltan la importancia estratégica de la información en la era moderna, sugiriendo que, al igual que el petróleo fue crucial para la economía y la tecnología del siglo pasado, la información será para el este siglo un recurso valioso y fundamental para el poder, la economía y el avance social en el mundo actual.

La información ha sido objeto de estudio de numerosos pensadores en el ámbito de las ciencias de la comunicación. Norbert Wierner comparaba la información como un concepto esencial, al lado de los de materia y energía [2]. Otros científicos, como Jeremy Cambell, consideran a la información como una fuente de "entropía negativa" por su capacidad de poner orden en el conocimiento humano, contribuyendo, por tanto, a disminuir la entropía del universo [3].

**Un peligro de la información es cuando se consume en exceso.** Así, la sobrecarga de información (también conocida como infoxicación, infobesidad o ansiedad informativa) es la dificultad para comprender un tema y tomar decisiones de manera efectiva cuando se dispone de demasiada información sobre dicho tema. Claramente, cuando a un tomador de decisiones se le da mucha información compleja y con contradicciones, la calidad de su decisión disminuye debido a la limitación de recursos del individuo para procesar toda la información y tomar la mejor decisión. En ese sentido la infoxicación se considera una enfermedad de la era digital [4].

**Hay que resaltar que, en Ingeniería Civil, hay algo peor que el exceso de información, y eso es la información mala o poco fiable.**

La información, junto a las tecnologías de comunicación modernas (internet, fibra óptica, telefonía móvil, etc.), constituyen las denominadas TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones). **Las TIC constituyen los pilares de la era digital** y son disciplinas esenciales en los estudios y práctica de las ingenierías de telecomunicación e informática. Indudablemente, por su importancia las TIC deberían tener igual, o incluso más importancia, en la Ingeniería Civil. Pensadores como Robinson Pierce [5] y José Ferrater [6], entre otros, han afirmado que las TIC facilitan la interacción entre la información, la comunicación y todos los niveles del mundo físico y socio-económico, jugando, por consiguiente, un papel esencial en los procesos que persiguen mejorar la calidad de vida del hombre que, de hecho, son la principal razón de ser de la Ingeniería Civil.

Una de las características de la era digital es la **velocidad en la llegada e implantación de nuevas teorías y técnicas.** Por poner un simple ejemplo, tecnologías como la imprenta han tenido una evolución de unos 2300 años hasta el momento actual. Por el contrario, Internet y las ciencias de la computación actuales se han desarrollado e implantado en apenas 60 años. También la IA, que aunque surgió formalmente en la década de 1950, su implantación reciente es exponencial. Algo parecido está sucediendo con la computación cuántica. Todas estas tecnologías digitales prometen revolucionar la forma en que la Ingeniería Civil moderna planteará sus realizaciones en un próximo futuro.

## 3. La información en la Ingeniería Civil

La Ingeniería Civil se nutre de información de cinco fuentes muy concretas:

- **La observación del mundo físico desde la tierra y el espacio.**
- **Experimentos en laboratorios sobre materiales y modelos físicos a escala de elementos estructurales y construcciones.**
- **Medidas de sensores colocados en construcciones, vehículos y sistemas.**
- **Resultados de cálculos por ordenador.**
- **Documentos de proyectos y publicaciones científico-técnicas en los sectores profesional y académico.**

La información que se recoge por cualquiera de esos procedimientos, está (o estará muy pronto) disponible en bases de datos, con una cantidad de información inimaginable hasta hace poco, que podrá ser consultada y analizada rápidamente con ayuda de la IA. **Esas bases de datos serán la antesala de nuevos modelos predictivos** para el proyecto, construcción y mantenimiento de construcciones y sistemas en Ingeniería Civil, apoyados por la combinación de la ciencia de grandes datos (Big Data) y la IA.

Hay que resaltar que, en general, y muy particularmente en Ingeniería Civil, hay algo peor que el exceso de información, y eso es la **información mala o poco fiable**. Esa información espuria puede tener

consecuencias desastrosas para el proyecto, construcción y mantenimiento de construcciones seguras, sostenibles y económicas. Por ello las bases de datos en Ingeniería Civil tienen que estar verificadas por organismos responsables, de manera que pueda garantizarse que su contenido proviene de experimentos en laboratorio o de campo fiables, datos sobre materiales y condiciones de uso de estructuras existentes obtenidos in-situ o a través de análisis inversos, y resultados de cálculos utilizando modelos predictivos basados en teorías universalmente aceptadas en cada una de las disciplinas que intervienen en la Ingeniería Civil (materiales, estructuras, fluidos, terreno, etc.).

## 4. Tecnologías de la era digital en la Ingeniería Civil

Sin ánimo de ser exhaustivo, el Cuadro 1 lista las tecnologías de la era digital que pueden tener un impacto más directo en la Ingeniería Civil.

**Un peligro de la información es cuando se consume en exceso. Así, la sobrecarga de información es la dificultad para comprender un tema y tomar decisiones de manera efectiva.**

| | |
|---|---|
| Building Information Modelling (BIM) | Realidad Virtual y Aumentada |
| Sensores avanzados | Gemelos digitales |
| Internet de las cosas (IoT) | Superordenadores y computación masiva (GPUs, cálculo en la nube, etc.) |
| Pasaporte Digital de los Productos | Ordenadores Cuánticos |
| Big Data | Modelos predictivos basados en la física y la ciencia de datos |
| Inteligencia Artificial | Nuevos algoritmos numéricos que cambien paradigmas existentes |

**Cuadro 1.** Tecnologías de la era digital de mayor impacto en Ingeniería Civil.
En los apartados siguientes se analizan brevemente algunas de esas tecnologías.

## 5. Innovación en el proyecto, construcción y mantenimiento de obras mediante BIM

Las capacidades tecnológicas que ofrece el **Building Information Modeling (BIM)** han revolucionado la forma de concebir los proyectos de Ingeniería Civil y arquitectura. El BIM permite crear modelos tridimensionales de una obra que incluyen, utilizando metadatos (información digital asignada a cada elemento de una obra), los detalles de la geometría, los materiales, el proceso constructivo, el plan de mantenimiento y gestión de la infraestructura e información, ambiental y económica. El BIM facilita la coordinación entre arquitectos, ingenieros y constructores, reduce errores, optimiza costes y mejora la eficiencia del ciclo de vida de las infraestructuras.

El BIM introduce el innovador concepto de espacio multidimensional de una obra, añadiendo otras **"dimensiones conceptuales y operacionales"** a las estrictamente geométricas de modelos de CAD tradicionales. Concretamente, las ocho "dimensiones" típicas de un modelo BIM son: 1. Modelado geométrico 3D (incluyendo metadatos y almacenamiento en la nube), 2. Dimensión temporal para gestión de cronogramas de trabajo; 3. Estimación de costes. 4. Evaluación de la sostenibilidad de la obra. 5. Construcción eficiente para optimizar procesos, mejorar la calidad, reducir costes y tiempos de entrega y aumentar la productividad. 6 Gestión de operaciones e instalaciones. 7. Seguridad en la obra, y 8. Industrialización de la construcción

**El uso del BIM para proyectar una obra requiere un esfuerzo mayor para los proyectistas** que utilizando las herramientas de CAD clásicas. Por ello, hay una resistencia de las empresas a introducir el BIM en sus procesos de proyectos de obras. La discusión actual es cómo puede ser compensado dicho esfuerzo por la administración competente. No es un debate fácil, ya que, si bien los beneficios para la empresa ganadora de una licitación son muy evidentes, no lo son tanto para el resto de empresas licitantes que hayan tenido que invertir recursos en adecuar los proyectos a la tecnología BIM. Todo esto está ralentizando la utilización del BIM en el sector de la construcción.

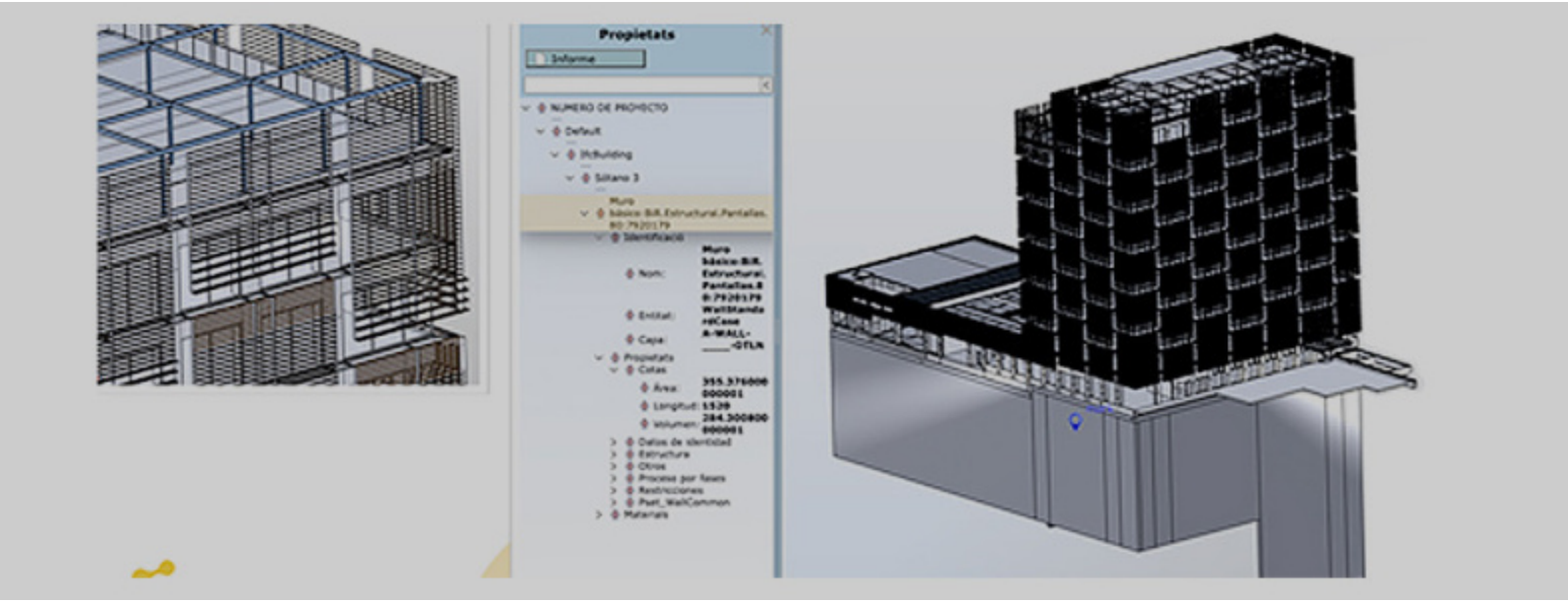



**Figura 1.** Modelo BIM de un edificio. Cortesía de Scipedia *(una empresa spin-off de CIMNE, https://bim-teamup.com/ ).*

La utilización del BIM tiene visos de convertirse en obligatoria en muchos paises para obras financiadas con fondos públicos. La legislación europea avanza en este sentido y algunas administraciones, como la de la Generalitat de Cataluña en España, han establecido protocolos para presentar los proyectos de obras en licitaciones públicas utilizando el BIM [7]. Claramente, esto favorece la gestión de la obra seleccionada en las fases de revisión del proyecto, construcción de la obra y su mantenimiento futuro, preservando en todo momento una información detallada de todo el proceso en formato digital.

**Desde el punto de vista de la administración adoptar la tecnología BIM es también un reto.** Los proyectos realizados con tecnología BIM requieren un almacenamiento de muchos gigas (incluso teras) de metadatos. La forma de almacenar y gestionar esos datos en la fase de licitación, e incluso de la posterior gestión del proyecto seleccionado, requiere que la administración disponga de capacidad de almacenamiento (en la nube o en servidores propios), de tecnología para la gestión de metadatos y de personal capacitado. Existen herramientas que facilitan esas tareas, como BIMTeamUp, desarrollada por la empresa Scipedia (Figura 1) [8], pero su adopción por las administraciones es lenta por las dificultades económicas y de recursos humanos que conllevan.

La compatibilidad de los programas de cálculo de estructuras, o de cualquier tipo de obra (hidráulica, viaria, marítima etc.) con la información que proporcionan los modelos BIM no es trivial. Generalmente, dicha información debe simplificarse, eliminando muchos detalles de la geometría irrelevantes para el cálculo, para que sea compatible con los preprocesadores de los programas de cálculo usuales.

Por otra parte, la incorporación de herramientas de **realidad virtual y aumentada al BIM** ofrece nuevas formas de visualización y simulación de escenarios en obras, permitiendo detectar interferencias o problemas antes y durante de la ejecución física de las obras. Esto es particularmente relevante para garantizar una mejor seguridad de los trabajadores en el sector de la construcción.

## 6. El internet de las cosas y el pasaporte digital de los productos

El Internet de las Cosas (**IoT por Internet of Things** en inglés) es una red de objetos físicos ("cosas") equipados con sensores, software y otras tecnologías que se conectan e intercambian datos a través de Internet, lo que les permite funcionar de forma "inteligente" y autónoma. Estos dispositivos abarcan desde electrodomésticos, ropa, productos agro-alimentarios y de cosmética, hasta vehículos, equipos industriales y de construcción y sistemas agrícolas, facilitando la automatización, la eficiencia y el análisis de datos en diversas aplicaciones.

**Figura 2.** Esquema de conectividad de objetos a través del Internet de las Cosas (IoT).




En IoT proporcionará enormes cantidades de datos para el diseño predictivo, la producción, la comercialización y la gestión de todos los productos en la industria.




**Figura 3.** Conectividad de diversos productos a través de tecnología NFC. Cortesia de OKTICS (una empresa spin-off de CIMNE, www.okobusiness.com ).

La combinación de datos de simulaciones por ordenador, con datos provenientes del IoT revolucionará la forma en que se diseñan, producen, comercializan y reciclan los productos y sistemas en todos los ámbitos de la industria, incluyendo, naturalmente, la industria de la construcción.

En Europa la eclosión del IoT se va a potenciar a través de la iniciativa europea de crear el P**asaporte Digital de los Productos** (**DPP**, por Digital Passport of Products en inglés).

**El DPP es un registro digital obligatorio**, impulsado por la Unión Europea (UE), que **contiene información completa sobre el ciclo de vida de un producto**, incluyendo, entre otras cosas, el certificado de originalidad, los materiales que lo conforman, su consumo energético, su sostenibilidad ambiental, normas de mantenimiento/reparaciones e instrucciones para el fin de su vida útil. El DPP se activa directamente, y de manera muy sencilla, desde el producto, por los consumidores/usuarios mediante identificadores únicos como códigos QR, tecnología NFC o RFID, lo que permite acceder a la información del producto de forma inmediata y sin descargarse una App. El DPP es un componente clave del impulso de la UE **hacia una economía circular**, cuyo fin es aumentar la transparencia de los productos para consumidores y legisladores, garantizar el cumplimiento normativo y posibilitar una producción y un consumo más sostenibles.

El **DPP** es una iniciativa revolucionaria de la UE que **transformará la forma en que se proyectan, fabrican, documentan y gestionan los productos en todos los sectores industriales**. El DPP garantiza la trazabilidad y la transparencia totales a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, desde su fabricación hasta su reciclaje o reutilización.

**El Cuadro 2 muestra el calendario que la UE prevé para implantar el DPP.**

- **Febrero de 2025:** Comienza la implementación progresiva para algunos productos (vino, aceite y baterías eléctricas).
- **Abril de 2025:** La Comisión Europea adopta el primer Plan de Trabajo ESPR 2025–2030, priorizando sectores industriales como textil, muebles y neumáticos.
- **2025-2026:** Aprobación de actos delegados detallando los requisitos de datos para diferentes familias de productos (incluyendo la construcción).
- **Febrero de 2027:** Obligatoriedad del DPP para baterías de vehículos eléctricos, baterías industriales y baterías de vehículos de transporte ligero.
- **2027-2030:** Obligatoriedad del DPP para grupos de productos prioritarios como textiles, electrónica, muebles y neumáticos, y la expansión progresiva a más sectores, como la construcción.
- **2030:** Plena implantación del Pasaporte Digital del Producto para la mayoría de los productos comercializados en la UE.

**Cuadro 2.** Fechas de implantación del DPP en la Unión Europea.

El DPP creará una ilimitada fuente de datos integrada relacionada con productos y sistemas de ingeniería para una amplia gama de aplicaciones (tratamiento, sostenibilidad, gestión de instalaciones, SHM, logística, marketing, etc.).

La intención de la UE es que el DPP sea obligatorio para todos los productos que circulen en su territorio (ya lo es para el vino, el aceite y las baterías eléctricas). Esto afectará a los productos importados de otras latitudes, que tendrán que incorporar el DPP. Por otra parte, la UE ha recalcado cada vez que presenta el DPP que su intención va más allá del ámbito regulatorio, y pretende que el DPP abra nuevos canales para la comercialización de los productos.

La implantación del DPP en el sector de la construcción está siendo objeto de un activo y continuo debate en Europa (Cuadro 3). En España las agencias normativas, como la Asociación Española de Normalización (UNE, https://www.une.org/), organizan frecuentes seminarios informando de los plazos y condiciones para la implantación del DPP en la construcción [8].

### Fabricantes Obligados

Materiales, mobiliario urbano, componentes y estructuras deberán incluir datos ambientales completos.

### Adaptación Necesaria

Arquitectos, ingenieros y fabricantes deberán actualizar sistemas y flujos de información.

### Nueva Documentación

Datos de composición, ciclo de vida, emisiones y potencial de reciclaje serán obligatorios.

### Ventaja Competitiva

Estar preparados es clave para cumplir normativas europeas y mantener la competitividad.

**Cuadro 3.** Algunos aspectos del DPP en el sector de la construcción.

**El Cuadro 4 resume las ventajas del DPP para diferentes actores del sector de la construcción.**

**Fabricantes**

Aseguran trazabilidad completa y cumplimiento normativo automático, reduciendo riesgos legales

**Diseñadores**

Facilita el rediseño circular y la selección de materiales sostenibles desde la fase de proyecto

**Técnicos y auditores**

Simplifica inspecciones, verificaciones de calidad y auditorías de sostenibilidad

**Cliente final**

Aporta transparencia total, confianza en la inversión y garantías de sostenibilidad real

**Autoridades**

Permite control efectivo, verificación instantánea y supervisión del cumplimiento normativo

Fuente:

OKTICS

www.okobusiness/construccion

**Cuadro 4.** Interés del DPP para diferentes actores del sector de la construcción.

Tecnologías como el DPP serán probablemente adoptadas por otros países fuera de la UE con el fin de proteger a sus consumidores, garantizar la originalidad, calidad y sostenibilidad ambiental de sus productos, así como para favorecer su comercialización dentro y fuera del país.

## 7. El gemelo digital de una construcción

Un gemelo digital ("digital twin" en inglés) es una réplica virtual dinámica de una construcción real —por ejemplo, un edificio, un puente o una carretera — que se alimenta continuamente de datos en tiempo real mediante sistemas BIM, cálculo por ordenador avanzado (generalmente en la nube), sensores y tecnologías IoT, el DPP, Big Data y realidad virtual y aumentada. En otras palabras, es el "clon digital" de una obra, que evoluciona y reacciona igual que la estructura física.

Un gemelo digital de una construcción consta de los siguientes elementos.

1. Modelo digital (BIM o 3D paramétrico) de la construcción. Representa la geometría, materiales, elementos estructurales e instalaciones de la obra.
2. Sensores IoT y sistemas de monitorización. Miden en tiempo real variables como temperatura, humedad, deformaciones, vibraciones, consumo energético, etc.
3. Plataforma de integración de datos. Conecta la información del modelo con los datos que provienen de sensores, el DPP o sistemas SCADA.
4. Modelo predictivo avanzado e IA. Predice el comportamiento de la construcción a corto y medio plazo y procesa los datos para detectar anomalías, simular escenarios, optimizar el mantenimiento y prever fallos.
5. Interfaz visual e interactiva (en monitor o realidad aumentada). Permite que ingenieros, gestores y operarios vean el estado actual de la obra, predicciones y alertas.

**El Cuadro 5 muestra las aplicaciones del gemelo digital en el ciclo de vida de una obra.**

| | |
|---|---|
| **PROYECTO:** | Simulación estructural y energética, análisis de materiales y planificación 4D. |
| **CONSTRUCCIÓN:** | Seguimiento en tiempo real, control de maquinaria y comparación con el modelo BIM. |
| **OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO:** | Monitorización de estado, mantenimiento predictivo, control energético. |
| **REHABILITACIÓN O DEMOLICIÓN:** | Análisis del ciclo de vida, gestión de residuos, trazabilidad de materiales. |

**Cuadro 5.** Aplicación del gemelo digital en las diferentes fases de una construcción.

**El Cuadro 6 lista las ventajas de un gemelo digital en la construcción.**

| | |
|---|---|
| **Monitorización continua del estado estructural.** | Simulación de escenarios futuros (clima, tráfico, carga, envejecimiento). |
| **Predicción de fallos antes de que ocurran.** | Gestión integral del ciclo de vida del activo. |
| **Reducción de costes de mantenimiento y paradas no planificadas.** | Toma de decisiones basada en datos reales, no en estimaciones. |

**Cuadro 6.** Ventajas de un gemelo digital en la construcción

**Ejemplo de uso de un gemelo digital: Aerogenerador en el mar** (Figura 4). Los sensores instalados en la estructura y las palas detectan deformaciones y vibraciones. Los datos se envían a una plataforma digital que actualiza el modelo BIM. Si una parte de la estructura o una pala muestra fatiga o un apoyo pierde rigidez, el gemelo digital genera una alerta antes de que ocurra el fallo físico. El resultado es el mantenimiento predictivo del aerogenerador, ahorro en costes y aumento de la seguridad estructural.

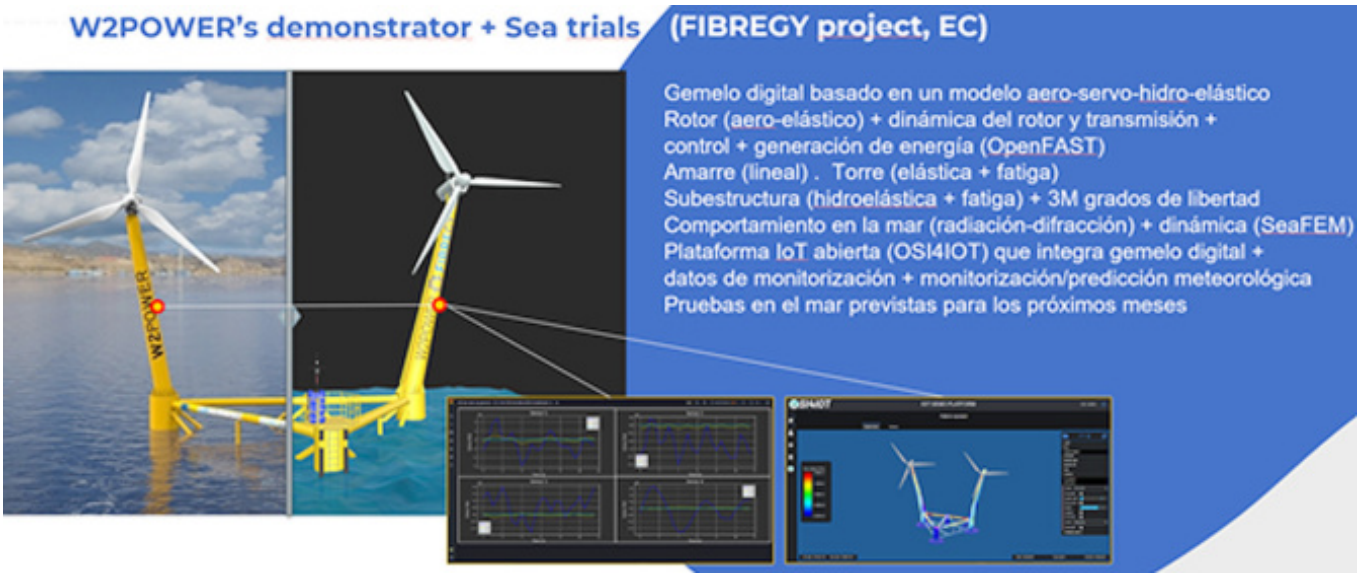



**Figura 4.** Gemelo digital de un aerogenerador en el mar. Cortesía de Compass.
(una empresa spin-off de CIMNE, www.compassis.com)

---

El siguiente paso es la integración de gemelos digitales a escala urbana: la **Digital Twin City**, ciudades "inteligentes" donde edificios, carreteras, redes de energía y transporte se comunican entre sí en tiempo real. Un buen ejemplo de desarrollo de gemelos digitales de ciudades con el fin de promover la economía circular, es el Digital Twin Cities Centre de la Universidad de Chalmers en la ciudad de Gotenburgo (Suecia) [10].



**Figura 5.** Gemelo digital de la ciudad de Gotenburgo. Flujo del aire por una calle [10].

Una iniciativa similar promovida desde CIMNE en Barcelona, con apoyo de la Generalitat de Catalunya, ha sido la **creación de una plataforma para la Gestión Predictiva del Territorio**. Esta plataforma (denominada PIKSEL [11]) contiene una descripción fidedigna de partes del territorio catalán y modelos predictivos para estimar el riesgo sísmico y de inundaciones en zonas cercanas al litoral, la evolución de la línea de costa, la cantidad de ozono troposférico, el análisis de la bio-diversidad en diversas zonas y el perfil socio-económico de la ocupación en la zona próxima al litoral, entre otras aplicaciones.

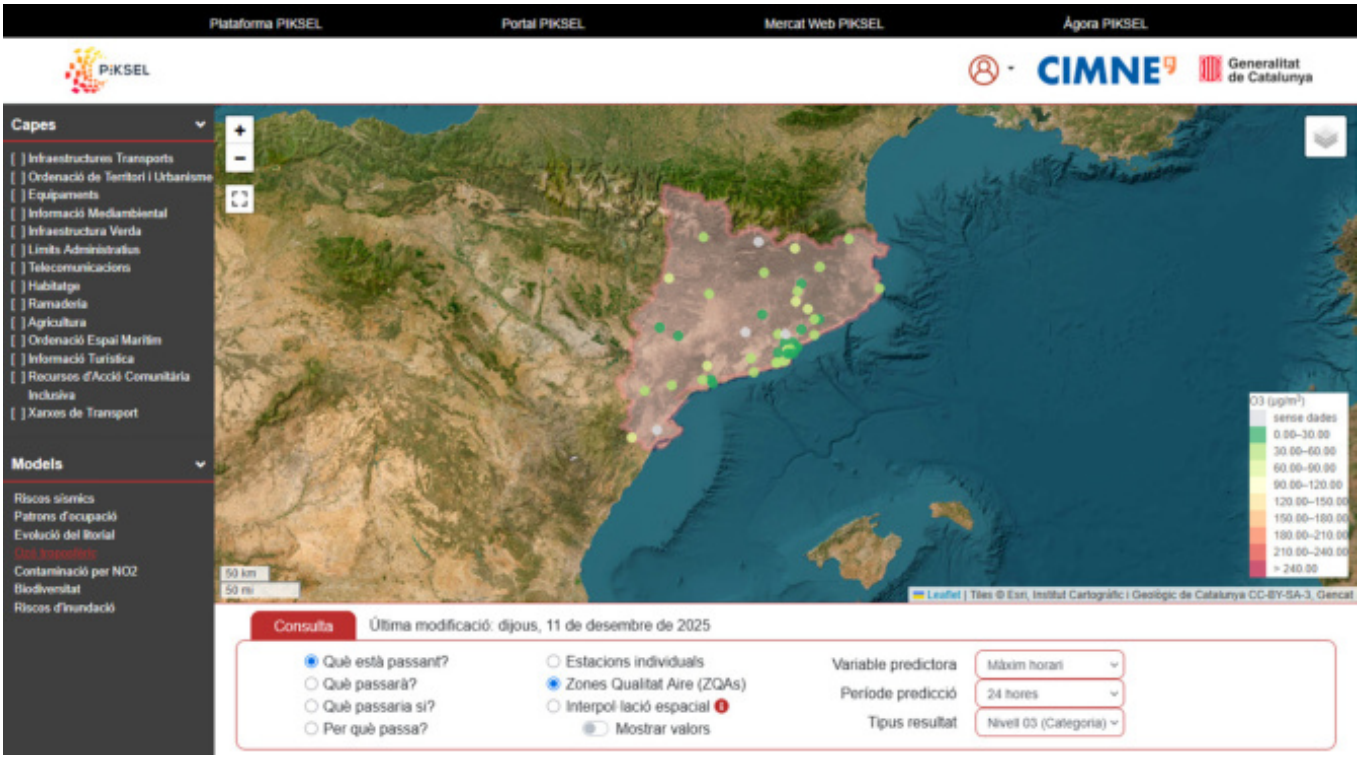



**Figura 6.** Plataforma PIKSEL de Gestión Predictiva del Territorio. Niveles de ozono troposférico en estaciones de medida en Catalunya [11].

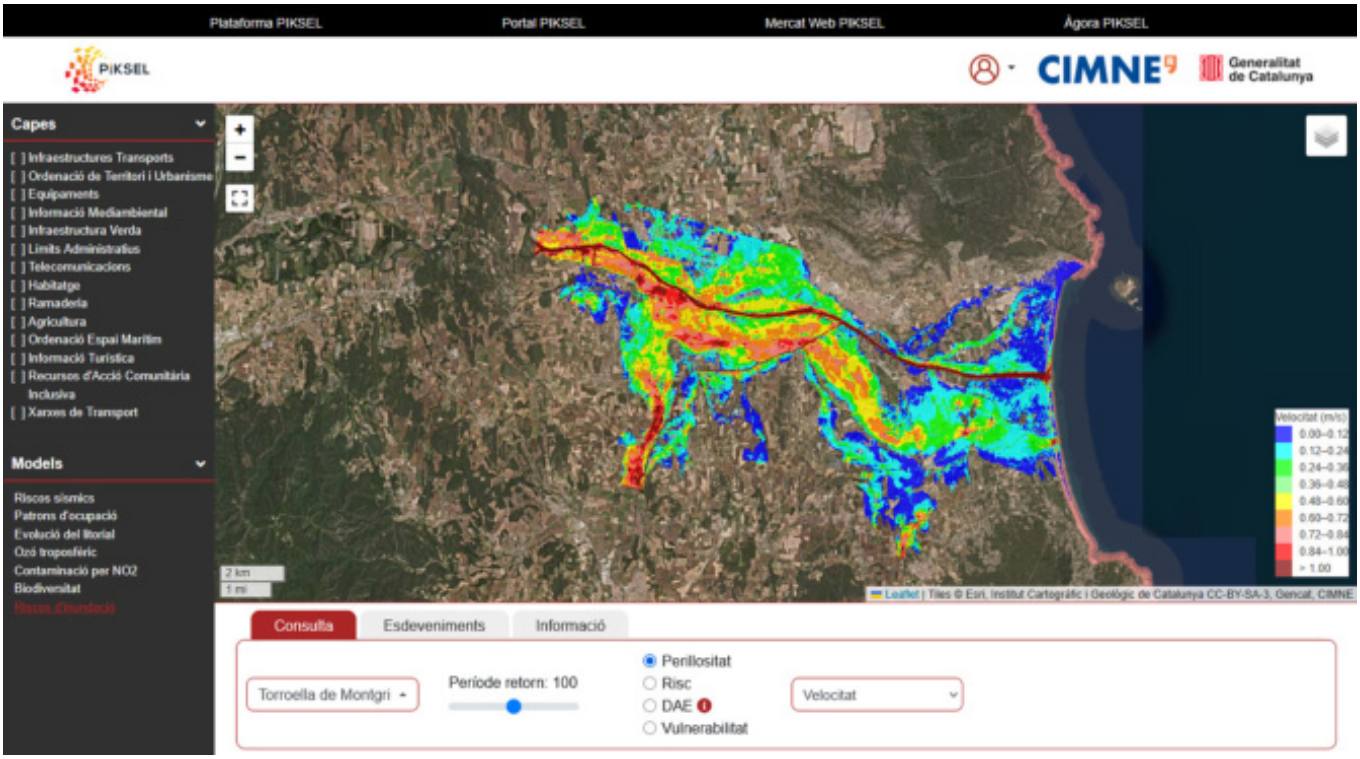



**Figura 7.** Plataforma PIKSEL de Gestión Predictiva del Territorio. Mapa de velocidad del agua en una inundación en la ciudad de Torroella de Mongrí en la costa de Cataluña [11].

La plataforma PIKSEL puede adaptarse fácilmente, para incluir otras predicciones medio-ambientales-socio-económicas de interés para la gestión del territorio en Catalunya, o en otras zonas geográficas.

Los principales retos de un gemelo digital son la dificultad de creación del modelo geométrico tridimensional, incluyendo metadatos fidedignos de los materiales y otros aspectos esenciales de la construcción, la estandarización de datos entre plataformas (BIM, SCADA, IoT), el alto coste inicial de implantación y mantenimiento de sensores, la formación del personal técnico en análisis de datos e IA y temas relacionados con la ciberseguridad en infraestructuras críticas. Todo ello es mucho más relevante si se trata de construir un gemelo digital de una construcción existente, por el desconocimiento del estado general de la resistencia estructural (materiales, fisuras, armaduras, pretensado, corrosión, uniones, etc.), cuyo conocimiento es esencial para la utilización de técnicas de **"monitorización de la salud de la estructura"** (SHM, por Structural Health Monitoring en inglés) sobre el modelo BIM. La detección del estado de "salud" de una construcción es un tema de gran actualidad y exige utilizar técnicas de análisis inverso avanzadas. Por todo ello, el uso práctico de los gemelos digitales en Ingeniería Civil es todavía muy incipiente y se limita a la gestión de obras nuevas de alto valor añadido, y a aplicaciones medio-ambientales, de gestión del tráfico y movilidad urbana a escala urbana y del territorio.

El avance de las tecnologías digitales y de SHM repercutirá, sin duda, y a corto plazo, en un uso mayor de los gemelos digitales en la Ingeniería Civil, a escala de una obra aislada, o de un sistema mayor como una ciudad.

## 8. Los activos digitales

En las últimas dos décadas, la cantidad de contenido digital creado en todo el mundo se ha disparado. Un informe de la Corporación Internacional de Datos de 2025 estima que los datos globales anuales almacenados han crecido desde 33 zettabytes en 2018 hasta 175 zettabytes en 2025 (un zettabyte equivale a un billón de gigabytes) [12].
Cuando este contenido digital puede almacenarse, intercambiarse y tratarse como algo valioso, se convierte en un **activo digital** (DASS, por Digital Assets en inglés). Una lista no exhaustiva de DASS es la siguiente:
DASS de valor en ingeniería: Datos de modelos BIM, Gemelos Digitales, Simulaciones Numéricas, Datos Experimentales, Datos de Materiales, Informes Técnicos, Artículos Científicos, Vídeos, etc.
DASSs de valor general: Fotos, Documentos, Vídeos, Libros, Audio/Música, Animaciones, Ilustraciones, Manuscritos, Correos Electrónicos y cuentas de correo electrónico, Logotipos, Metadatos, Contenido, Cuentas de Redes Sociales, Cuentas de Juegos, etc.
DASS basados en blockchain o tecnologías similares: Tokens No Fungibles, Criptomonedas, Tokens, Criptoactivos, Activos Tokenizados, Tokens de Seguridad, Monedas Digitales de Bancos Centrales, etc.
La importancia de los DASS en el mundo académico y profesional se manifiesta en la reciente creación del Center for Digital Assets en la Universidad de Berkeley en USA [13]. La misión de este centro es promover la investigación y la transferencia de tecnología a la empresa en el ámbito de los DASS.
Un ejemplo de iniciativas similares en España es la creación por parte de la empresa COMPASS de un repositorio en la nube para almacenar y gestionar DASS de valor en la ingeniería, *https://www.compassis.com/rodas/*.

Los DASS contribuirán a mejorar procesos y servicios en la Ingeniería Civil. En el mundo académico se abre también una oportunidad para investigar sobre la mejor forma de crear, almacenar y gestionar los DASS. Por otro lado, la gestión de los DASS creará oportunidades de negocio para las empresas que operen en el campo digital.

**Un gemelo digital es una réplica virtual dinámica de una construcción real que se alimenta continuamente de datos en tiempo real.**

## 9. Oportunidad para los investigadores en métodos numéricos

El constante incremento en la capacidad de cálculo, el Big Data y la ciencia de datos, la IA y las posibilidades que la computación cuántica ofrecerá en pocos años abren un paradigma científico nuevo. Los investigadores en métodos numéricos y en ingeniería computacional podrán abordar problemas complejos, hasta ahora intratables con la tecnología de cálculo actual. Un ejemplo será el diseño a escala atómica de materiales con nuevas propiedades

funcionales (mecánicas, térmicas, acústicas, electromagnéticas, etc.) para múltiples aplicaciones en ingeniería.
Esta situación inédita para los investigadores debe ser un incentivo para revisar los modelos matemáticos y los métodos numéricos existentes para que, incorporando las posibilidades que la era digital ofrece, resolver mejor los problemas que afectan a la vida del hombre. Todo ello sin perder de vista los fundamentos inalterables de la física, que son la síntesis del conocimiento acumulado por la humanidad durante siglos.
La era digital ofrecerá, en definitiva, herramientas para construir una ciencia capaz de comprender y diseñar el mundo con una precisión radical. Esas herramientas serán inmensamente poderosas, pero no deben oscurecer el objetivo último de la ciencia: el razonamiento y la comprensión del mundo físico, para obtener leyes sobre su comportamiento de valor universal.
El avance de las tecnologías digitales y de SHM repercutirá, sin duda, y a corto plazo, en un uso mayor de los gemelos digitales en la Ingeniería Civil, a escala de una obra aislada, o de un sistema mayor como una ciudad.

## 10. Impacto de la era digital en la docencia de la Ingeniería Civil

Los programas académicos para formación de los futuros ingenieros civiles, y también para la formación continua de los actuales ingenieros, deben imperiosamente incluir temas relacionados con las tecnologías digitales y su impacto en la profesión. Seguramente esto implicará una revisión profunda de las disciplinas que actualmente se imparten en los programas de Grado y de Máster en el ámbito de la Ingeniería Civil, eliminando algunas materias para incluir otras que versen sobre algunos, o todos, los temas que se relacionan en el Cuadro 1. No será una tarea fácil por la clásica dificultad de modificar los planes de estudios de las universidades.
Esta tarea puede ser más sencilla a través de cursos de formación continua sobre temas de actualidad en el campo de las tecnologías digitales que afecten a la Ingeniería Civil, organizados por las propias universidades o por colegios y asociaciones profesionales, e incluso por las empresas.

## 11. Conclusiones

**En las líneas anteriores he resumido las principales características de algunas de las tecnologías digitales en relación con su impacto en la Ingeniería Civil. Todo lo explicado evidencia que la digitalización no solo está modificando la forma de proyectar nuevas construcciones y los procesos constructivos y de mantenimiento de las obras, sino que también está redefiniendo el papel del ingeniero civil en la sociedad contemporánea. Para mantener una posición de liderazgo, las empresas en ese sector tendrán que asimilar las tecnologías digitales, formando a su personal para incorporarlas a sus flujos de trabajo cotidianos.**
**Por otro lado, el impacto inexorable de las tecnologías digitales en la Ingeniería Civil, ha de reflejarse en los programas académicos para la educación de los futuros ingenieros.**

## Referencias

1. https://towardsdatascience.com/is-data-really-the-new-oil-in-the-21st-century-17d014811b88/
2. https://es.wikipedia.org/wiki/Norbert_Wiener
3. J. Cambell. Grammatical Man. Information, Entropy, Language, and Life. Viking, 1982.
4. L. Parra Medina y F. Álvarez (2021). Síndrome de la sobrecarga informativa. Una revisión bibliográfica, Revista de Neurología 73, 12: 421, doi:10.33588/rn.7312.2021113.
5. https://es.wikipedia.org/wiki/John_R._Pierce
6. https://es.wikipedia.org/wiki/Jos%C3%A9_Ferrater_Mora
7. https://cibim.transportes.gob.es/sala-de-prensa/noticias/el-govern-de-la-generalitat-de-cataluna-amplia-la-obligacion-de-usar-la
8. https://bim-teamup.com/now-teamup/
9. https://revista.une.org/74/impulso-de-las-normas-a-la-digitalizacion-en-el-reglamento-e.html
10. Digital Twin Cities Centre – A Vinnova competence centre
11. https://piksel-web.cimne.com/
12. The Digitization of the World from Edge to Core
13. https://cda.berkeley.edu/

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

# Aportes de la Ingeniería a la labor forense

Mg. Ing. Villagran, Pedro Dilmar[1,2]; de Athayde Moncorvo, Alejandro[2]; Siles, Graciela Susana[2].

(1) Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta.
(2) Departamento Técnico Científico del Cuerpo de Investigaciones Fiscales - Ministerio Público de Salta.

**La Ingeniería reúne conocimientos orientados a la invención y aplicación de técnicas que permiten el uso eficiente de recursos naturales y energía, apoyándose en principios científicos como física, química y matemáticas para generar soluciones económicas y funcionales.**
**Por su parte, la Criminalística y las Ciencias Forenses aplican métodos científicos para analizar evidencias y esclarecer delitos. A través de disciplinas como la química, biología, medicina y psicología forense, los científicos forenses convierten indicios en pruebas útiles dentro del proceso judicial. Esta labor exige enfoques interdisciplinarios que permitan reconstruir hechos pasados con precisión, contribuyendo así a la administración de justicia.**



En este contexto, la Ingeniería Forense surge como un campo clave dentro de los estudios forenses, tradicionalmente enfocado en el análisis de fallas estructurales y mecánicas. No obstante, su aporte se ha expandido hacia áreas como el diseño experimental, la seguridad laboral, el control de calidad, el análisis ambiental, el mantenimiento de infraestructuras y la gestión de laboratorios forenses.



**Figura 1:** Microscopio electrónico de barrido utilizado para estudios morfológicos, análisis químicos y determinación de residuos de disparo de arma de fuego.

**Las evidencias halladas en escenas de crimen se agrupan generalmente en biológicas y no biológicas, y su correcto análisis requiere la aplicación de métodos científicos específicos.**

Este trabajo propone reflexionar sobre los aportes actuales de la ingeniería en la práctica forense, destacando su papel en la consolidación de metodologías científicas aplicadas a la investigación criminal.

## Ingeniería en las ciencias forenses

Las evidencias halladas en escenas de crimen se agrupan generalmente en biológicas y no biológicas, y su correcto análisis requiere la aplicación de métodos científicos específicos. En este contexto, los aportes de la ingeniería son fundamentales: desde el uso de tecnologías analíticas avanzadas hasta el diseño de métodos de muestreo, modelado y validación de hipótesis. A continuación, se presentan algunas áreas clave donde la ingeniería contribuye activamente a las ciencias forenses.

### Balística Forense

La balística forense estudia el comportamiento de los proyectiles disparados por armas de fuego, abarcando desde su expulsión hasta el impacto, con el objetivo de reconstruir trayectorias, determinar distancias de disparo y establecer la correspondencia entre armas y elementos balísticos recolectados (Cambres Jiménez & Castillo, 2015). Los análisis incluyen tanto observaciones físicas, mediante microscopía óptica o electrónica, como estudios químicos de residuos inorgánicos y orgánicos provenientes del disparo (Bautista Hernández & Larico Laura, 2018).

En este ámbito, los ingenieros aplican conocimientos en espectroscopia, diseño de materiales, física y análisis instrumental. Se utilizan técnicas como la microscopía electrónica de barrido con espectroscopía de dispersión de energía (SEM-EDS) para residuos inorgánicos, y espectroscopía Raman o NIR para compuestos orgánicos. Además, se realizan análisis de prendas mediante fluorescencia de rayos X para establecer relaciones entre el tipo de arma, la munición y la distancia de disparo.

El análisis de proyectiles y vainas se lleva a cabo mediante microscopios ópticos o electrónicos de barrido (Figura 1), empleando técnicas avanzadas como la microscopía confocal para obtener imágenes tridimensionales de alta precisión (Meneses & Contreras, 2009). Recientemente, se ha comenzado a utilizar elastómeros de silicona para crear réplicas de vainas y proyectiles, permitiendo así establecer la participación de un arma de fuego en delitos basándose

en las huellas balísticas que deja el arma original (Miquelarena, 2019).

**Estudio de pelos y fibras**

El análisis de cabellos y fibras textiles de la escena del crimen es común, ya que estos materiales son resistentes a la degradación, conservan características a lo largo del tiempo y se transfieren fácilmente entre personas y objetos. Su estudio permite obtener información sobre contacto físico, ambientes de exposición, consumo de sustancias o contaminación con metales pesados. Se emplea microscopía óptica para determinar su origen somático, y técnicas instrumentales para caracterizar su composición.

Entre las herramientas más utilizadas se encuentran la cromatografía de gases (GC), la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y la espectrometría de masas (MS), que permiten identificar la presencia de fármacos, drogas o contaminantes en la matriz capilar. Los ingenieros participan optimizando las condiciones de análisis, seleccionando solventes adecuados y asegurando la trazabilidad de resultados. Además, contribuyen al desarrollo de métodos de extracción y validación analítica que garantizan la confiabilidad de los datos obtenidos.

**Incendios y explosivos**

Las investigaciones relacionadas con incendios y explosiones requieren la identificación de restos de combustibles, oxidantes, iniciadores de llama y componentes mecánicos o eléctricos involucrados. En el caso de incendios, se analizan residuos de hidrocarburos mediante cromatografía gaseosa y técnicas espectroscópicas que permiten detectar compuestos volátiles derivados del petróleo.

Respecto a explosivos, se diferencia entre aquellos de baja y alta potencia, aplicando metodologías específicas para cada uno. Las técnicas incluyen espectroscopía de infrarrojo, difracción de rayos X y cromatografía de capa fina, que permiten identificar mezclas orgánicas e inorgánicas. Los ingenieros forenses colaboran inspeccionando instalaciones eléctricas, cilindros de gas, materiales industriales y componentes estructurales, evaluando posibles fallas que hayan generado acumulación de energía o ignición. Además, aportan criterios de seguridad para el manejo de evidencia sensible.

**Análisis de huellas**

Las huellas -dactilares, de mordidas, pisadas o herramientas- son una fuente directa de información,



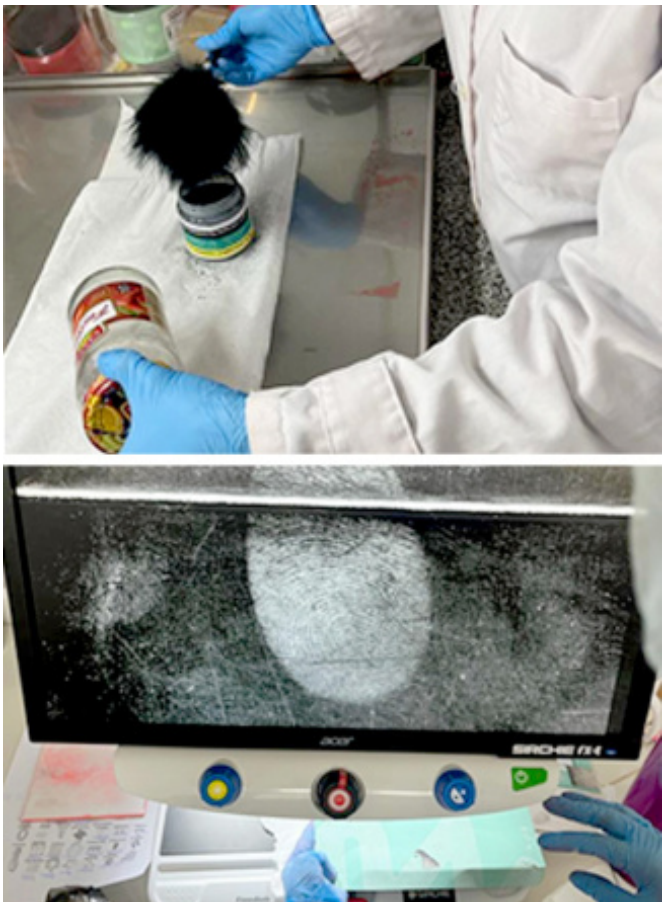


**Figura 2:** Empleo de reactivos pulverulentos (físicos) para el revelado de huellas dactilares y su posterior observación.

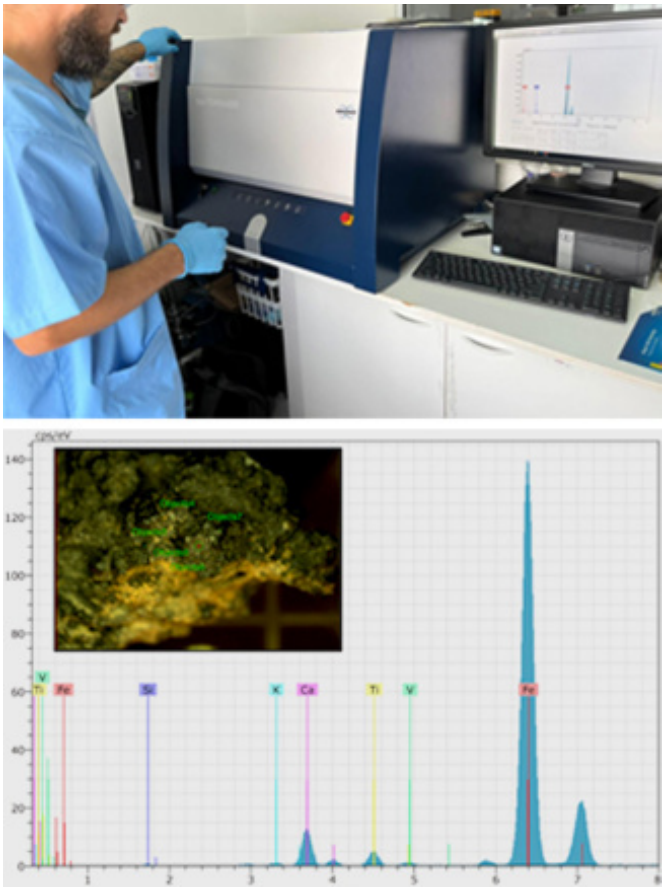


**Figura 3:** Espectrómetro de microfluorescencia de rayos X para estudio de evidencias físicas.

ya que vinculan a personas u objetos con un lugar o evento. En el caso de huellas dentales, se utilizan modelos en cera, moldes en yeso, fotografías y escaneos 3D para comparar la morfología con registros odontológicos (Jaramillo Quiroz, 2019). Las mordidas pueden encontrarse tanto en víctimas como en agresores, y ofrecen información relevante en casos de violencia.

Para pisadas y huellas de calzado, se aplican métodos electrostáticos que permiten visualizar impresiones latentes sobre diferentes superficies, incluso cuando no son visibles a simple vista (Valdebenito Zenteno & Báez Contreras, s/f). Las huellas dactilares (Figura 2), por su parte, se revelan mediante polvos convencionales, reactivos fluorescentes o técnicas físico-químicas adaptadas al tipo de superficie (Reyes Atuesta, 2016). Los ingenieros participan seleccionando materiales para moldes y soportes, desarrollando técnicas de replicación y asegurando condiciones adecuadas para el manejo de reactivos sensibles.

## Química forense

La química forense comprende un amplio conjunto de técnicas analíticas utilizadas para identificar y comparar sustancias presentes en evidencia física o biológica. Entre los análisis más frecuentes se encuentran los test de detección de drogas, que utilizan anticuerpos específicos para detectar metabolitos en orina, sangre o cabello. Asimismo, se aplican métodos para la detección de manchas de sangre y semen, como reacciones colorimétricas, microscopía o técnicas enzimáticas (T. López, 2013).

La identificación de sustancias estupefacientes o psicotrópicas requiere de herramientas como la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), y métodos espectroscópicos como FTIR o fluorescencia de rayos X (Figura 3). Estas técnicas permiten analizar materiales como pinturas, aceites, vidrios, grasas o combustibles, evaluando su composición para establecer coincidencias con otras muestras. La labor del ingeniero es clave en la validación de métodos, selección de equipos adecuados y diseño de protocolos de análisis seguros y reproducibles.

## Conclusión

La Ingeniería Forense se consolida como un campo interdisciplinario en expansión, que aplica principios científicos y técnicos para resolver conflictos en contextos legales, desde fallas estructurales y accidentes laborales hasta investigaciones criminales complejas. Su enfoque no se limita al ámbito tradicional de la ingeniería, sino que dialoga con disciplinas como la biología, la química, la medicina, e incluso áreas como la arqueología o la economía, siempre con el objetivo de aportar evidencia confiable y fundamentada.
Más que generar nuevas leyes científicas, esta práctica adapta el conocimiento existente a situaciones particulares, desarrollando enfoques específicos para la resolución de problemas concretos. Esta demanda exige de los profesionales una sólida formación teórica, ética profesional, pensamiento crítico y experiencia multidisciplinaria. La Ingeniería Forense no solo amplía el campo laboral del ingeniero, sino que también lo posiciona como actor clave en la búsqueda de justicia y verdad. En futuras entregas, se presentarán casos concretos que ilustran su impacto real en investigaciones judiciales y pericias técnicas.




## Bibliografía


- Bautista-Hernández, A. M., & Larico-Laura, I. W. (2019). Determinación de residuos de disparo por arma de fuego mediante espectrofotometría de absorción atómica. Revista Mexicana de Medicina Forense y Ciencias de la Salud, 3(1), 40-48.
- Cambres Jiménez, J. J. (2015). La balística forense como herramienta fundamental para la identificación del arma de fuego utilizada en un hecho punible [Universidad de Carabobo].
- Contreras, R., & Meneses, J. (2009). Dispositivo Óptico De Medida 3-D Con Simetría Cilíndrica: Aplicaciones En Balística. Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, 7(2), 1-10.
- Jaramillo Quiroz, A. E. (2019). Métodos de identificación de huellas de mordedura humana. Universidad de Guayaquil. Facultad Piloto de Odontología.
- López, T. (2013). Reconocimiento e identificación de manchas de semen en diferentes soportes de interés forense (V. López (ed.); Guzlop edi). Guzlop.
- Miquelarena, A. (2019). Las implicancias de los elastómeros en la balística forense. Revista Skopein, (20).
- Reyes Atuesta, S. (2016). La Química Forense en la Investigación Criminal.
- Zenteno G. V. & Contreras, G. M. B. (2007). El pelo: ¿Esconde secretos para la ciencia forense? Ciencia... Ahora, 20, 103-110.
- Zenteno, G. V., & Contreras, M. E. B. Química Forense: Química Analítica Aplicada a la Criminología.

DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

# Inteligencia Artificial (IA):

## Reflexiones no académicas desde una institución académica



**Walter Orlando Vaca**
Director de cómputos - Facultad de Ingeniería

**Los hitos disruptivos y transformadores, desde que aparecen, suelen provocar resistencia y controversia. Si bien sus avances e implicancias resultan evidentes en el momento, suelen generar incertidumbre por las impredecibles consecuencias a futuro. Ya en el siglo XV, la invención de la imprenta de Gutenberg provocó resistencia: algunos detractores sostenían que su capacidad para expandir el conocimiento podía alterar la paz social, incrementar la crítica y desestabilizar el orden político establecido. Hoy, algo similar ocurre con la Inteligencia Artificial, percibida como una herramienta poderosa, eficiente y confiable, pero también como una amenaza para el trabajo y para la propia creatividad humana.**

**Walter Orlando Vaca, Director de Cómputos de la Facultad de Ingeniería en base a su formación y experiencia del trabajo cotidiano en el área, nos plantea como aplicar de forma eficiente esta potente herramienta en los diferentes ámbitos académicos que integran la institución: investigación, docencia, administración y estudio.**



Conceptos como Industria 4.0, Internet de las Cosas (IoT), realidad aumentada, gemelos digitales, firma digital, blockchain, computación en la nube, reuniones virtuales y redes sociales, entre otros, comparten un denominador común: la tecnología digital. Este elemento se ha consolidado como un pilar estratégico que sustenta, amplía y redefine múltiples dimensiones de nuestra realidad, habilitando nuevas formas de interacción, comunicación, gestión de información y automatización. Todas estas innovaciones convergen en una noción más amplia y transformadora: la transformación digital, entendida como el proceso de incorporar tecnologías digitales en todos los ámbitos, especialmente en las organizaciones, para generar cambios profundos y sostenibles.

En este contexto, la irrupción de la inteligencia artificial (IA) se manifiesta probablemente, como la herramienta más determinante -si no la más trascendente- para impulsar y consolidar el proceso de transformación digital.

Como toda herramienta, la IA amplía nuestras capacidades al permitirnos acceder con rapidez a información relevante extraída de grandes volúmenes de contenido y al automatizar tareas repetitivas o tediosas. En la actualidad, la abrumadora cantidad de datos disponibles ha dado lugar al enfoque del *Big Data*, orientado a organizar y analizar conjuntos masivos y complejos de información con el fin de identificar patrones, tendencias y correlaciones para generar conocimiento útil (*insights*). Es precisamente en este punto donde se establece una relación simbiótica entre la IA y el *Big Data*: la IA -en particular el *Machine Learning* o aprendizaje automático- requiere de grandes volúmenes de datos para aprender mediante ejemplos, mientras que el *Big Data* necesita de la IA para interpretar y extraer valor de la información que almacena.

Es así, que la IA nos acerca a esa posibilidad, haciendo más humana y accesible la interacción con estas tecnologías. Un componente importante de esto son los LLM (*Large Language Model*), que se entrenan con grandes cantidades de texto para entender y generar lenguaje humano. Estos modelos, basados en redes neuronales y aprendizaje profundo, son la tecnología fundamental detrás de la IA, permitiendo aplicaciones como *chatbots*, asistentes virtuales y la creación de contenido. Los navegadores utilizados habitualmente para realizar búsquedas en Internet también están incorporando de manera progresiva la IA, lo que está transformando profundamente la forma en que interactuamos con la Web. Las consultas dejan de limitarse a simples coincidencias de palabras clave y comienzan a centrarse en la comprensión del sentido, el contexto y la intención del usuario, ofreciendo resultados más pertinentes y personalizados.




Es más, han surgido recientemente algunos navegadores, como Comet y ChatGPT-Atlas, diseñados específicamente en torno a esta tecnología. Tienen capacidad de interactuar (tienen capacidades de agentes) con las páginas web para buscar información dentro de ellas o ejecutar acciones, como la de redactar correos electrónicos, programar reuniones, llenar formularios y ayudar en la investigación y comparación de productos entre otras. Sin embargo, ya se han detectado vulnerabilidades en este tipo de navegadores que permitirían la ejecución de *prompts* maliciosos capaces de comprometer la seguridad y robar datos de los usuarios.

Los agentes de IA, como el integrado en Comet, son entidades artificiales que tienen la capacidad de percibir su entorno, tomar decisiones y ejecutar acciones concretas para alcanzar ciertos objetivos. Están diseñados para actuar de manera autónoma

o semiautónoma, interactuando con su entorno o con humanos para cumplir tareas específicas. Estos agentes pueden incluir desde programas simples que siguen reglas hasta sistemas complejos que aprenden, planifican y colaboran en entornos dinámicos.

Esto abre la posibilidad de la automatización de procesos, una de las dimensiones más relevantes de la transformación digital. En este sentido, destacan herramientas como n8n y Make, que facilitan la automatización y la integración de sistemas heterogéneos. Ambas plataformas permiten diseñar flujos de trabajo automatizados (*workflows*) que conectan diversas aplicaciones y servicios, disminuyendo la intervención humana en tareas rutinarias y optimizando la gestión, el intercambio y el aprovechamiento de la información.
Por ejemplo, en la Facultad podría implementarse un agente con IA que analice los tickets de soporte que se reciben en la Dirección de Cómputos y determine si corresponden a solicitudes de reserva de aulas. En ese caso, el agente podría conectarse automáticamente a la base de datos, verificar la disponibilidad, registrar la reserva y enviar al solicitante la confirmación con los datos correspondientes.

## Impacto de la Inteligencia Artificial en la Facultad

Entre las actividades sustantivas de la Facultad se destacan la docencia y la investigación científica, ambas susceptibles de beneficiarse significativamente del uso de motores de búsqueda conversacionales avanzados. Estas herramientas no solo permiten mantener un diálogo natural con el usuario, sino que además están diseñadas para interactuar directamente con bases de datos académicas, sintetizar resultados de investigación y citar fuentes de manera rigurosa. Entre las plataformas más relevantes de este tipo se encuentran Consensus, Elicit, Perplexity AI, Scite.ai y Scispace.

En la búsqueda de incorporar esta nueva tecnología al ámbito de las tareas administrativas, se presentó una experiencia particularmente significativa durante la participación como integrantes de la Junta Electoral de la Facultad. En ese contexto, la gestión y consulta de una normativa extensa y dispersa en múltiples documentos representaba un desafío considerable.



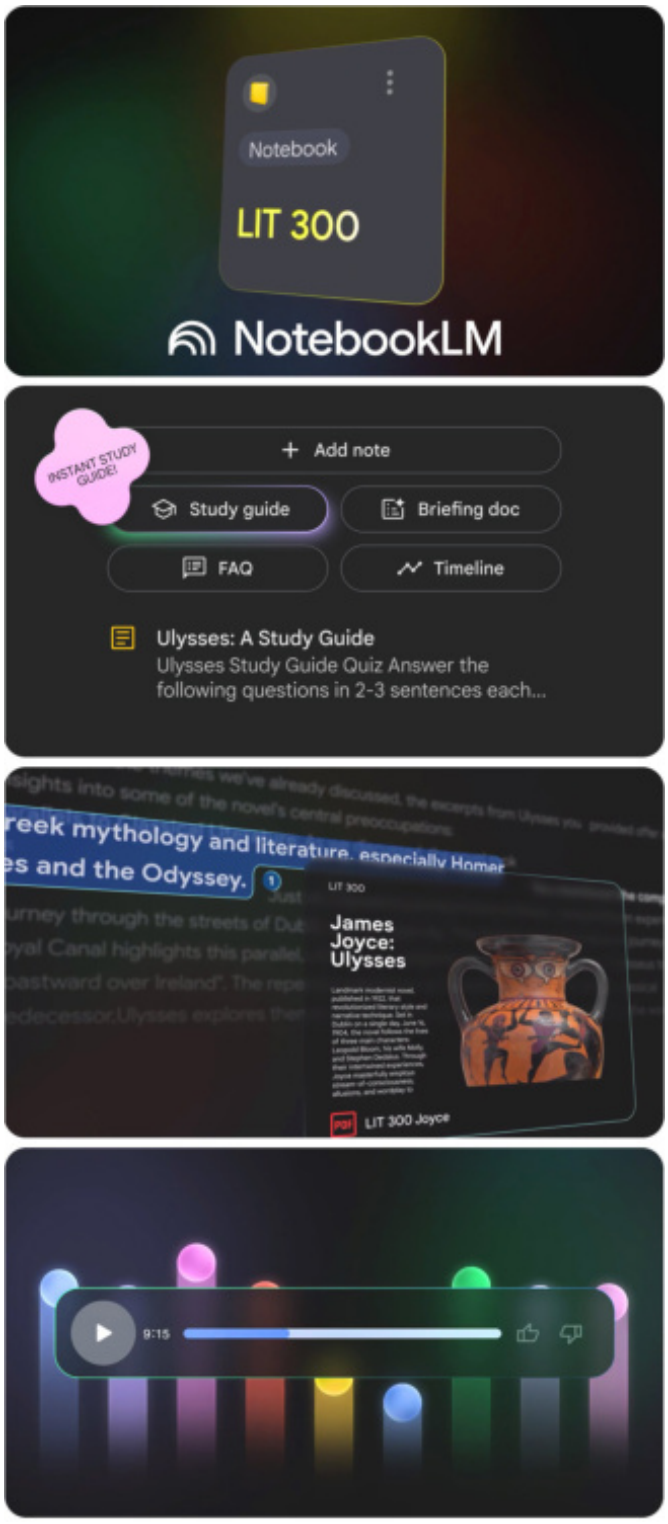
La utilización de NotebookLM, un producto desarrollado por Google y de acceso gratuito, permitió abordar eficazmente esta situación, brindando respuestas precisas y oportunas a las consultas formuladas por candidatos, apoderados de listas y fiscales, entre otros y contribuyendo así a fortalecer la eficiencia operativa del proceso electoral.

Esta pequeña experiencia positiva motivó que, meses más tarde, se organizara un taller sobre el uso de esta herramienta, dirigido al personal no docente de la Facultad quienes al finalizar el taller demostraron la aplicación de la herramienta para resolver retos específicos de sus áreas.

NotebookLM se basa en un enfoque técnico denominado RAG (Retrieval-Augmented Generation), que combina técnicas de recuperación de información con generación de lenguaje natural. Este modelo resulta especialmente preciso porque opera sobre fuentes verificables, proporcionadas directamente por el usuario. Dichas fuentes pueden incluir archivos en formato pdf, documentos de texto, videos, audios o sitios web entre otros.

Las respuestas generadas se sustentan exclusivamente en el contenido de las fuentes proporcionadas, lo que posibilita el acceso a información relevante, confiable y contextualizada.
Al restringir su análisis y generación de texto al material previamente suministrado, la herramienta garantiza una mayor precisión, trazabilidad y rigor en los resultados, reduciendo de manera significativa el riesgo de errores o "alucinaciones" (resultados falsos que parecen verosímiles).

Además, integra funciones avanzadas que facilitan la síntesis y organización del conocimiento, como la generación de resúmenes precisos, guías de estudio, mapas conceptuales y tablas comparativas. Asimismo, ofrece la posibilidad de crear podcasts interactivos que resumen y analizan los contenidos principales en formato de audio, así como generar presentaciones en video. En conjunto, estas capacidades la convierten en una herramienta de gran valor, especialmente para los estudiantes, al potenciar la comprensión y la apropiación de los contenidos.




## Riesgos en la Aplicación de Inteligencia Artificial en la Administración Pública

La incorporación de tecnologías de IA en la administración pública presenta oportunidades significativas para mejorar la eficiencia operativa, optimizar procesos y ampliar la capacidad de análisis. No obstante, su implementación también conlleva riesgos que deben ser identificados, evaluados y gestionados adecuadamente para garantizar el respeto a los




OpenAI

**la empresa OpenAI anunció recientemente la firma de un acuerdo con la empresa argentina Sur Energy para avanzar en la construcción de un mega data center de IA en la Patagonia.**

principios de legalidad, transparencia, equidad y protección de derechos fundamentales.
Sin constituir una lista exhaustiva, pueden señalarse los siguientes riesgos:

- **Sesgos algorítmicos derivados de los datos de entrenamiento de los modelos.**
- **Falta de transparencia asociada a la dificultad de comprender cómo se toman decisiones en procesos automatizados.**
- **Vulneración de la privacidad y uso indebido de datos personales.**
- **Dependencia tecnológica y pérdida de soberanía digital cuando la infraestructura es externa y queda fuera del control de la organización.**
- **Riesgos de ciberseguridad.**
- **Impactos laborales vinculados al posible desplazamiento de trabajadores.**
- **Propiedades emergentes "no deseadas", derivadas de dinámicas internas propias de los sistemas complejos.**
- **"Alucinaciones", entendidas como la producción de resultados falsos o carentes de sentido, pero que, pese a ello, pueden parecer verosímiles.**
- **Incremento de la brecha digital dado que no todos los ciudadanos poseen las competencias necesarias para interactuar con este tipo de tecnologías.**

Dada la potencia y los riesgos asociados a la aplicación de la IA, la Unión Europea ha promulgado la Ley de Inteligencia Artificial (2024), pionera a nivel global. Esta norma regula el uso ético y seguro de la IA, clasificando los sistemas según su nivel de riesgo para ejercer controles más estrictos en aplicaciones críticas como salud e infraestructura. Prohíbe aquellos usos considerados de alto riesgo o inaceptables (ej. reconocimiento emocional en el trabajo) y exige transparencia y evaluación previa por parte de desarrolladores y usuarios profesionales, procurando proteger derechos fundamentales y evitar abusos
Como contraparte, las empresas del sector procuran que la regulación no resulte excesivamente restrictiva para sus modelos de negocio.

## Alcances y repercusiones globales de la Inteligencia Artificial

En un plano más general o global, la IA también genera expectativas de negocios de magnitud multimillonaria, como lo evidencian diversas noticias. Recientemente Nvidia, una de las empresas líderes del sector, alcanzó una capitalización bursátil de 5,12 billones de dólares, marcando un récord histórico en Wall Street, impulsada por la creciente demanda de sus chips destinados a servicios de IA.

Asimismo, un informe reciente de Goldman Sachs -empresa global de servicios financieros y gestión de inversiones- señala que, para 2026, la construcción de centros de datos probablemente superará a la de edificios de oficinas tradicionales. Hace menos de tres años, la inversión destinada a este tipo de infraestructura representaba apenas el 20 % del gasto en oficinas.

Este fenómeno está estrechamente vinculado con las profundas transformaciones que atraviesa el mundo laboral. Un ejemplo ilustrativo es el anuncio realizado por la empresa estadounidense Amazon, que el 28 de octubre informó la eliminación de 14.000 puestos de trabajo como parte de un proceso de "reducción global", asociado a la automatización impulsada por sistemas de IA.

La irrupción de la IA en los procesos creativos (IA generativa) plantea nuevos desafíos en materia de propiedad intelectual y derechos de autor. Las obras generadas total o parcialmente por sistemas de IA, cuestionan los marcos legales tradicionales, que se basan en la autoría humana como condición esencial para el reconocimiento de derechos. Este escenario obliga a los estados y organismos internacionales a repensar las normativas vigentes.

En el plano estratégico, la IA se ha convertido en un factor clave de poder, razón por la cual las principales potencias y bloques mundiales compiten por su liderazgo, conscientes de que quien logre dominar esta tecnología obtendrá una ventaja geopolítica de enorme valor.

En este escenario global, Estados Unidos y China se consolidan como los principales referentes en el desarrollo y aplicación de la IA, seguidos -aunque en menor medida- por Europa, especialmente Francia y Alemania. América Latina, en cambio, aún carece de empresas líderes en este ámbito, lo que refleja una brecha tecnológica que la región debería revertir con urgencia.

En este contexto, la empresa OpenAI anunció recientemente la firma de un acuerdo con la empresa argentina Sur Energy para avanzar en la construcción de un mega data center de IA en la Patagonia, un proyecto que podría representar un paso significativo en el desarrollo de infraestructura digital avanzada en el país.

Sin embargo, todo indica que América Latina continuará, por el momento, siendo principalmente consumidora y no proveedora de esta tecnología, lo que evidencia la necesidad de impulsar políticas e iniciativas que fomenten la innovación, la formación de talento especializado y el desarrollo tecnológico local.

El importante incremento de productividad que se espera con la incorporación plena de la IA, traerá consigo desafíos importantes en la distribución de la renta. La automatización de tareas, la creación de nuevos perfiles profesionales y la posible desaparición de otros impulsarán una reorganización completa de la actividad laboral. En este contexto, la distribución de la riqueza generada por ese aumento de productividad se vuelve un eje crítico de debate, ya que definirá si estos avances tecnológicos contribuirán a una mayor equidad o, por el contrario, ampliarán las brechas existentes.

La forma en que empresas, gobiernos y trabajadores gestionen este proceso será determinante para el futuro de la sociedad.




En síntesis, la IA, con sus luces y sombras se presenta como una de las tecnologías contemporáneas más disruptivas, cuyo impacto alcanza prácticamente todos los ámbitos del quehacer humano. Su potencial para mejorar las condiciones de vida y promover sociedades más equitativas depende, en gran medida, de que su desarrollo e implementación se guíen por criterios éticos y una profunda orientación hacia las personas.

Resulta evidente que muchas de las reflexiones aquí planteadas no son ajenas al lector, dado que, en mayor o menor medida, la sociedad en su conjunto está experimentando de manera directa los efectos de esta transformación tecnológica sobre los modos de producción, las interacciones sociales y los procesos de toma de decisiones. Comprender estos cambios es fundamental para encarar con responsabilidad y visión de futuro los desafíos y oportunidades que la inteligencia artificial plantea.

# LA.TE. ANDES S.A.

## Una empresa de tecnología con sello argentino

***"El conocimiento, la innovación y el desarrollo reducen el riesgo geológico y mantienen viva la matriz productiva".*** **Con esta premisa, Roberto Hernández -ganador del Premio Robert R. Berg a la Investigación Destacada 2025- resume la filosofía de trabajo que ha guiado más de cuatro décadas de trayectoria en geociencias. Presidente de la empresa de base tecnológica salteña LA.TE. ANDES S.A. perteneciente a la PyME salteña GEOMAP S.A., especializada en generación de conocimiento en torno a la exploración geológica, Roberto Hernández ha liderado desarrollos que hoy impactan en la exploración petrolera y minera de Sudamérica.**

**En este artículo recorre la historia de sus aportes, las ideas que transformaron modelos geológicos en los Andes Centrales y el crecimiento de una empresa argentina que integra ciencia, tecnología e industria.**




Premio "Robert Berg 2025" a la innovación y desarrollo en geociencias aplicada a la exploración de hidrocarburos, entregado a Roberto Hernández en Houston por la Asociación Americana de Geólogos Petroleros (AAPG) en reconocimiento a lo realizado por GEOMAP S.A. y LA.TE ANDES en Sudamérica.

## Orígenes de una mirada geológica diferente

Desde sus primeros estudios en la Universidad Nacional de La Plata, Hernández detectó una limitación clave: la escasa disponibilidad de tiempo absoluto -la edad de una roca o el momento en que ocurrió un evento-, dato imprescindible para determinar si procesos geológicos coexistieron espacial y temporalmente.

Con una visión dinámica de la geología, Hernández se interesó por las velocidades y cambios de los procesos geológicos. «*Siempre me apasionó el tiempo y los cambios en la velocidad de los procesos*», afirma. Esta inquietud lo llevó a focalizar su investigación en el "cuándo" y el "dónde" se producen anomalías tectónicas y sedimentarias, más que en la sola descripción estática de los procesos.

Su trabajo inicial abordó el llenado de cuencas sedimentarias en la Cordillera Oriental de los Andes Centrales (Tres Cruces, provincia de Jujuy), un área con registros desde el Ordovícico hasta la actualidad. Allí comprendió que identificar y caracterizar el momento de los cambios en un sistema geológico y su ubicación espacial es más importante, para entender un sistema petrolero, que describir únicamente el proceso conservado en el registro rocoso.

Este concepto fue desarrollado, implementado y promovido junto con Andrés Boll, también geólogo, especialista en tectónica y sedimentología, reconocido por sus aportes al análisis estructural de cuencas y a la interpretación de sistemas petrolíferos en los Andes Centrales.

## Aportes a la geología estructural y a la estratigrafía secuencial

Bajo esta dinámica de "cuándo y dónde se producen esas anomalías", ha dejado su huella en la industria al estudiar la deformación de Los Andes Centrales, contribuyendo al avance de los conceptos de geología estructural en cinturones de pliegues y cabalgamientos, desarrollando el software de modelización estructural para Los Andes Centrales, Andino 3D®. Este software incorpora datos termocronológicos que permiten reconstruir la evolución geológica de una región a partir de su historia térmica. La iniciativa promueve la aplicación de la ciencia al sector del petróleo y el gas, y cuenta con la participación de dos profesionales de reconocimiento internacional: los doctores Ernesto Cristallini y Richard Ketcham.

LA.TE. ANDES
Grupo Empresario
GEOMAP
CONICET

Uno de los aspectos más destacados de sus más de 40 años de trayectoria en la industria son sus aportes en cuanto a la estratigrafía secuencial de alta resolución en el Cretácico Superior y el Cenozoico Inferior en el noroeste de Argentina.

***«Sin duda, lo anterior fue un punto de partida fundamental en el que comprendí la necesidad de innovar basándome en la investigación aplicada a los tiempos de registro y no registro en el sistema petrolero».***

Nuestro entrevistado nunca pensó que el trabajo llevado a cabo con Y.P.F. —la empresa energética nacional— entre 1982 y 1990 se convertiría, en 2010, en una importante contribución a la nomenclatura de la estratigrafía secuencial de alta frecuencia. Pero así fue.

Resultó tener una enorme utilidad y aplicación en el análisis espacial de yacimientos, sellos y rocas madre para el desarrollo de campos productivos convencionales en la costa de Brasil con Petrobras, en el tan mencionado intervalo Pré-Sal.

Su desarrollo metodológico a lo largo de los años se transformó en un proyecto educativo, implementado junto con Guilherme Raja Gabaglia, que ya ha formado a más de 500 profesionales del sector upstream, y ha dado lugar a una importante actualización conceptual. Hasta el día de hoy, se siguen produciendo tesis doctorales, másteres, nuevas aplicaciones tecnológicas y, sobre todo, la incorporación de reservas de hidrocarburos y mayor eficiencia en su recuperación/extracción utilizando estos métodos.

## La búsqueda de datos absolutos: superar limitaciones tecnológicas

Sin embargo, la realidad tecnológica de la época en Sudamérica dificultaba la obtención de datos sobre el momento en que se produjeron las deformaciones y la evolución de la temperatura a lo largo del tiempo. Según él, esto era porque *«las interpretaciones siempre tenían la debilidad de depender de algún modo de los modelos»*. De esa manera, se centró en comprender la escala de determinación temporal de las superficies de reflexión sísmica, primero en 2D y luego en 3D, en cuyo proceso, encontró herramientas tecnológicas cuyos datos corroboraran o descartaran el modelo propuesto.

*«Entendí que la datación absoluta, es decir, determinar analíticamente la edad de una roca con la mayor precisión posible utilizando la tecnología disponible, era una posible solución»*.

Y fue en 2010 y años posteriores que surgió un escenario significativo que cambiaría el enfoque y la forma de pensar sobre el sistema geológico.

*«Trabajando en el Sistema Subandino de Bolivia entendimos que ya no era posible seguir como sin pensar en la geología en términos cuantitativos. Era imposible considerar las variables y las incertidumbres de los sistemas petrolíferos sin edades, sin datos sobre la evolución de la temperatura a la que se sometió la roca madre a lo largo del tiempo y sin conocer los momentos y la velocidad a los que se deformaron las trampas»*. Se trató de un descubrimiento colectivo en el que Juan Hernández y Alejandra Dalenz Farjat desempeñaron un papel indispensable.

*«La comprensión de estas variables basada en datos de tiempo absoluto condujo a la innovación de nuevos sistemas petrolíferos relacionados con este conocimiento»*.

Ha colaborado con la innovación del sistema petrolífero en la región subandina septentrional de Bolivia en el reciente descubrimiento del pozo Mayaya Centro x1. Este trabajo contribuyó a identificar un tiempo de migración más antiguo de lo que se pensaba en esa parte de Los Andes Centrales.

Sobre ese trabajo, afirma: *«El otro logro único y quizás más importante fue reunir a un grupo de geocientíficos de la industria del petróleo y el gas, científicos y técnicos que persiguieron con la misma pasión y determinación la integración de los procesos geológicos en el sistema petrolero para ajustar las tasas de cambio que se estaban produciendo y así predecir los diseños de exploración y producción en yacimientos primarios y secundarios relacionados con la formación de más trampas, habiendo ampliado el tiempo de generación»*.

## La creación de LA.TE. ANDES S.A.: Articulación público-privada

Para consolidar capacidades analíticas y tecnológicas se creó el Centro de Geotermocronología de Argentina: LA.TE. ANDES S.A., resultado de una iniciativa surgida desde GEOMAP S.A. y en alianza con



el CONICET. La integración con la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la colaboración académica, en particular con la Universidad de Heidelberg (Dr. Ulrich Glasmacher), permitieron avanzar en proyectos que hasta entonces eran difíciles de concretar.

*«Surgió como una necesidad estratégica planteada por GEOMAP S.A. y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET), principal organismo del país dedicado a promover la investigación y el desarrollo científico y tecnológico en la región, coordinando y agilizando la exploración petrolera, que normalmente llevaba hasta cinco años».*

*«Sin alianzas estratégicas, no habría sido posible en Argentina y Bolivia encontrar una solución que redujera el riesgo de la exploración en trampas convencionales y en el cinturón plegado de Los Andes Centrales, así como el ajuste de la generación en trampas convencionales».*

Sobre esa noción del «círculo virtuoso», afirma: *«Es una forma de proteger o blindar económicamente las nuevas ideas frente a las metodologías anteriores».*

Concretamente, para fortalecer las relaciones entre el Estado, la industria privada y los científicos y la industria de las geociencias se debe comprender *«que las pequeñas empresas innovadoras son la clave de su propio crecimiento y de los productos relacionados con el conocimiento y la calidad».*

Para que este vínculo tenga éxito, el apoyo debe dirigirse a los proveedores privados a través de acuerdos y contratos que tengan como objetivo resolver los problemas tecnológicos de las empresas con soluciones a corto plazo basadas en la ciencia aplicada de proyectos de I+D abiertos.

*«Es la pequeña empresa privada la que debe garantizar que la ciencia se oriente hacia el problema planteado por la corporación u operador de áreas de hidrocarburos».*

En su carrera, el profesional reconoce sin reparos la influencia de profesionales a lo largo del camino de la Universidad Nacional de La Plata, como el geólogo Miguel Uliana, que cambió para siempre la trayectoria de su carrera cuando le dijo: *«Los procesos geológicos deben entenderse en términos de velocidades y cambios».*

Y ese es el sentimiento que quiere transmitir a la próxima generación de geólogos e investigadores. *«Les diría que tienen que aprender a no aceptar paradigmas».* Y afirma que es esencial comprender que el principal enemigo del desarrollo es nuestro prejuicio contra el cambio.

Habrá cambios; habrá similitudes. Habrá tecnología nueva y avanzada, lo que reducirá el riesgo de la exploración y su impacto en el medio ambiente. Sin embargo, asegura que *«dentro de 10, 20 y 30 años, seguiremos utilizando energía procedente de hidrocarburos».*



## Con financiamiento estatal del FONTAR

En 2014 el equipo de Roberto Hernández realizó una presentación en la Secretaría de Ciencia y Técnica para el programa FONTAR. Compitieron con todo el país y recibieron una ayuda 2 millones de dólares con condiciones: el 20% debía ponerlo la parte privada y, además, tenían que estar asociados a una institución pública del estado. Por eso se asociaron con CONICET, que tiene el 49%. En términos totales hay una importante inversión. Como proyecto único, es la inversión más importante en tecnología y ciencia de Salta. Así nace la empresa mixta privado-pública LA.TE. ANDES S.A., donde CONICET es un socio estratégico. Sus investigadores mandan muestras y sus datos se comparten con investigadores del país: 18 institutos de doble dependencia que tiene el país en geociencia y universidades con una altísima capacidad tecnológica.

Desde 2014, hace foco en la elaboración y ejecución de proyectos estratégicos vinculados a resolver problemáticas sensibles de georecursos como hidrocarburos, yacimientos minerales, geotermia, entre otros. Opera de manera sólida en el ámbito científico y productivo internacional como una entidad de generación de datos y soluciones interpretativas de alta calidad; y como desarrolladora de productos tecnológicos de alto nivel. Todo esto ha derivado en múltiples presentaciones científicas y publicaciones en revistas indexadas.

**Las pequeñas empresas innovadoras son la clave de su propio crecimiento y de los productos relacionados con el conocimiento y la calidad.**

La empresa público privada se dedica a determinar la edad absoluta de las rocas y procesos geológicos por ejemplo 30 millones de años, dato fundamental para avanzar y disminuir riesgos en la exploración petrolera y minera.

A partir de un modelo geológico de un proceso que existe o existió en el momento, se busca regionalmente y se va acotando con cada vez más datos. Conocer la relación de tiempo entre el momento en que se genera el petróleo, a partir de la materia orgánica, y el momento en el que se forma el lugar en el que se acumula, es indispensable para disminuir riesgos. En los cálculos de inversión significa poner el 20 o el 25% de riesgo, diferencia de 5% que, en un pozo de millones de dólares, resulta una limitante de proyectos de inversión.

Sus especialidades están certificadas bajo normas ISO 9001:2015 (Sistema de Gestión de Calidad) e ISO 45001:2018 (Seguridad y Salud en el Trabajo), otorgadas por el organismo de certificación e inspección de origen alemán TÜVRheinland®.

*"LA.TE. ANDES es un centro tecnológico posicionado en el mercado local e internacional que representa la simbiosis asociativa entre el sector productivo con el conocimiento público y privado, brindando soluciones al sector científico con posibilidades de retorno de recursos para hacer más investigación y disminuyendo el riesgo de inversión en amplios sectores productores de energía"*, señala Hernández para finalizar.

Hacer Innovación y desarrollo es imprescindible para LA.TE. ANDES S.A.; por la falta de divisas hay que seguir impulsando la economía del conocimiento, que es el exportador del país, una identidad de desarrollo en el modelo de negocio.

## Andino 3D, un Software de Modelado Geológico Estructural

"Andino 3D" es una tecnología de alta generación producto de LA.TE. ANDES, que permite realizar modelados geológicos para analizar y caracterizar cómo se deforman las rocas en un área o proyecto de interés, posibilitando integrar toda la información de superficie y subsuelo disponible de manera sencilla en un ambiente tridimensional.

El software fue desarrollado inicialmente por GEOMAP SA (2008/2016), con la colaboración de YPF y el CONICET, y para su ejecución contó con el apoyo del Fondo Fiduciario de Promoción de la Industria

del Software (FONSOFT), perteneciente a la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (Agencia I+D+i). A partir del 2016 hasta hoy el software se desarrolló en LA.TE. ANDES.

A raíz de la demanda de otros países y la creciente utilización del Andino 3D en entidades científico-académicas, se generaron convenios estratégicos asociativos, como el acuerdo en 2021 con la Texas A&M University de Estados Unidos, para institucionalizar el uso del software para actividades académicas y de investigación.

"Este acuerdo en particular representa un hito histórico de reconocimiento de Andino 3D en el ámbito internacional por una de las instituciones académicas más importantes del mundo", enfatizó el presidente de LA.TE. ANDES.

## Servicios de LA.TE. ANDES S.A.

Cuando decidieron hacer esta sociedad anónima, empezaron a expandirse como modelo de negocios. Así es que LA.TE. ANDES no solo brindan consultoría teórica, también venden un producto, que es la edad de la roca, la edad del proceso geológico.

Los primeros clientes fueron YPF, YTE-C, la empresa petrolera de Bolivia, Enap (de Chile), Ecopetrol de Colombia, Petrobras de Brasil, y fueron expandiendo esa cartera, integrando todos esos datos a la industria.

A medida que se iba desarrollando el proyecto, se fueron incorporando unidades de negocios, hasta que fue necesario unificar la que impulsó el FONTAR con el sistema de aplicación de los datos. Así, surge el diseño del software que utiliza todos los datos, tiene 200 licencias científico-académicas en 3 continentes y 25 países, más de 7 convenios con universidades centrales de Estados Unidos, España, Colombia, Brasil, el país vasco, 70 de las cuales son empleadas en instituciones de la República Argentina. Andino 3D experimenta un continuo crecimiento en demanda tanto pública como privada, y se transformó en una línea de I+D+i en expansión hacia el diseño y aplicación de nuevas herramientas y funcionalidades para el usuario tanto del ámbito productivo como académico.

Esta expansión es porque LA.TE. ANDES es una industria 4.0, según lo determinó el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Eso significa que maneja megadatos mediante los equipos que se transforman en una App mediante el software y le entrega al cliente un producto de análisis de esos megadatos.

Otra de las unidades de negocio es la que surgió de la asociación con la Comisión Nacional de Energía Atómica, realizando un prototipo de un equipo que fue premiado en el 2018 por la Asociación de Física Argentina. Está en proceso de prototipo terminado, en patente en Europa y generará una nueva línea de fabricación y servicios.

Actualmente las unidades productivas de LA.TE. ANDES son Cron.Ar, Cronología Argentina, dedicada a la realización de análisis termocronológicos y geocronológicos; trazas de fisión, (U-Th-Sm/He y U-Pb), Cri.Ar., Magnetómetro Criogénico Argentino, vinculado al desarrollo de análisis paleomagnéticos de alta resolución; la unidad de E-learning, una plataforma de educación virtual a distancia; y la reciente de Andino 3D.

**LA.TE. ANDES es un centro tecnológico posicionado en el mercado local e internacional que representa la simbiosis asociativa entre el sector productivo con el conocimiento público y privado.**



DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

# Donde el agua conecta todo: de la vida microscópica a la sostenibilidad global

Dra. Dolores Gutiérrez Cacciabue



**La ciencia está presente en todo lo que nos rodea, aunque a veces pase desapercibida. Es la herramienta que nos permite comprender los procesos más simples y los más complejos, desde la vida que habita una gota de agua hasta los sistemas que sostienen nuestras sociedades. Más que una acumulación de conocimientos, la ciencia es una forma de mirar, de preguntarse cosas y de buscar sentido al mundo. En ese mirar curioso y persistente nace también la vocación de quienes dedicamos nuestra vida a descubrir, comprender y cuidar lo que nos conecta con el entorno.**

**Mi nombre es Dolores Gutiérrez Cacciabue, soy Doctora en Ingeniería e Ingeniera Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta (UNSa). Actualmente soy Investigadora Adjunta de CONICET y docente de la carrera de Ingeniería Industrial en dos asignaturas: Fundamentos de las Operaciones Industriales e Industrias. Desde hace más de una década vengo realizando la formación de recursos humanos de estudiantes de grado (directora/codirectora de: 14 becas de investigación y de 19 proyectos finales/tesinas/tutorías), posgrado (codirectora de 2, y directora de 1 tesis doctorales, directora de una tesis de maestría) y posdoctorales (directora de 1 beca posdoctoral de CONICET). Participé y participo actualmente ya sea como integrante o como directora de numerosos proyectos nacionales e internacionales financiados, en temáticas de ambiente, biotecnología, indicadores ambientales entre otros.**

Desde septiembre de 2024, desarrollo mis actividades de investigación en el Instituto de Ingeniería Civil y Medio Ambiente Salta (ICMASa) perteneciente a la Facultad de Ingeniería. Mi línea de investigación se enmarca en temas de ingeniería ambiental y procesos industriales, haciendo particular énfasis en la gestión y uso sustentable del agua. Entre los temas de mi interés se destacan el uso del agua, energía y otros recursos y su optimización en procesos industriales, economía circular, metodología multicriterio de toma de decisiones, indicadores ambientales, huella hídrica, sustentabilidad, simbiosis industrial, economía ambiental.

**Lo que el agua me enseñó: mis inicios en la investigación científica.**

Mi primer contacto con la investigación tuvo lugar en 2006 cuando estaba cursando el último año de Ingeniería Química. La Ing. Michel (alias "la Goldy"), docente de la carrera, nos alentó a postularnos en una convocatoria para realizar investigación durante dos meses en la Escuela de Ing. Química, Biológica y de Materiales de la Universidad de Oklahoma (Estados Unidos). Durante mi estadía, colaboré con el Dr. Bagajewicz y el Dr. Harrison en el *"Modelado de análisis discriminante estadístico para predecir la solubilidad de proteínas recombinantes en Escherichia coli"*. Esta experiencia tuvo un gran impacto en mí porque pude ver cómo funcionaba el mundo de la investigación en un país del primer mundo, despertando mi interés para seguir por este camino. Es así que, en el año 2007 me postulé y obtuve una beca de CONICET para hacer el doctorado en Ingeniería bajo la dirección de la Dra. Rajal, en el Laboratorio de Aguas y Suelos (LAgS) dependiente del Instituto de Investigaciones para la Industria Química (INIQUI-CONICET). El tema de mi tesis doctoral (2008-2013) se enmarcó en el área de la microbiología ambiental, particularmente en el estudio del comportamiento de los microorganismos patógenos en ambientes acuáticos recreativos de la provincia de Salta, con el propósito de tomar decisiones para una mejor gestión del recurso acuático. Una de las preguntas científicas que nos planteamos en ese momento fue: ¿cómo persisten los microorganismos en el agua y cuáles son los factores que afectan su supervivencia? La tesis incluyó desde análisis microbiológicos y fisicoquímicos de agua en el laboratorio, la aplicación

## Mis inicios en investigación: 2008 - 2020

Mircobiología ambiental. Microorganismos en agua y sedimentos de ambientes acuáticos. (Laboratorio de Aguas y Suelos, LAgS-INIQUI)





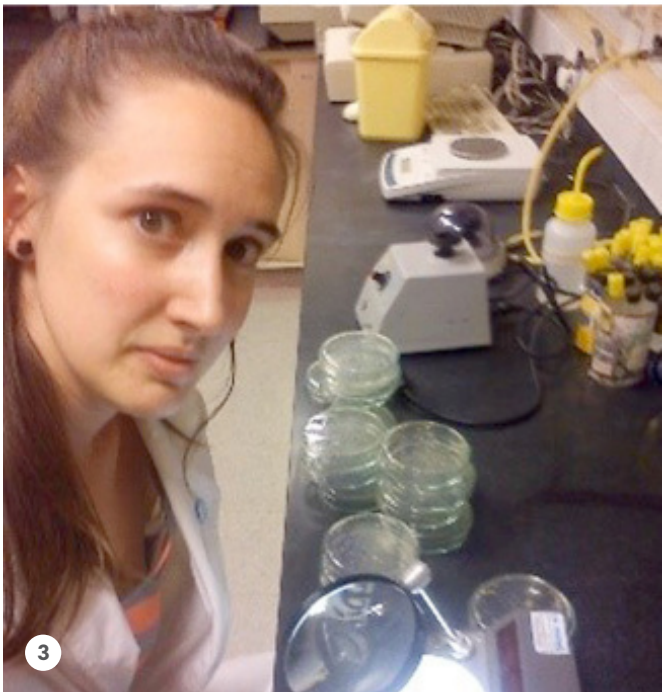


**Figura 1.** Con la Ing. Erika Calderón, mi primera ayudante en el laboratorio. Muestreo Dique Campo Alegre. (2009)

**Figura 2.** Con la Dra. Minji Kim, pasantía en California. Muestreo de aguas y sedimentos de ambientes salinos. (2010)

**Figura 3.** Recuento bacteriano en el laboratorio, en un día cualquiera de diciembre. (2012)

de métodos estadísticos y modelos matemáticos de simulación, hasta indicadores de calidad de agua y metodologías multicriterio para la toma de decisiones (Gutiérrez-Cacciabue, 2013). Durante este tiempo adquirí experiencia en el muestreo de aguas, uso de técnicas microbiológicas tradicionales y moleculares para la detección de microorganismos (bacterias, virus, parásitos), y en la aplicación de diferentes herramientas para el análisis de los datos. Las conclusiones más relevantes a las que arribamos fueron por un lado que la contaminación microbiológica de los ambientes acuáticos de Salta bajo estudio, podía variar dependiendo de la estacionalidad, de sus usos por parte de la población (recreativos, consumo, riego) como así también de los impactos a los que están sometidos dichos cuerpos acuáticos (volcamiento de efluentes industriales y receptores de aguas residuales, basura, entre otros). (Gutiérrez-Cacciabue et al., 2014). A su vez se observó que la exposición a la luz solar era uno de los factores que podía inactivar a las bacterias en agua bajo ciertas circunstancias estudiadas (Gutiérrez-Cacciabue et al., 2016); mientras que la presencia de partículas sólidas (aguas turbias) aumentaba la persistencia de estos microorganismos en el cuerpo acuático analizado (Gutiérrez-Cacciabue y Rajal, 2022).

Además de llevar adelante las actividades estipuladas en mi plan de tesis, colaboraba con otros proyectos de investigación que se realizaban en el laboratorio como por ejemplo en la implementación de tecnologías no convencionales para la obtención de agua segura para consumo humano, muestreo y análisis de agua de otros ambientes acuáticos, recuperación de virus por ultrafiltración, por mencionar algunos. También comencé a incursionar en la formación de recursos humanos (de grado y luego de posgrado), a dictar cursos en temáticas relacionadas, y a colaborar con el análisis de la calidad agua de diferentes entidades salteñas. En 2010 tuve la oportunidad de realizar una estancia de tres meses en la Universidad de Davis, California, en el laboratorio del Prof. Stefan Wuertz, para estudiar el comportamiento de microorganismos en aguas y sedimentos de ambientes salinos (Kim et al., 2014). Esta experiencia fue un desafío para mí ya que no solo adquirí nuevos conocimientos relacionados con la temática de agua, sino que crecí como persona ya que tuve que adaptarme a un ambiente social y laboral muy diferente al que conocía.

Algo maravilloso e inquietante que tiene la ciencia es que siempre, pero ¡siempre! aparecen nuevos interrogantes. Es así que una vez que me doctoré, una de las preguntas que quedó dando vueltas fue cómo se comportaban los microorganismos no solo en el agua sino también en los sedimentos de estos ambientes acuáticos (Chávez-Díaz et al., 2019). Eso dio lugar a la tesis de la Dra. Chávez Díaz (Interacción microorganismos-sedimentos en ambientes acuáticos), en donde me desempeñé como codirectora (2015-2020).

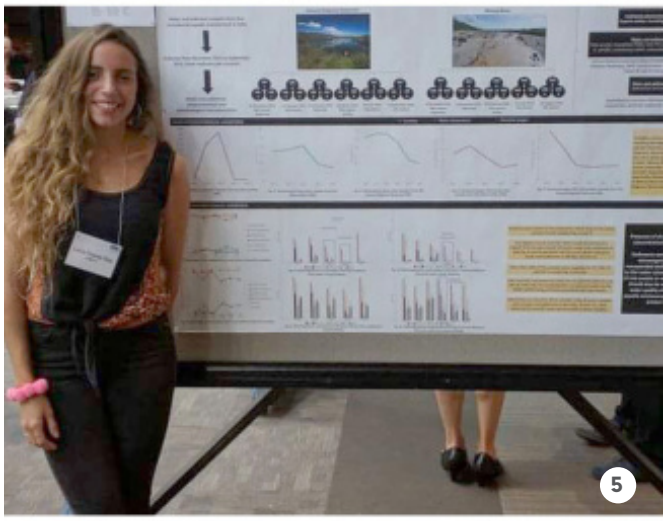
Todo este trabajo que menciono involucró la participación de muchas personas desde estudiantes de grado, hasta alumnos de doctorado, técnicos e investigadores de Salta y de otros lugares que tuve el placer de conocer, y que pertenecían a diferentes áreas multidisciplinares (genética, biotecnología, biología, ingenierías varias, economía, recursos naturales y ambiente, química, física). Esto se evidencia en 15 de un total de 24 publicaciones científicas en revistas nacionales e internacionales de alto impacto, en donde soy autora con diferentes roles protagónicos; y en la presentación de más de 60 trabajos en eventos científico-tecnológicos nacionales e internacionales. Fruto de todo esto, es que en 2017 fui galardonada con el premio *Willie Grabow Young Investigator Award*, otorgado por la Asociación Internacional del Agua (IWA, *International Water Association*), durante la WaterMicro 2017. Este premio tiene como fin de alentar a jóvenes investigadores que realizan investigación destacada en el campo de la microbiología del agua relacionada con la salud.

Tras obtener mi título de Doctora, inicié mi beca posdoctoral en CONICET (2013-2015). En 2016 ingresé a la Carrera del Investigador Científico (CIC) del mismo organismo como Investigadora Asistente, cargo que desempeñé hasta 2022. Mi ingreso a la carrera fue uno de los hitos más emblemáticos y gratificantes de mi trayectoria científica, ya que representó un reconocimiento al esfuerzo y al trabajo desarrollados durante todos esos años.

**Más allá del análisis del agua**

A partir de aquí ocurre un punto de inflexión en mi vida científica-académica. Es que al finalizar mi doctorado y durante mi beca posdoctoral, comienzo a interesarme en otros aspectos relacionados con el agua y su gestión. Para ello, ya había comenzado a incursionar en el cálculo de un Indicador de Calidad de Agua (ICA) que condensaba diferentes variables en un solo valor, permitiendo visualizar la calidad global del recurso hídrico de una manera más simple.



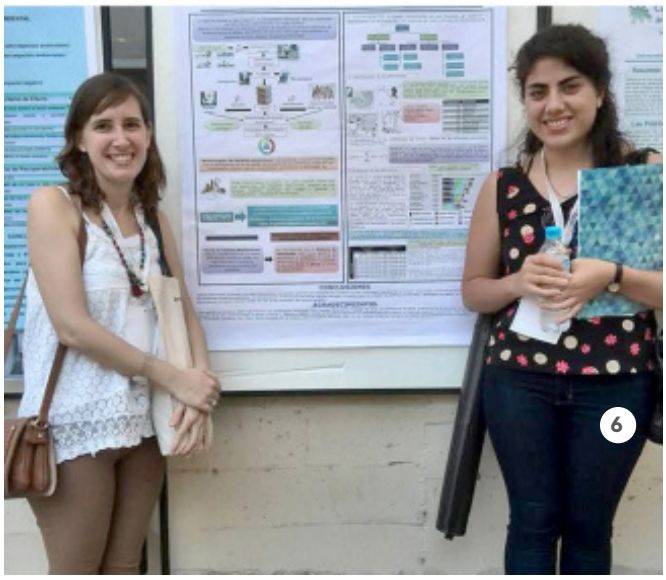
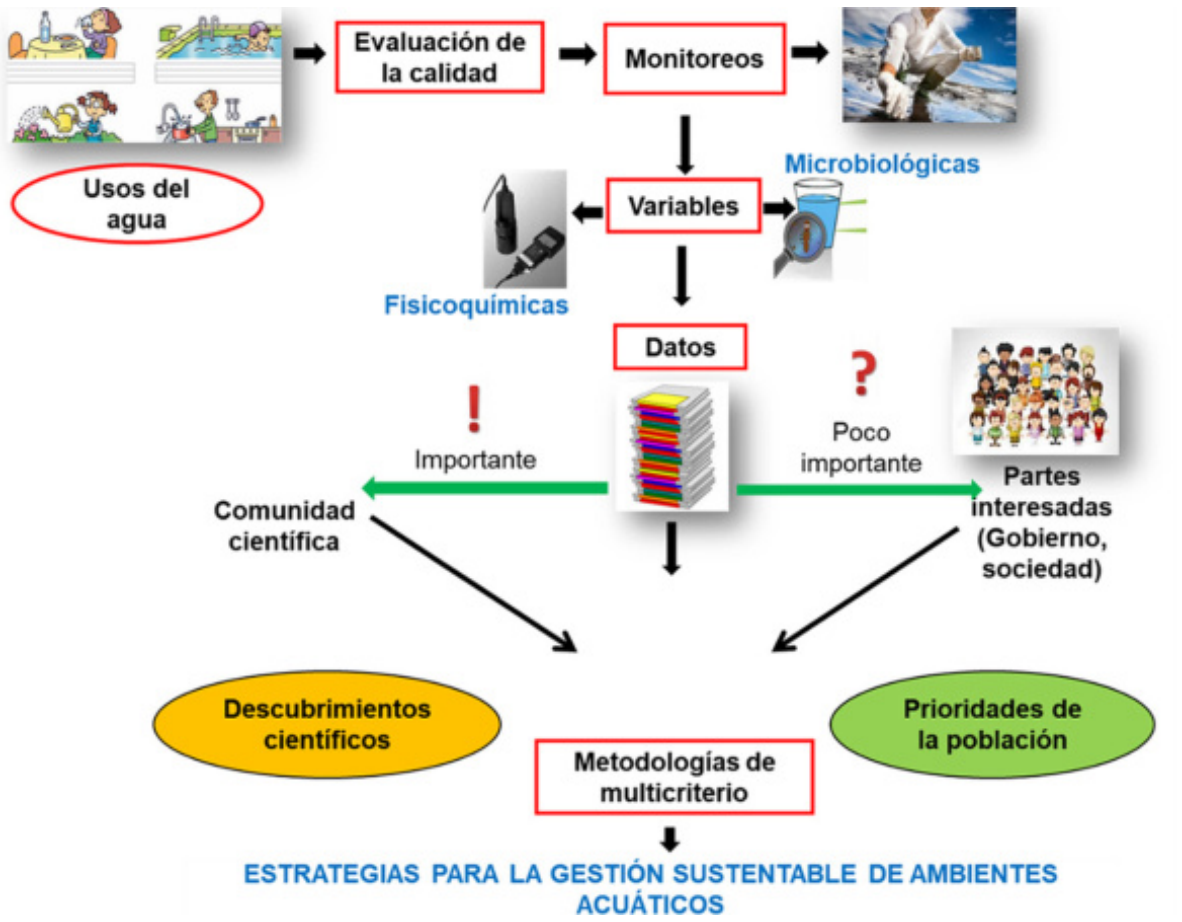




**Figura 4.** Ing. Ind. Mariana Santi (Becaria BIEA). Su trabajo (remoción de microorganismos en aguas turbias) fue premiado JCyNOA 2015. Mi rol: codirectora de la beca.

**Figura 5.** Dra. Lucía Chavez Díaz. Su trabajo (Interacción microorganismos-sedimentos) recibió una mención especial en el WaterMicro 2017. Mi rol: codirectora de la tesis.

**Figura 6.** Ing. Ind. Macarena Abdenur-Araos (Becaria EVC) presentando su trabajo (herramientas multicriterio) en el COINI 2015. Mi rol: codirectora de la beca.

A su vez otra pregunta que emergió en ese momento fue si para tomar decisiones respecto a un uso más responsable de los ambientes acuáticos que se habían estudiado, solamente bastaba con conocer su calidad mediante análisis cuantitativos, o si existían otros factores de tipo cualitativo que también podían influir en la disminución de su calidad y por consiguiente en la posterior toma de decisiones. Ahí surge la idea de aplicar alguna metodología multicriterio, la cual posibilita tomar decisiones considerando para el análisis múltiples criterios evaluados sobre diferentes alternativas. De esta manera se puede saber cómo es el verdadero impacto de diferentes factores sobre cada uno de los ambientes acuáticos.




*Esquema que muestra cómo los datos obtenidos de muestreo de agua pueden usarse como factores de interés en modelos para toma de decisiones.*

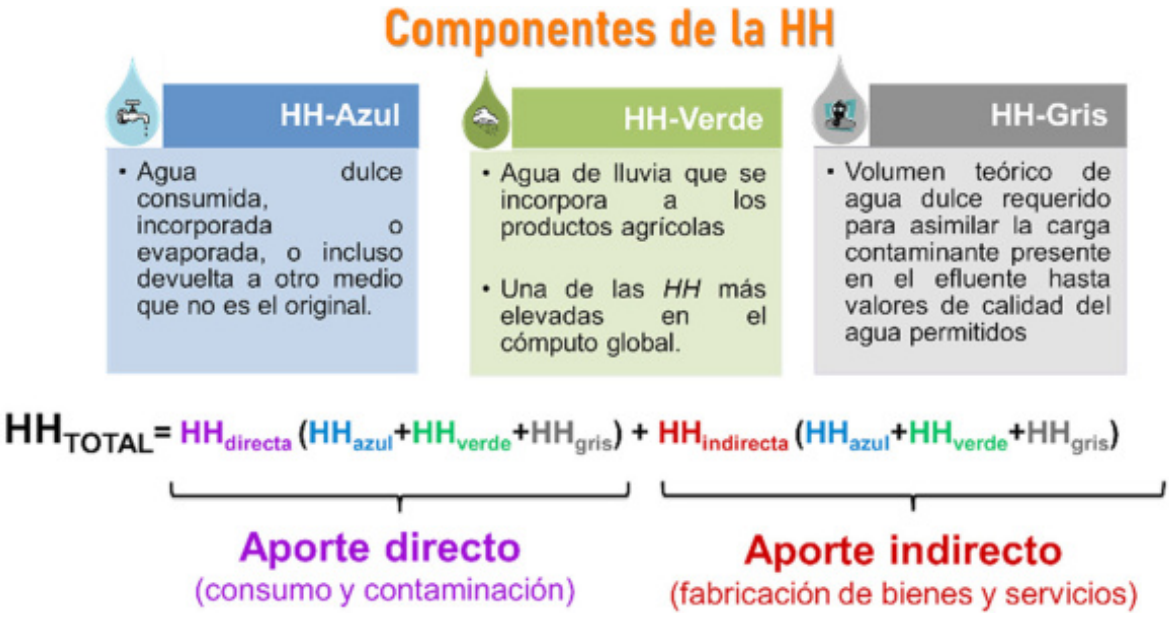
**Del indicador a la acción: la huella hídrica como herramienta de sostenibilidad industrial**

Otro interrogante que surgió en este camino y que le dio un giro definitivo a mi investigación, se relacionó con el uso del recurso hídrico por parte de las industrias. Como bien se sabe el agua es un recurso preciado e indispensable tanto para la vida humana como para la obtención de productos útiles, por lo que el uso sostenible es necesario para el desarrollo social y económico global. Sin embargo, los recursos hídricos naturales superaron su capacidad de renovación y asimilación a nivel mundial, debido a las actividades humanas (Ramin et al.,2024). La industrialización tiene un rol protagónico en la crisis mundial del agua, contribuyendo tanto a su agotamiento como a su contaminación. La industria representa el 20% del consumo total de agua dulce a nivel mundial: 75% para la producción de energía y 25% para manufactura (Misstear et al., 2022). Se prevé que la presión sobre el suministro de agua dulce debido a la rápida industrialización aumente, especialmente en países en desarrollo que buscan el crecimiento económico al tiempo que se enfrentan a sistemas hídricos fragmentados e ineficientes (Ramin et al.,2024).

Teniendo en cuenta esto, una de las principales preguntas científicas que surgió fue ¿las industrias son realmente conscientes del agua que utilizan en sus procesos? ¿Tienen alguna manera de medir dicho consumo y contaminación? Y si lo miden ¿toman decisiones para un uso responsable? Porque como dice

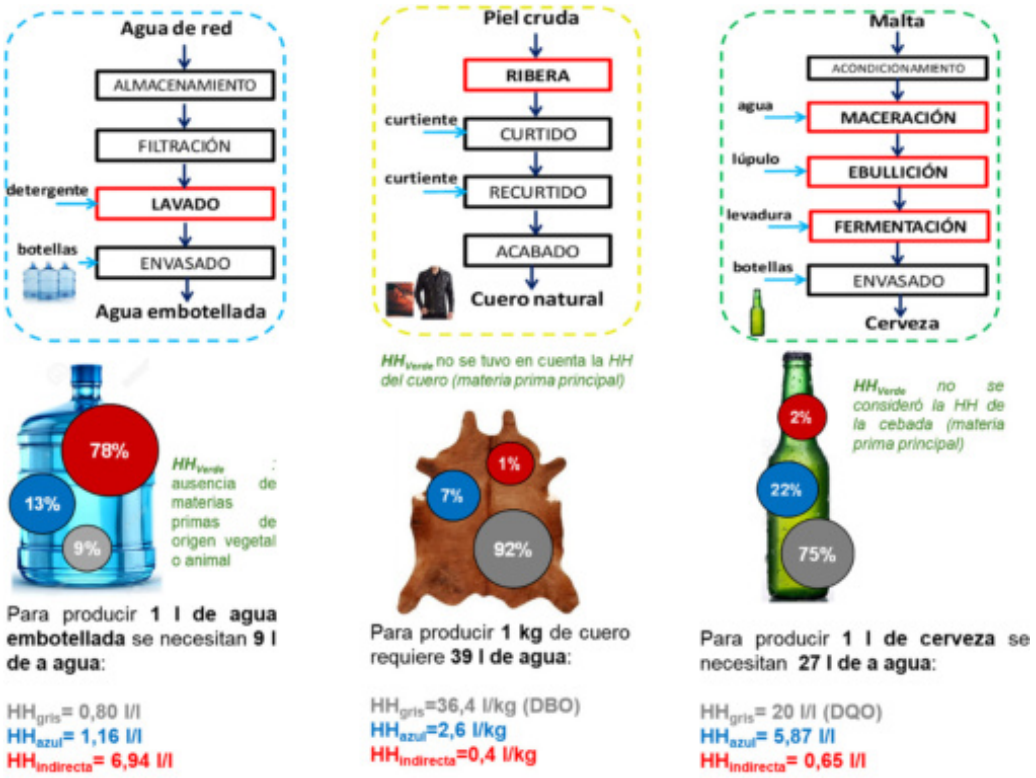
la frase, *"lo que no se mide no se puede mejorar"*.
A comienzos de los años 2000, surge el concepto de huella hídrica (*HH*) cuando Arjen Hoekstra propuso una forma más completa de medir el uso del agua. Hasta ese momento, las industrias solían fijarse solo en el agua directa, o sea aquella que entra en una fábrica para limpiar, enfriar o formar parte de un producto. Pero Hoekstra mostró que eso era solo una parte del cuadro. Detrás de cada proceso industrial hay también agua "oculta" o "agua virtual" que es la que se usa para producir las materias primas, generar la energía, o incluso transportar los productos. La *HH* en la industria busca calcular toda el agua necesaria, directa e indirecta, para fabricar un producto o mantener una actividad empresarial. Mediante este enfoque las industrias pueden: detectar dónde se gasta más agua; reducir su impacto ambiental, haciendo procesos más eficientes, y tomar mejores decisiones considerando no solo costos económicos, sino también sostenibilidad y responsabilidad ambiental. En cuanto al concepto de "agua virtual", fue introducido por John Allan a principios de los 90, cuando estudiaba la importación de agua como solución a los problemas de escasez. Allan se preguntó ¿por qué los países de Medio Oriente con sus reducidas reservas de agua no estaban en guerra abierta por ese recurso? La razón: importaban alimentos producidos con el agua de otros países. El análisis de las importaciones y exportaciones de esta agua virtual supone un punto de vista novedoso para hacer frente a las situaciones de déficit hídrico, ya que tiene en cuenta el consumo real de agua. De esta forma, los gobiernos cuentan con una herramienta mucho mejor para planificar su economía en relación con la escasez de agua, favoreciendo la exportación de productos "caros en agua" (*water-expensive products*) en los países con excedentes importantes, y animando a su importación en los países que padecen estrés hídrico. Hoekstra tomó la idea de agua virtual desarrollada por Allan y la amplió diciendo que no solo importa el agua que "viaja" en el comercio internacional, sino también toda el agua involucrada, directa o indirectamente, para producir y consumir bienes y servicios. Hoekstra definió que la *HH* total está formada por tres componentes, comúnmente denominados colores: *verde*, que corresponde al agua de lluvia utilizada principalmente en la agricultura; *azul*, que hace referencia al consumo de agua superficial y subterránea; y *gris*, que representa el volumen teórico de agua necesario para diluir los contaminantes hasta alcanzar una calidad aceptable antes de su descarga final (Hoekstra et al., 2011).

**Algo maravilloso e inquietante que tiene la ciencia es que siempre aparecen nuevos interrogantes. Es así que una vez que me doctoré, una de las preguntas que quedó dando vueltas fue cómo se comportaban los microorganismos no solo en el agua sino también en los sedimentos de estos ambientes acuáticos.**




*Los componentes o colores de la HH definida por Hoekstra et al. (2011).*

La *HH* como indicador de sustentabilidad para evaluar el uso del agua en procesos industriales, me pareció un tema fascinante y de vanguardia. Por ello en el año 2016 comenzamos a incursionar en esta temática, abriendo así una nueva línea de investigación. Daniel Romero (Ing. Industrial y Mg. en Admin. de Empresas) en el marco de una Beca de Investigación para Estudiantes Avanzados (BIEA), bajo mi dirección, dio los primeros pasos en el cálculo de la *HH*, realizando su evaluación para una embotelladora de agua. Dado que la temática era incipiente y con escasos antecedentes en la región, en 2018 se le dio continuidad a través de una beca doctoral de CONICET, otorgada al Ing. Juan Martín Mainardi Remis (actualmente Dr. en Ingeniería), bajo mi dirección. El trabajo inició con un relevamiento de la cantidad y tipo de industrias presentes en la provincia de Salta, identificando aquellas con mayor impacto sobre el ambiente y el agua (Mainardi-Remis et al., 2018). A partir de esta información, se seleccionaron tres casos de estudio representativos para el cálculo de la *HH*: una embotelladora de agua, una cervecera industrial y una curtiembre. En la embotelladora, se calcularon los componentes azul y gris considerando distintos límites (proceso, producto e industria), evidenciándose que los mayores aportes a la *HH* provenían del consumo de energía eléctrica y materias primas (aporte indirecto) (Mainardi-Remis et al., 2021). En la industria cervecera, el componente gris dominó el indicador debido a la elevada carga orgánica de los efluentes; además, se detectó una marcada variabilidad estacional en el uso de agua asociada a la demanda (Mainardi-Remis, 2023). En la curtiembre, la HH gris también resultó predominante, y al incluir el costo del agua derivado de la *HH* total, la utilidad neta de la empresa se tornó negativa (Hubaide-Restom et al., 2022). Cabe aclarar que el cálculo de la HH en la curtiembre estuvo en parte enmarcado en una beca Estímulo a las Vocaciones Científicas (EVC, 2019) de Sebastián Hubaide-Restom (Ing. Industrial), en donde fui directora y el Dr. Mainardi Remis, codirector.




*Cálculo de la HH para 3 procesos industriales (Mainardi-Remis, Gutiérrez-Cacciabue, 2024)*

Una de las preguntas que surgió al estudiar la *HH* de la cerveza a nivel industrial fue ¿qué pasaba con la HH en la producción de cerveza artesanal? ¿También tienen responsabilidad ambiental? En ese contexto, Antonella Murillo (Ing. Industrial), en el marco de una beca EVC (2020) estudió dos procesos de elaboración de cerveza artesanal de empresas salteñas. Con estos datos armó una matriz MET (Materiales-Energía-Tóxicos), para analizar los insumos, energía y efluentes. Considerando la *HH*, se observó que se necesitaban 11 l de agua para producir 1 l de cerveza, es decir un 110% más de agua contenida en el producto, siendo el componente indirecto el que más influyó en la *HH* total (Mainardi-Remis et al., 2025).




Dada la relevancia que está teniendo la minería de litio particularmente en el Noroeste Argentino, en el año 2022 se evaluó la *HH* en la producción de $Li_2CO_3$. Esto se llevó a cabo en el marco de una beca BIEA de María Emilia Maccario-Massino (Ing. Industrial) bajo la dirección del Dr. JP Gutiérrez, y mi co-dirección. Los resultados mostraron que en términos HH para producir 1 t de $Li_2CO_3$ se requiere 11 veces más agua de lo reportado por las empresas bajo estudio (Massino-Maccario et al.,2025). A partir de estos datos, Camila Arancibia, estudiante de Ing. Industrial, en el marco también de una beca BIEA (2024), dio continuidad a esta temática, calculando indicadores económicos y ambientales con el fin de minimizar el uso los recursos en el proceso de obtención de $Li_2CO_3$.

Todos estos avances de investigación relacionados con la *HH*, confirman su utilidad como herramienta de diagnóstico integral, al contemplar tanto el consumo directo de agua en los procesos industriales, como así también el involucrado en la contaminación, y en la cadena de suministro (aporte indirecto). Aunque el desarrollo industrial es crucial para impulsar el crecimiento regional, tiene que ir de la mano de un uso eficiente y responsable de los recursos, especialmente del agua, para alcanzar una gestión sustentable.

**Nuevas preguntas, nuevos desafíos**

Como destaqué al inicio de este artículo, en la ciencia siempre surgen nuevos interrogantes. Uno de ellos está vinculado con la optimización en el uso de los recursos. En este sentido, el Dr. Mainardi Remis, en el marco de su beca posdoctoral, se encuentra trabajando en la aplicación de modelos matemáticos multiobjetivo orientados a reducir el impacto ambiental y minimizar el consumo de agua, sin comprometer la rentabilidad de las empresas. De esta manera, se busca generar beneficios tanto económicos como ambientales, promoviendo al mismo tiempo los principios de la Economía Circular.

Por otro lado, la componente gris de la *HH* es un indicador muy criticado respecto a su cálculo. Es por ello que en el marco de dos becas de grado (2025) en donde participa también el Dr. Emilio Almazán (Director del Proyecto de investigación del CIUNSa en donde se enmarcan ambas becas), se pretende revisar las diferentes metodologías para calcular esta HH de industrias locales, buscando mejorar la precisión del indicador y su utilidad como herramienta de gestión ambiental.

### La Simbiosis Industrial: cooperación para un futuro sostenible

Otro tema de investigación que se encuentra en desarrollo es la simbiosis industrial (SI). Este concepto surge como una estrategia clave dentro de la economía circular, en el que industrias cooperan entre sí mediante el intercambio de materiales, energía y agua para obtener una ventaja competitiva (Chertow, 2000). Haciendo énfasis en el agua, se crea un ecosistema industrial más resiliente, donde ésta puede ser tratada, reutilizada y redistribuida entre diferentes procesos productivos, reduciendo su *HH* y por consiguiente el consumo y la presión sobre las fuentes naturales (Ramin et al.,2024). Aunque la SI es un concepto conocido desde hace varias décadas, las investigaciones que existen en materia de gestión del agua y efluentes industriales son escasas, con amplias lagunas de conocimiento y necesidades de investigación para promover la gestión sostenible del agua y la innovación referida a dicho concepto (Ramin et al., 2024).

### Reflexión final

Como puede verse en toda mi historia, el agua fue el hilo conductor de mi curiosidad científica. Lo que comenzó como el estudio de los microorganismos, invisibles al ojo humano se transformó, con el tiempo, en una mirada más amplia sobre los procesos que conectan la vida, la tecnología y la sostenibilidad. En este recorrido —de lo micro a lo macro— aprendí que el conocimiento también fluye, se adapta y se renueva, como el propio recurso que intento comprender y proteger. Y, sobre todo, comprendí que este camino no se recorre en soledad: es el resultado de la colaboración, el intercambio y el esfuerzo conjunto de muchas personas que hacen posible el quehacer científico cada día.

## Referencias


**Chertow, MR. 2000**. Industrial symbiosis: literature and taxonomy. Annual Review of Energy and the Environment, 25(1), 313–337.

**Chávez-Díaz L, Gutiérrez-Cacciabue D, Poma HR, Rajal VB. 2019.** *Sediments quality must be considered when evaluating freshwater aquatic environments used for recreational activities. Int J Hy and Environ Health: 223 (1): 159–170.*

**Gutiérrez-Cacciabue D. 2013**. *"Resistencia y Persistencia de organismos patógenos en ambientes acuáticos de la Provincia de Salta. Sistemas para la mitigación y el control de la contaminación"*. Tesis doctoral. Facultad de Ingeniería, UNSa.

**Gutiérrez Cacciabue D, Teich I, Poma R, Cruz MC, Balzarini M, Rajal VB.2014**. *Strategies to optimize monitoring schemes of recreational waters from Salta, Argentina: a multivariate approach. Environ Monit Assess;186 (12):8359-8380*.

**Gutiérrez-Cacciabue D, Cid AG, Rajal VB. 2016**. *How long can culturable bacteria and total DNA persist in environmental waters? The role of sunlight and solid particles*. STOTEN; 539: 494 –502.

**Gutiérrez-Cacciabue D, Rajal VB.2022**. *Estimating decay kinetic parameters and persistence of bacteria in water is essential for future modelling. Chem Eng Res Des*, 179 (175-187).

**Hubaide Restom SD, Mainardi Remis JM, Rajal VB, Gutiérrez Cacciabue D.2022**. *Cuantificación del agua en la elaboración de cuero mediante la huella hídrica. RADI; 10 (19), 89-93*.

**Hoekstra AY et al. 2011**. The Water Footprint Assessment Manual, Setting the Global Standard. Earthscan. London, Washington, DC. 199 p

**Kim M, Gutiérrez Cacciabue D, Schriewer A, Rajal V, Wuertz S. 2014**. *Evaluation of detachment methods for the enumeration of Bacteroides fragilis in sediments via propidium monoazide-quantitative PCR, in comparison to Enterococcus faecalis and Escherichia coli". J Appl Microbiol; 117 (5):1513-1522*.

**Maccario-Massino ME., Gutiérrez, JP., Gutiérrez-Cacciabue, D. 2025**. *La huella hídrica como indicador de sustentabilidad de un proceso de obtención de carbonato de litio de salmueras: un estudio preliminar.* Revista "Inv. en Facultades de Ingeniería del NOA", N°10. ISSN 1853-6662.

**Mainardi-Remis JM, Gutiérrez-Cacciabue D, Rajal VB. 2018**. Las industrias de la provincia de Salta y su impacto sobre la población y el recurso hídrico. XI COINI 2018. p 126-135.

**Mainardi Remis, JM, Gutiérrez Cacciabue D, Romero DS, Rajal VB. 2021**. *Setting boundaries within a bottled water plant aid to visualize the water use: an approach through the water footprint indicator. J Wat Process Engin*, 43: 102199.

**Mainardi Remis JM. 2023**. Evaluación de la Huella Hídrica: uso eficiente y gestión sustentable del agua en procesos industriales. Tesis doctoral. Facultad de Ingeniería, UNSa.

**Mainardi-Remis, JM., Murillo, MA., Gutiérrez Cacciabue, D.2025**. *Estimación de la huella hídrica de una cervecería artesanal de la ciudad de Salta: hacia un uso eficiente del agua*. Revista "Investigaciones en Facultades de Ingeniería del NOA", N° 10. ISSN 1853-6662.

**Misstear B et al., 2022**. The United Nations World Water Development Report 2022: Groundwater-Making the Invisible

**Ramin E, Lourenço F, Gargalo CL, Ramin P, Flores-Alsina J, Andersen MM, Gernaey KV. 2024**. Water innovation in industrial symbiosis - A global review. J Environ Manage. 1:349:119578.

ACTIVIDADES CON ALUMNOS

# 41º Edición de las Jornadas Simultáneas de Ingeniería Industrial y Carreras Afines (JoSEII)

Por Dr. Juan Pablo Gutiérrez | Dra. Norma B. Moraga

**Durante los días 29 y 30 de mayo se realizó en la Fundación COPAIPA, la 41ª Edición de las Jornadas Simultáneas de Ingeniería Industrial y Carreras Afines (JoSEII). Este evento, que se realiza anualmente impulsado por la Asociación Argentina de Estudiantes de Ingeniería Industrial y carreras afines (AArEII), contó con el apoyo de estudiantes y docentes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Salta.**

Las JoSEII son jornadas académicas destinadas a estudiantes, cuyo objetivo es brindar una visión diferente de la habitual, que estimule a los futuros profesionales en sus respectivos ámbitos de trabajo. Incluyen conferencias, talleres, visitas técnicas y están acompañadas por una feria de empresas que buscan darse a conocer y también integrar redes institucionales que las vinculen con el ámbito académico y los futuros profesionales afines al rubro. En esta edición, las siguientes empresas acompañaron con stands: GRUPO CN, BMI, FISHER, DL CONSULTORES, METALNOR, ADECCO, BANCO PATAGONIA, ACCENTURE y JCI Ingeniería & Servicios Ambientales.

Estas Jornadas tienen la particularidad de realizarse de forma simultánea en todas las provincias del país que cuentan con delegaciones activas como la de Salta. La delegación Salta es una más de 30 delegaciones activas en Argentina, y está integrada también por estudiantes de Ingeniería Industrial de la UCASAL.



▲ 41º Edición de las Jornadas Simultáneas de Ingeniería Industrial y Carreras Afines (JOSEII) en la sede la Fundación COPAIPA.

## Certificados como Evento Sostenible

Un diferencial de esta 41 edición de las JOSEII fue la certificación como evento sostenible. En esta oportunidad, la certificación, impulsada por la Asociación Argentina de Estudiantes de Ingeniería Industrial y acompañada por las autoridades de la Facultad de Ingeniería, alcanzó el Nivel 3 en bajo los estándares del programa UTN Sustentable, la categoría más alta otorgada.


UTN sustentable

UTN

CERTIFICADO
EVENTO SOSTENIBLE

EL PROGRAMA UTN SUSTENTABLE CERTIFICA A:

41° JoSEII
DELEGACIÓN UNIVERSIDAD NACIONAL DE SALTA
Realizado los días 29 y 30 de mayo, como
EVENTO SOSTENIBLE NIVEL 3.

SEGÚN CRITERIOS ESTABLECIDOS EN
"MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS DE EVENTOS SOSTENIBLES"

JUAN CARLOS AGÜERO — PAOLA QUAGLIOTTI — LÁZZARO SCHIAFFINO

*El compromiso de construir juntos a través de actividades académicas, científicas y de gestión, una cultura de sostenibilidad basada en la responsabilidad ambiental a través del cuidado de los recursos y la protección del ambiente, garantizando un futuro equilibrado para las próximas generaciones.*

Este reconocimiento refleja el esfuerzo conjunto de estudiantes, docentes y organizadores por llevar adelante un evento responsable con el ambiente, eficiente en el uso de recursos, con una mirada inclusiva y socialmente consciente. Desde la etapa de planificación hasta la ejecución, se incorporaron prácticas orientadas a reducir el impacto ambiental construyendo una conciencia ecológica que fomente el desarrollo hábitos responsables con el entorno. Este logro reafirma que la ingeniería no solo se sustenta en el conocimiento técnico, sino también en valores, en el compromiso social y en la acción colectiva con participación estudiantil.

## Disertantes y talleristas

Disertantes de diferentes ámbitos profesionales brindaron talleres presenciales sobre Habilidades Blandas, Cannabis Medicinal, Energías Renovables, Mantenimiento y Primeros Auxilios en Minería entre los más demandados, a un centenar de asistentes.







Participantes de las Jornadas Simultáneas de Ingeniería Industrial y Carreras Afines (JOSEII) en la sede la Fundación COPAIPA.

Organizadores de las JOSEII en la sede la Fundación COPAIPA (Brenda Paz, Maira Sánchez, Luciana Supertino, Agostina Juan, Antonella Guitian, Julieta Figueroa, Enzo Blasco, Sergio Puertas, Francisco Balverdi, Trujillo Santiago, Mauro Villarubia).

INTERFACULTADES

# Ingenieros Campeones

## La Facultad de Ingeniería se consolida como líder deportiva, demostrando que el éxito va más allá del aula.

**Conversamos con Héctor Reyes, quien fuera secretario de deportes en 2023-24 y presidente del Centro de Estudiantes de Ingeniería (CEI) hasta septiembre 2025, roles desde los cuales participó en la organización del Campeonato Deportivo de Interfacultades.**

Dra. Norma B. Moraga

**1. EL NACIMIENTO DE LA ESTRATEGIA: INCLUSIÓN A TRAVÉS DEL DEPORTE.**

**¿Cómo surge esta iniciativa de integración deportiva en la Facultad de Ingeniería?**

A partir del año 2023, el Centro de Estudiantes de la Facultad de Ingeniería implementó una estrategia innovadora centrada en la inclusión y contención de sus estudiantes, utilizando el deporte como eje principal. Observamos que el sentido de pertenencia de nuestros compañeros era un factor clave para el éxito académico y personal. El objetivo era ofrecer un espacio donde los estudiantes pudieran desarrollar habilidades, liberar tensiones y construir una identidad fuerte dentro de la Facultad.

A través de gestiones centradas en los estudiantes, el CEI no solo organizó la logística de los equipos, sino que también se dedicó a fomentar un ambiente de motivación, compromiso y compañerismo. *"Reconocemos que el deporte va más allá de la salud física; es un motor para la salud mental, la inteligencia emocional y la adopción de buenos valores".*

**2. ESTRATEGIA Y ÉXITO INÉDITO: EL VALOR DE COMPETIR EN TODO.**

**¿Cuáles fueron los logros deportivos más significativos desde la implementación del programa?**

El éxito de Ingeniería no es casual, sino el resultado de una estrategia clara basada en la máxima participación. El torneo es una competencia multidisciplinaria que incluye vóley, básquet, fútbol, hockey, atletismo, ajedrez, handball y rugby —en categorías masculina y femenina— y se desarrolla durante tres semanas en el segundo cuatrimestre de cada año.

El sistema de puntuación está diseñado para premiar la constancia:

- **Primer puesto en cada disciplina: 10 puntos.**
- **Segundo puesto: 8 puntos.**
- **Tercero: 6 puntos.**
- **Cuarto: 4 puntos.**
- **Quinto: 2 puntos.**
- **Sexto: 1 punto.**

Todas las disciplinas suman puntos para la facultad, y precisamente, Ingeniería siempre compitió en todo, garantizando la suma constante de puntos en cada mesa de premiación. Esto demuestra un compromiso de los estudiantes, que en plena cursada deciden representar a la Facultad en esta competencia, haciendo uso de la resolución del consejo superior **RS-CS-2012-0502 (Art. 2°. e)** que les permite justificar faltas a clases si representan a la Universidad en eventos deportivos, académicos y culturales: *"Tendrán derecho a solicitar esta licencia los estudiantes de la Universidad comprendidos en las siguientes causales: (…) e. Eventos académicos, científicos, deportivos y culturales siempre que participe en ellos en representación de esta Universidad, su ciudad, provincia o país de origen."*

Los excelentes resultados de esta estrategia están a la vista, demuestran el talento y la disciplina de nuestros estudiantes. La Facultad de Ingeniería ha logrado un hito histórico al conseguir tres Campeonatos Interfacultades consecutivos en 2023, 2024 y 2025.

Además de este triplete, la Facultad se adjudicó el campeonato de Interfacultades de Ingresantes del año 2024, garantizando un fuerte sentido de pertenencia desde el inicio de la vida universitaria.

## Hitos y Resultados Destacados (2023-2025)

**Triplete Histórico:** Campeones Interfacultades en 2023, 2024 y 2025.

**Campeonato de ingresantes:** Título obtenido en 2024.

**Primeros Puestos en:** Fútbol 11 (Masculino), Fútbol 7 (Femenino), Futsal (Masculino y Femenino), Hockey, Handball (Masculino) y Ajedrez.

*El esfuerzo y la dedicación quedan evidenciados en la clasificación general:*

| Año | Posición | Puntos | |
|---|---|---|---|
| 2023 | Campeona | 113 pts. | Venciendo a la Facultad de Económicas (90 pts) y Facultad de Salud (81 pts) |
| 2024 | Campeona | 107 pts. | Venciendo a la Facultad de Económicas (81 pts) y Facultad de Exactas (80 pts) |
| 2025 | Campeona | 130 pts. | Superando a Económicas (127 pts) por un margen estrecho y a la Facultad de Humanidades (99 pts) |



Interfacultades 2024

### 3. MÁS QUE DEPORTISTAS: LIDERAZGO Y COMPROMISO

**¿Cuál es el impacto de estas experiencias en la formación de los futuros ingenieros?**

Un aspecto crucial de nuestra estrategia, es la consolidación de valores que van más allá de la cancha: asumir el **rol de representantes de la Facultad en cada disciplina** genera una responsabilidad directa con los compañeros y permite consolidar los equipos. Este ejercicio temprano de liderazgo consiste en apoyar al equipo desde la disciplina y la vida saludable, demostrando constancia y respeto en el deporte con la cabeza en alto, buenos valores y nuevas experiencias sociales.

Resulta relevante mencionar que el Centro de Estudiantes opera de manera autónoma en la esfera económica, utilizando parte del flujo de caja que autogestiona para cubrir los gastos de la competencia. Es importante destacar también que, para celebrar estos triunfos, la Facultad ha brindado siempre su apoyo en la gestión de premios y celebraciones de los campeonatos organizados por el CEI, agasajando a los feroces participantes con su debido reconocimiento.

### 4. REFLEXIÓN FINAL: EL VALOR DEL TRABAJO EN EQUIPO

El éxito de la Facultad de Ingeniería en los últimos años, materializado en estos tres campeonatos interfacultades consecutivos y el título de ingresantes, no puede medirse únicamente por los trofeos.

Estas experiencias son un reflejo directo del valor del trabajo en equipo y la integración. El deporte ha fortalecido la integración entre los estudiantes de Ingeniería y también con los de las otras Facultades. La motivación, compromiso, responsabilidad y talento que los estudiantes de Ingeniería demuestran en el campo **son un reflejo de lo que aplican en sus carreras**.

Estos logros son la prueba de que el **sentido de pertenencia y el bienestar integral (físico y mental) son parte necesaria para un desempeño excepcional**. El Centro de Estudiantes es el motor activo de la comunidad estudiantil, capaz de convertir la energía y el compañerismo en un verdadero círculo virtuoso de identidad, crecimiento, logros y orgullo colectivo.



**Reconocemos que el deporte va más allá de la salud física; es un motor para la salud mental, la inteligencia emocional y la adopción de buenos valores.**

***"Esta gestión reconoce que los logros alcanzados por los estudiantes, trascienden lo deportivo, poniendo de manifiesto el valor formativo del trabajo en equipo, la integración, el sentido de pertenencia y la importancia del bienestar integral como condición para el desempeño académico".***


INGENIA
UNSa · Facultad de Ingeniería
Investigación y Desarrollo
para un Futuro Sostenible
Universidad Nacional de Salta
FACULTAD DE
INGENIERIA
CONICET
INIQUI
INSTITUTO DE INGENIERIA CIVIL Y MEDIO AMBIENTE
icmasa
SALTA
INBEMI
IIDISa
REVISTAINGENIA.AR
Universidad Nacional de Salta
Facultad de Ingeniería