



# Ingeniería de los fluidos

LÍQUIDOS Y  
MATEMÁTICAS

LABORATORIO  
SOBRE EL AGUA

APLICACIONES  
DE LA  
MICROFLUÍDICA

CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA  
EN LOS POROS

nº8



Inspiramos, acompañamos  
y conectamos a Pymes,  
emprendedores, expertos e  
instituciones públicas y privadas,  
para innovar y crecer.



**CONEXIONES**  
**DIFUSIÓN**  
**FORMACIÓN**  
**ASISTENCIA**

[empretec.org.ar](http://empretec.org.ar)



Fundación Empretec  
Argentina



@empretec





# SUMARIO

## STAFF

### Comité Editorial

(Por Res. de Decano 768/2021)

Ing. Mario Alonso

Dr. Ing. Juan Giribet

Dr. Ing. Sergio Lew

### Coordinador editorial

Lic. Daniel Krupa

### Equipo de producción

#### Diseño

DG Carla Percivale

DG Nadia Ricciardelli

#### Redacción de contenidos

Lic. Daniel Krupa

Jerónimo Liñán

María Clara Otálora

Candelaria Mazzeo

Editor de fotografía

DG Martín Dubovich

#### Corrección

Bettina Villar

#### Asistente de producción

Marisol Rivera

Impreso en septiembre de 2022.

Revista .ing es una publicación distribuida por el sello Eudeba.

ISSN 2545-7691

La reproducción parcial de los contenidos de esta publicación deberá ser autorizada previamente por su Comité Editorial.

### Contacto

Av. Paseo Colón 850 - CABA

C1063ACV - Argentina

comunicacion@fi.uba.ar

[www.ingenieria.uba.ar](http://www.ingenieria.uba.ar)

f t i /ingenieriauba  
You /FIUBAoficial

## EDITORIAL



## BREVES

## INGENIERÍA DE LOS FLUIDOS



## INGENIERÍA DE LOS FLUIDOS



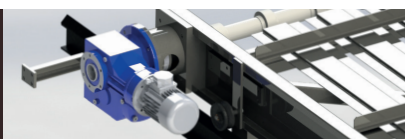
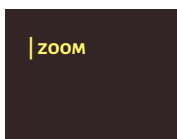
## INGENIERÍA DE LOS FLUIDOS



## INGENIERÍA DE LOS FLUIDOS



## ZOOM



## DOSSIER

## NUESTRAS GRADUADAS



## PROTAGONISTAS DE LA FIUBA



Mecánica de los fluidos y desarrollo sustentable

04

III Semana Iberoamericana de Ingeniería Electrónica

05

Líquidos y matemáticas

06 | 07

Laboratorio sobre el agua

08 | 13

Aplicaciones de la microfluídica

14 | 18

Ciencia y tecnología en los poros

20 | 23

Sistemas de intercepción y recolección de residuos sólidos flotantes de cuerpos de agua

24 | 25

Monitoreo remoto y visualización en tiempo real de sistemas de señalamiento ferroviario

26 | 30

Ingeniería para barrios populares  
Ing. María Eva Koutsovit

32 | 33

Todo está guardado en la memoria  
Dr. Yann Cristal

34

Nº 08

## Mecánica de los fluidos y desarrollo sustentable



La mecánica de fluidos forma parte de la currícula de una parte importante de las ingenierías porque nos proporciona los fundamentos y herramientas necesarios para diseñar y evaluar equipos y procesos en campos tecnológicos tan diversos como el transporte de fluidos, generación de energía, control ambiental, vehículos de transporte, estructuras hidráulicas, etc.

Dada la complejidad de la materia en estudio, la dinámica de fluidos se subdivide por las características físicas del fluido o el tipo de método empleado para resolver el problema. Por ejemplo, la dinámica de fluidos computacional utiliza los métodos numéricos para solucionar las ecuaciones diferenciales que gobiernan el flujo de fluidos, ya que en forma analítica son imposibles de solucionar debido a su complejidad. En nuestro planeta existen dos fluidos importantísimos para la vida; el agua y el aire. Por esto, la mecánica de fluidos o fluidomecánica se puede dividir en la hidromecánica, si el fluido en estudio es el agua, o en la aeromecánica si se trabaja con el aire.

La dinámica de fluidos envuelve un amplio rango de aplicaciones que tienen en común la manipulación artificial de los fluidos en beneficio del hombre y/o del medio ambiente. Tales aplicaciones van desde la distribución del agua para riego o consumo humano, la disposición de desechos líquidos, la producción de energía eléctrica, los procesos de transporte de fluidos, el transporte mediante vehículos terrestres, acuáticos o aéreos y los procesos naturales atmosféricos u oceánicos. De todo esto, surge la importancia que estos estudios tienen para el ser humano y su desarrollo sustentable, aspectos en los que la FIUBA realiza importantes aportes, tales como quedan reflejados en esta nueva edición de nuestra revista.

Quiero aprovechar esta nueva oportunidad para reforzar el mensaje sobre nuestro principal proyecto académico en años y que venimos trabajando desde octubre del 2018, el Proyecto Plan 2020 con el que buscamos actualizar

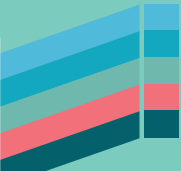
la oferta académica de grado, posgrado y discutir nuevos títulos. Tenemos motivos internos, fundamentalmente relacionados a la enseñanza de la ingeniería, y motivos externos, fundamentalmente relacionados a la IV Revolución Industrial, que se constituyen en los desafíos para llevar adelante esta reforma curricular. En julio de 2021 el Consejo Directivo aprobó el llamado Marco Curricular con el que sentó las bases y los conceptos fundamentales no sólo de los planes de estudios 2020, sino de las futuras carreras de esta facultad.

También quiero aprovechar este momento para instarlos a reflexionar sobre el rol de la universidad pública y en especial de nuestra Universidad de Buenos Aires durante todo este tiempo, sus aportes históricos al desarrollo de nuestro país y al conocimiento de la humanidad. La Reforma Universitaria de 1918 y el no arancelamiento de 1949 son seguramente los hitos más importantes que caracterizan a nuestra universidad. Este ejercicio es válido y necesario para, como siempre, mejorar todo lo que la UBA le devuelve a este pueblo que financia su funcionamiento. Como facultad, no podríamos estar ocupados en algo más importante que estar trabajando en la actualización de nuestras carreras, discutiendo qué, cómo y para quiénes enseñamos. Y, como siempre, trabajando para que ante la pregunta de cualquier ciudadano o ciudadana sobre qué es lo que estamos haciendo nuestra respuesta sea formando ingenieros e ingenieras.

**Ing. Alejandro M. Martínez**

Decano de la Facultad de Ingeniería  
de la Universidad de Buenos Aires





## BREVES

### 01

## III Semana iberoamericana de ingeniería electrónica

Del 19 al 21 de octubre de 2022 se llevará a cabo de manera virtual la III Semana Iberoamericana de Ingeniería Electrónica. El evento organizado por la Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco busca difundir los avances en las diversas áreas de las Ingenierías electrónica; mecatrónica; sistemas; educación; y otras áreas afines. A lo largo del encuentro se brindarán conferencias magistrales, conferencias técnicas y presentación de ponencias.

Más información en <http://senie.azc.uam.mx/>

Este 25 de octubre, la FIUBA será sede del encuentro “Expo Viento & Energía”, evento dirigido a representantes de las principales empresas afines de la Argentina, latinoamérica, al público internacional y a sectores gubernamentales.

Para conocer más detalles sobre la programación e inscribirse, ingresar en [www.argentinaeolica.org.ar](http://www.argentinaeolica.org.ar)

## La FIUBA, sede de la Expo Viento & Energía

### 02

### 03

## Encuentro sobre Ingeniería Mecánica, Mecatrónica y Automatización

En Cartagena de las Indias, Colombia, del 26 al 28 de abril de 2023, se llevará a cabo la XI edición del Congreso Internacional de Ingeniería Mecánica, Mecatrónica y Automatización. De acuerdo a lo señalado por los organizadores, será un espacio para la divulgación científica mediante temáticas expuestas por la industria, profesionales, estudiantes, profesores e investigadores y sus ejes serán las energías del futuro; las energías y la industria 4.0; el diseño, los materiales y procesos; la biomecánica y la educación en ingeniería.

Para más datos: [ingenieria.unal.edu.co/CIMM](http://ingenieria.unal.edu.co/CIMM)

## El Mundial de Ingeniería Química en Buenos Aires

### 04

Del 4 al 8 de junio de 2023, se realizará la XI edición del Congreso Mundial de Ingeniería Química en Buenos Aires, que se enfocará en los vínculos entre la energía, el agua, el medio ambiente, los alimentos y la salud. Se abordarán la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías que mejoren la calidad de vida de la humanidad en un marco de desarrollo sostenible y los desafíos relacionados con la sostenibilidad, la seguridad de los procesos y el adecuado suministro de recursos alimentarios, energéticos e hídricos.

Más información en:

<https://www.wcce11.org/wc/initio.php>



# Líquidos y matemáticas

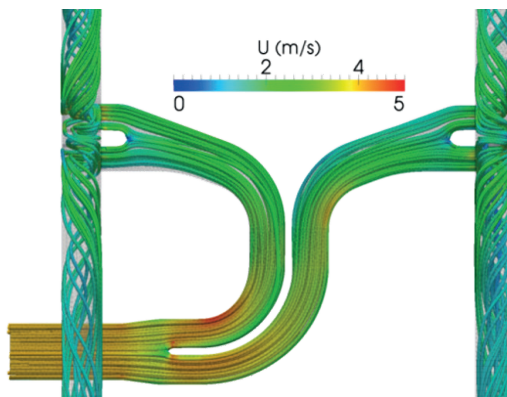
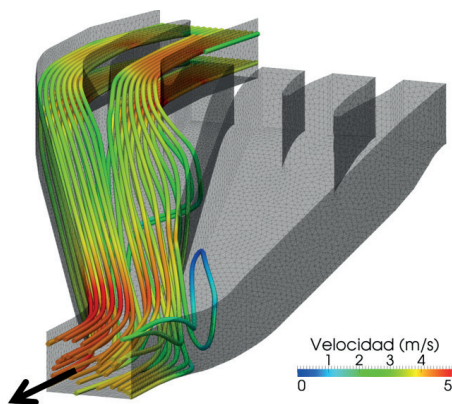
El Dr. Ángel Menéndez, director del Laboratorio de Modelación Matemática, detalla el trabajo que lleva adelante con su grupo de investigación para la optimización de obras hidráulicas.

**E**l Dr. en Ingeniería Hidráulica, Ángel Menéndez, es el actual director del Laboratorio de Modelación Matemática (LaMM). Su paso por el área de Física, lugar en el que se encontró con un excelente profesor de Mecánica de Fluidos y un consejero de estudios que le recomendó realizar su tesis en temas hidráulicos, lo encaminó hacia su doctorado en Ingeniería Hidráulica.

Acerca del laboratorio, detalla que las principales líneas de investigación “son técnicas de optimización de obras hidráulicas, balance de agua en zonas de llanura, mecanismo de contaminación de cuerpos de agua y evaluación de efectos de erosión y sedimentación”. Agrega que todas las

líneas de investigación han surgido por medio de la participación del grupo en estudios de ingeniería, que llevan a cabo en el Instituto Nacional del Agua (INA) –al que pertenecen la gran mayoría de los integrantes del Laboratorio de Modelación Matemática.

Asimismo, menciona ejemplos paradigmáticos de proyectos asociados a cada una de las líneas de investigación, como el tercer juego de esclusas del canal de Panamá, las inundaciones y la explotación agropecuaria en la cuenca del Salado de la provincia de Buenos Aires, la remediación de la calidad del agua del río Matanza-Riachuelo y la determinación del dragado de mantenimiento



Página anterior:  
El Dr. Ángel Menéndez  
en el Laboratorio de  
Modelación Matemática  
ubicado en la Av. Las  
Heras 2214

Izquierda:  
Líneas de corriente  
en componentes del  
sistema hidráulico de  
llenado/vaciado del  
tercer juego de esclusas  
del canal de Panamá

para el proyecto de actualización de la hidrovía del Paraná.

El Dr. está acompañado por un grupo de investigación compuesto por seis profesionales *senior* y dos profesionales *junior*, todos ingenieros civiles de la FIUBA. Del primer grupo, uno posee un doctorado, otro está por obtenerlo en el transcurso del año y un tercero tiene una maestría. De igual manera, todos los integrantes del LaMM ejercen docencia en la FIUBA –y unos también en la UTN– en materias relacionadas directa o indirectamente con distintas líneas de investigación. Existe una continua participación en encuentros científicos y foros donde se vierten los resultados de las investigaciones. Los estudios más elaborados –algunos asociados a desarrollos de tesis de doctorado– culminan en publicaciones en revistas científicas. Además, participan en actividades de divulgación encaradas por la FIUBA.

Por otra parte, menciona que, siendo un grupo de modelación, “lo vital es contar con capacidad de procesamiento”, y añade que cuentan con el *cluster* ARTURO, implementado en el INA por ellos mismos. Es un *cluster* Beowulf dedicado a la realización de simulaciones numéricas y cálculos, posee una configuración de procesadores con arquitectura en paralelo, en 64 bits. Entró en servicio en el año 2012, y fue incorporando gradualmente capacidad de cálculo hasta su configuración actual, con 40 núcleos y 120 GB RAM.

Los contratos de servicios que ejecutan en el INA constituyen una fuente continua de financiamiento de las investigaciones. En cambio, para proyectos específicos de investigación han recibido financiamiento de agencias nacionales y extranjeras.

Actualmente, cuentan con financiación de UBA-CyT, del Ministerio de Defensa –ambas sobre inundaciones urbanas– y de la Fundación YPF-CONICET –sobre generación hidrocínética en estuarios patagónicos–. Debido a su actividad en servicios, desde el INA cuentan con una amplia y continua relación con los sectores públicos y privados, que los requieren para estudios que apuntan a resolver problemas prácticos. A

modo de ejemplo, en el sector público, la Entidad Binacional Yacyretá, Acumar (Autoridad de Cuenca Matanza Riachuelo), la Administración General de Puertos, direcciones de hidráulica de diferentes provincias; y, en el sector privado, la Cámara de Puertos Privados Comerciales, la Bolsa de Comercio de Rosario y la mayoría de las consultoras nacionales y algunas internacionales. Para proyectos de investigación, recurren a las diversas agencias estatales del país y del exterior –por ejemplo, han participado en una seguidilla de financiaciones de la National Science Foundation, EE. UU–.

“Parto de la convicción de que es necesario fortalecer la investigación en problemáticas vinculadas más directamente a la resolución de la multiplicidad de problemas que nos plantea actualmente la gestión del agua”, explica Menéndez respecto a las políticas públicas que considera necesarias para atender a futuras problemáticas relacionadas con su campo específico de investigación. Al mismo tiempo, ratifica que algo que resulta natural en una Facultad de Ingeniería, debería serlo especialmente en las Facultades de Ciencias y en el CONICET, con el fin de generar una masa de investigadores científicos dispuestos a moverse desde la muy asentada investigación básica hacia la aplicada.

La cuestión ambiental está presente directa o indirectamente en las aplicaciones. “Cualquier planteo de construcción o modificación de una obra hidráulica tiene que estar acompañado del análisis de sus impactos ambientales, particularmente de los impactos hidráulicos sobre el cuerpo de agua, es decir, los que ocurren sobre su dinámica y condicionan los procesos físicos y biológicos que ocurren en su seno. Los estudios de contaminación y de problemas de erosión/sedimentación son en sí mismos aportes a la cuestión ambiental”, cierra Menéndez ■



# Laboratorio sobre el agua

Entrevista al **Dr. Ing. Roberto Sosa**, docente, investigador, actual director del Canal de Experiencias de Arquitectura Naval y responsable de varios proyectos vinculados al estudio de las versatilidades y comportamientos de los fluidos.







El interés general del Dr. Ing. Roberto Sosa por la ingeniería naval y, en particular, por el uso de la matemática y la computación a fin de entender el comportamiento de grandes masas de agua se vincula a tres factores: en primer lugar, a su actividad docente y de investigación en temas de mecánica de fluidos, más precisamente a partir del año 2011 con el cargo de profesor de Mecánica de Fluidos en la UTN-FRBA para estudiantes de Ingeniería Naval. En segundo lugar, a la carrera profesional que desarrolló en el subsuelo de la sede de Av. Paseo Colón, cerca de las instalaciones del CEAN (Canal de Experiencias de Arquitectura Naval), más precisamente del túnel de cavitación, que se encuentra justo debajo del Laboratorio de Fluidodinámica del Departamento de Mecánica, donde trabajaba, y que siempre le despertó un gran interés. Por ejemplo, el modelo de perfil alar que utilizó en su tesis de grado, lo realizó el modelista del CEAN en ese momento, el Sr. Osvaldo Mayerhoffer, cuenta el Dr. Sosa, quien al ingresar por primera vez al canal quedó fascinado con las instalaciones y trabajos que allí hacían. Y, finalmente, el tercer factor se refiere al hecho de haber trabajado durante años con el Ing. Nav. Federico Castro Hebrero, docente de Arquitectura Naval II, con quien compartió discusiones y charlas respecto a la hidrodinámica naval, y gracias a quien conoció al Ing. Daniel Radosta y a parte de la comunidad del Depto. Ing. Naval de la FIUBA.

El Ing. Sosa señala que de tener que elegir un punto de partida, este sería, sin duda, el año 2013 cuando comenzó a dirigir junto al Ing. Radosta un trabajo final de carrera en el que se había diseñado, construido y validado un banco de pruebas para el estudio de dispositivos del tipo absorbedores puntuales en el CEAN, para generación de energía undimotriz, es decir, la energía de las olas.

“Para poder hacer ingeniería naval, la matemática es fundamental”, explica al ser consultado por la conexión entre ambas disciplinas. “Para pensar nuevos diseños de buques o estructuras marinas en general, dispositivos que permitan generar energías de los océanos, optimizar los sistemas de propulsión –entre otras cosas–, es preciso poseer una sólida formación en matemáticas. Sólo por citar algunos ejemplos, la ingeniería naval requiere del manejo de métodos numéricos de aproximación de funciones para ecuaciones diferenciales, para el análisis de la dinámica de sistemas en el dominio de la frecuencia, para las ecuaciones de la dinámica de medios continuos, etcétera”, dice.

Sosa posee más de veinte publicaciones en revistas internacionales de alto impacto y ha presentado ante numerosos congresos nacionales e internacionales los resultados de sus investigaciones. Especialista en temas de mecánica de fluidos experimental y numérica aplicados a problemas de interacción fluido-estructura y energías renovables, ha realizado numerosas visitas científicas al Institut Pprime, départements de Fluides, thermique et combustion de Poitiers en Francia desde el año 2004, y en el año 2016, en el marco de una beca para Jóvenes Investigadores del CONICET, permaneció durante tres meses en el Canal de Ensayos hidrodinámicos de ETSI Navales de la UPM (Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de la Universidad Politécnica de Madrid), con el objetivo de estudiar los problemas de interacción fluido-estructura.

Se incorporó como docente en el año 2000 en diferentes cátedras del departamento de Ingeniería Mecánica de la FIUBA –Mecánica de Fluidos, Transferencia de Calor y Masa, Termodinámica–, y desde el año 2011, en la cátedra de Mecánica de Fluidos del departamento de Ingeniería Naval de la

**“La ingeniería naval requiere del manejo de métodos numéricos de aproximación de funciones, para ecuaciones diferenciales, para el análisis de la dinámica de sistemas en el dominio de la frecuencia, para las ecuaciones de la dinámica de medios continuos, etc”.**



UTN-FRBA. Asimismo, en el año 2000 obtuvo una beca estímulo de la UBA para realizar su tesis de grado en el Laboratorio de Fluidodinámica del Departamento de Ing. Mecánica de la FIUBA.

Tanto al CEAN como a los trabajos prácticos que se realizan en las distintas materias del Departamento de Ingeniería Naval, el Dr. Sosa los considera como laboratorios, en el sentido más académico del término. Vale señalar que en el CEAN se realizan tareas de investigación y desarrollo en materia de hidrodinámica naval y oceánica, y que parte de su trabajo aparece publicado en revistas y congresos científicos. No obstante, allí también cuentan con un taller de modelos, una carpintería, una fresa copiadora y un pequeño taller mecánico. Además, se trabajan metales, maderas, plásticos, etc. Sosa explica que todo lo mencionado anteriormente hace que el CEAN obtenga un carácter tan particular, que resulta del mestizaje entre taller y laboratorio.

En referencia a la sinergia con otros actores de la ciencia y la tecnología, el CEAN ha restablecido, recientemente, redes de colaboración con otros laboratorios que habían quedado inactivas por un período largo. Por otro lado, a nivel local, volvió a formar parte del INTECIN (Instituto de Tecnologías y Ciencias de la Ingeniería), y gracias al aporte del CPIN (Consejo Profesional de Ingeniería Naval) recuperará su membresía de la ITTC (International Towing Tank Conference), la cual es una asociación mundial colaborativa de laboratorios e institutos que estudian problemas de hidrodinámica naval y oceánica que cuentan con instalaciones similares a las del CEAN.

La cuestión medioambiental impacta de lleno en la industria naval moderna. Dicha industria genera casi el 3 % del total mundial de emisiones de carbono por año –similar al de la aviación–. El Dr. Sosa declara que los barcos transportan entre el 80 y el 90 % de las mercancías que se comercializan a nivel global. La Organización Marítima Internacional (OMI), la agencia de la ONU que regula el transporte marítimo, estima que la industria del transporte marítimo producirá el 17 % de las emisiones mundiales de dióxido de carbono para 2050 si no se realizan cambios urgentes. “La industria explora actualmente una serie de opciones interesantes, entre ellas, se incluyen los buques eléctricos e híbridos, los buques que usan



Arriba: Plano de líneas del buque para el tallado del modelo, en parafina, con la fresa copiadora.



Abajo: Matriz de PRFV (en segundo plano). Detalle de una proa bulbo en parafina y plantillas para el acabado a mano del modelo.

biocombustibles o células de combustible de hidrógeno aún en fase de prueba y la propulsión asistida por el viento”, explica, y remarca que se impulsa una nueva revolución de los sistemas de propulsión. El aporte de la ingeniería naval en este contexto es fundamental. En el marco del Vector Naval de la FIUBA –parte del Proyecto Vectores del Programa Interdisciplinario de la UBA para el Desarrollo–, se está llevando adelante un trabajo sumamente interesante vinculado al medio ambiente y al desarrollo de la industria naval de la Argentina.

Respecto al principal proyecto de investigación del CEAN, comenta que trabajan sobre dos líneas. Por un lado, a partir de métodos combinados EFD-CFD y, por el otro lado, sobre temas de energías renovables marinas, dado que el CEAN es parte de grupo multidisciplinario en formación”. El primer eje que tendría este proyecto implicaría combinar técnicas de mecánica de fluidos experimental con técnicas de mecánica de fluidos computacional para poder mejorar las predicciones en el comportamiento de buques y artefactos marinos en escala real, a partir del ensayo con modelos. Esa línea de trabajo fue pensada para aplicar directamente en la mejora del diseño de buques y de elementos propulsores marinos, en colaboración con astilleros argentinos. El otro eje, se trata de aunar saberes y experiencias de distintos laboratorios de la FIUBA y de otras universidades para trabajar –en una primera etapa– en el estudio y desarrollo de generadores de energía undimotriz. “En el mediano plazo buscan consolidar un grupo multidisciplinario para trabajar temas de energías renovables marinas”, finaliza el Dr. Sosa.

El CEAN usualmente se vincula con actores del sector privado, tales como armadores, astilleros, estudios de ingeniería, etc. De igual manera, posee

convenios de cooperación científico-técnica con astilleros tanto del sector privado como del público, de los cuales podemos destacar especialmente la cooperación con el astillero TANDANOR. Al mismo tiempo, está relacionado con distintas universidades, en particular con aquellas en las que se estudia ingeniería naval o carreras afines –Facultad Regional Buenos Aires de la UTN, Facultad de Mar del Plata de la UTN, Universidad Nacional de Quilmes, Instituto Tecnológico de Buenos Aires–, con asociaciones profesionales –Asociación Argentina de Ingeniería Naval: AAIN, Consejo Profesional de Ingeniería Naval: CPIN –y con asociaciones industriales –Federación de la Industria Naval: FINA.

El canal de aguas tranquilas del CEAN, inaugurado en 1962, es el único en el país y uno de los pocos existentes a nivel regional. Posee 72 metros de largo, 3,6 metros de ancho y una profundidad variable de hasta 2 metros. Para poner en movimiento a los modelos, se debe disponer de un carro de estructura de acero que rueda sobre dos líneas de carriles que puede alcanzar velocidades entre 0,25 y 4 m/s con una precisión de 0,01 m/s. “Además, el canal posee un generador unidireccional de olas regulares, de tipo cuña en uno de sus extremos. El generador permite alcanzar olas regulares de hasta 0,5 metros de amplitud y períodos de hasta 7 segundos”, continúa Sosa. El CEAN, también, dispone de una fresa copiadora para confección de modelos –dimensiones máximas: eslora 3,0 m, manga 0,7 m y puntual 0,6 m.

Para las mediciones cuentan con un dinamómetro que mide resistencia al avance, hundimiento y asiento dinámicos en ensayos de tiro sobre aguas tranquilas o sobre las olas y dos dinamómetros para medir torque, empuje y rpm para ensayos de hélices sobre aguas abiertas y para ensayos de interacción hélice-casco. Asimismo, el CEAN cuenta con varias cámaras para los ensayos con modelos físicos –incluyendo una cámara sumergible– y dispone de una serie de sensores para medir distancias, temperatura del agua, presión ambiente, altura de ola, giros y aceleraciones de cuerpos, entre otros.

El Dr. Sosa está acompañado por un grupo estable de trabajadores del CEAN que abarca: un técnico electrónico, uno mecánico, un jefe de taller modelista, personal administrativo y personal de maestranza. A la vez, las personas que realizan tareas específicas de investigación y desarrollo son dos ingenieros navales, un ingeniero electrónico y un doctor en ingeniería. Destaca que el grupo está en crecimiento y en búsqueda



El Dr. Ing. Roberto Sosa.





Ensayo de resistencia al avance en aguas tranquilas.

de interesados o interesadas que quieran sumarse a trabajar e investigar temas de hidrodinámica naval y oceánica, y añade que el carácter multidisciplinario del campo de conocimiento permite que los y las interesadas sean de diferentes áreas –física, computación, matemática e ingeniería.

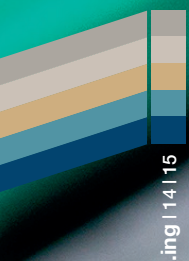
Debido a la reciente reincorporación del CEAN al INTECIN, el grupo de investigación accedió a algunos fondos de funcionamiento regulares. Desde el momento en el que Sosa asumió la dirección del CEAN, se han presentado diferentes planes de trabajo para obtener financiamiento de organismos públicos del sistema de ciencia y tecnología –iniciativa Pampa Azul del Ministerio de Ciencia y Tecnología, Proyectos de Investigación Plurianuales del CONICET, Ciencia y Tecnología de la UBA, Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica de la Agencia Nacional Promoción Ciencia y Tecnología–. Actualmente se esperan los resultados de dichas presentaciones". La idea que posee es la de poder establecer de manera estable una fuente de financiamiento asociada a los proyectos de investigación que se desarrollan dentro del laboratorio. Por último, el CEAN puede disponer de recursos propios en la medida que se realicen STAN. En este período breve, ya han realizado tres STAN que les han permitido adquirir insumos y equipamientos menores para comenzar con la reactivación de los trabajos en el CEAN.

Para finalizar, cuando desde .ing se le pregunta al Dr. Sosa qué tipos de políticas públicas considera necesarias para atender a las futuras problemáti-

**“Las expectativas que tenemos son grandes, sobre todo considerando algunos casos en donde ya se aprecian cambios significativos como es el caso del astillero TANDANOR, el Programa de Desarrollo de Proveedores del ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación y la iniciativa Pampa Azul”.**

cas que están vinculadas a su campo específico de investigación, responde que a pesar de que el CEAN cuenta con un cierto grado de autonomía, depende fuertemente de la actividad de la industria naval, por ende, de políticas públicas que impulsen la reactivación de la industria. “Las expectativas que tenemos son grandes, sobre todo considerando algunos casos en donde ya se aprecian cambios significativos, como es el caso del astillero TANDANOR y su renovado plan de construcciones navales, el Programa de Desarrollo de Proveedores del ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación, el cual cuenta con una línea específica para la Industria Naval y la iniciativa Pampa Azul, que busca impulsar tareas de investigación y desarrollo en torno al recurso marino argentino”, dice y amplía que los interlocutores directos –armadores, astilleros, estudios de ingeniería– trabajan al ritmo de la industria naval, en el que se puede observar un correlato directo entre la actividad naval argentina en los últimos sesenta años y las actividades de investigación y desarrollo realizadas en el CEAN desde su creación ■





INGENIERÍA  
DE LOS FLUIDOS





A close-up photograph of various microfluidic components on a dark, reflective surface. In the foreground, there are several clear plastic chips with intricate microchannels. A yellow T-shaped component is visible on a circular chip. A black and silver microfluidic pump or valve assembly is connected to green and red tubing. The background is dark and out of focus, showing more components and a green rectangular object.

# Aplicaciones de la microfluídica

El Dr. Ing. Juan Martín Cabaleiro, investigador del Laboratorio de Fluidodinámica, repasa los últimos avances de sus estudios sobre el comportamiento de fluidos a microescala.



Juan Martín Cabaleiro todavía no tenía claro cómo iba a ser su futuro profesional cuando el Dr. Ing. Guillermo Artana, docente e investigador de la facultad, le sugirió que cursara un doctorado. Eran los primeros años después de la crisis de 2001 y Cabaleiro trabajaba en su tesis de grado de la carrera de Ingeniería Mecánica. Su proyecto se basaba en el estudio del control de flujos supersónicos alrededor de perfiles con forma de diamante por medio del uso de actuadores de plasma, una propuesta que empezaba a delinear su experiencia en el movimiento de fluidos, las fuerzas que los provocan, su interacción con los contornos que los limitan.

Hasta que en 2004, siendo ya graduado de la FIUBA, lo aprendido como alumno y aquel consejo de su docente confluirían en una serie de desafíos al otro lado del océano Atlántico: primero, con un doctorado en el Grupo de Electro Fluido Dinámica del Instituto Pprime en Poitiers, Francia, donde estudiaría desarrollos experimentales y modelos teóricos para la electrización por escurrimiento de líquidos dieléctricos durante su puesta en movimiento; más tarde, con dos posdoctorados cortos –uno en Poitiers y otro en el Laboratorio de Física y Mecánica de Ambientes Heterogéneos (PMMH) de la Escuela Superior de Física y de Química Industriales de París (ESPCI), por sus respectivas siglas en francés–, en los que sus investigaciones abordarían la formación de microgotas por medio de campos eléctricos y la reconstrucción tridi-

mensional de un microjet de gas pulsado.

Todo lo trabajado por Cabaleiro en el área de la Mecánica de Fluidos le permitiría, a su regreso al país, incursionar en el sistema científico-tecnológico argentino: en 2009, tras presentar un proyecto que enlazaba sus aportes con la microfluídica –rama donde los fenómenos interfaciales cobran fuerte relevancia–, ingresaría a la carrera de investigador del CONICET, con lugar de trabajo en el Laboratorio de Fluidodinámica de la FIUBA, ubicado en el subsuelo de sede Av. Paseo Colón. Allí realizaría su actividad científica por más de una década, con promoción a investigador independiente incluida. Hoy, a sus 42 años, la propensión a los nuevos desafíos profesionales se mantiene. Desde julio de 2021, trabaja en el sector privado como chief technology officer (CTO) en Stämm Biotech, una *start-up* en expansión en el ámbito de la biotecnología. Lo que no cambia, está a la vista luego de dos décadas de investigaciones, es su dedicación hacia la microfluídica.

“En los inicios –recuerda Cabaleiro– los temas que investigaba tenían que ver con la aplicación de campos eléctricos para controlar el flujo en microcanales. Es decir, utilizar un campo eléctrico para bombear fluido a lo largo de un canal de escala microscópica, del orden del diámetro de un cabello. Ese estudio comprendía la realización de simulaciones numéricas, pero también el uso y puesta a punto de la técnica de microvelocimetría



Imagen de un microcanal del tamaño de un cabello (unos 100 micrones).



por imágenes de partículas, que consiste en sembrar el líquido con nanopartículas fluorescentes, cuyo movimiento es registrado mediante una cámara especial, ya sea de alta velocidad o de doble cuadro, para luego, mediante correlación cruzada de pares de imágenes, obtener el campo de velocidades. Así fue que pude poner a punto el primer *setup* experimental del país con esta capacidad, y aplicarlo a la obtención de campos de velocidades 3D 2 componentes dentro de microcanales”.

Al disponer de ese equipamiento, explica Cabaleiro, surgió también la propuesta de utilizar los campos eléctricos ya no como sistema de bombeo, sino como sistema de control para el mezclado de dos corrientes con diferentes solutos o partículas en suspensión. “Cabe aclarar que en microfluídica, los números de Reynolds son habitualmente muy bajos ( $<1$ ), por lo que los flujos son laminares, mientras que los números de Peclet son altos ( $>100$ ), entonces la mezcla de dos corrientes que fluyen paralelas es difícil, o se necesitan largos canales. Por esto, en general se adoptan estrategias para favorecer el mezclado. Esos mezcladores pueden ser pasivos o activos. Nosotros nos inclinamos por estos últimos, con la idea de hacerlo luego mediante un lazo cerrado”, detalla.

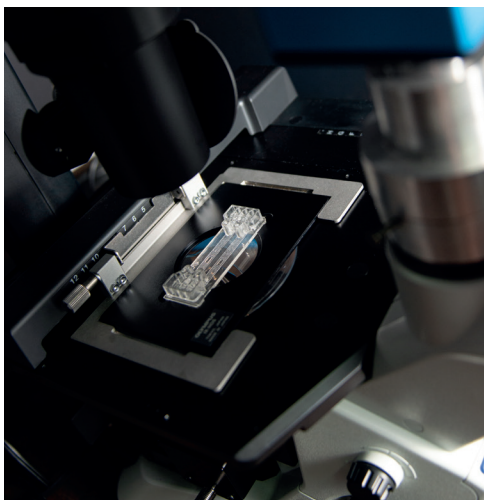
Otro tema de interés es lo que hace a las líneas de trabajo de Cabaleiro y, según destaca, de gran aplicación en estudios de susceptibilidad a drogas, tiene que ver con los generadores de gradientes de concentración. “Uno de mis últimos desarrollos antes de la llegada de la pandemia del COVID-19 fue el diseño de un innovador generador de gradiente independiente del caudal, que fue a su vez fabricado mediante impresión 3D en el laboratorio”, repasa el ingeniero mecánico de la UBA.

Y agrega sobre las distintas áreas en las que podría utilizarse ese desarrollo: “Las aplicaciones que más me interesan son aquellas vinculadas al área de detección de enfermedades, la producción de medicinas de alto valor agregado y a productos relacionados con la industria farmacéutica en general, es decir, a aplicaciones biológicas”.

En ese sentido, en lo que respecta a la transferencia de conocimiento desde el Laboratorio de Fluidodinámica de esta Casa de Altos Estudios, dice Cabaleiro que desde 2015, se vienen rea-



El Dr. Ing. Juan Martín Cabaleiro, en el Laboratorio de Fluidodinámica ubicado en la sede de FIUBA, en Av. Paseo Colón 850.



Chip microfluidico ubicado en un microscopio invertido de fluorescencia.

lizando colaboraciones con distintos espacios de investigación, tal es el caso del Grupo de Nanomedicinas a cargo de la Dra. Lucía Policastro en el Centro Atómico Constituyentes (CAC) de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), cuya interacción permitió obtener una patente en 2020 y a partir de la cual se depositó recientemente otra solicitud en el Instituto Nacional de la Producción Industrial (INPI). Además, se prestan servicios de asesoramiento para empresas como YPF Tecnología, MZP Tecnología, CASPR Biotech y Stämm Biotech, la *start-up* en la que desarrolla actualmente su actividad profesional sin perder contacto con sus aportes a la ciencia producidos en el ámbito de la FIUBA.

Acerca de este tipo de interacciones con el sector privado, dice el doctor en Ingeniería del Instituto Pprime de Poitiers que, en líneas generales, el contacto es a través de herramientas como los servicios tecnológicos de alto nivel o en algunos casos a través de convenios de investigación y

desarrollo. “En esos casos, la carga burocrática es bastante más pesada. Fuera de esas cuestiones, el vínculo en sí implica un compromiso con el resultado, con tiempos que en general son más rígidos que los de la investigación en sí. Entran en juego otros factores para los que hay que estar preparado, por ejemplo, ser más dinámicos y poder adaptarse a los cambios”, señala.

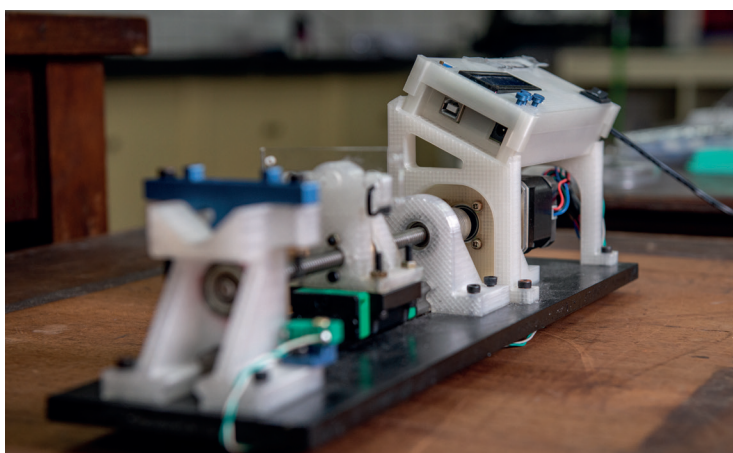
Numeroso y dotado de equipamiento específico para el estudio de la mecánica de fluidos, el laboratorio financia sus tareas a través de subsidios de la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (I+D+i), de UBACyT y de un Programa de Investigación Plurianual del CONICET por su línea de investigación sobre microfluídica, como también, en mayor medida, a partir de los servicios tecnológicos que son prestados al sector privado.

“Para los desarrollos sobre mecánica de fluidos en general, se cuenta con túneles de viento, sistemas de velocimetría, sistemas de medición de presión, cámaras rápidas y equipamiento electrónico, entre otros. Para la línea de microfluídica en particular, se dispone de un microscopio invertido de fluorescencia, una lupa estereoscópica trinocular, un microscopio digital, cámaras rápidas y de PIV, impresoras 3D de resina y filamento, equipamiento para litografía, una laminadora, un *plotter* de corte y equipamiento para curado de PDMS (deseccador y bomba de vacío, horno, centrífuga, balanza de precisión). Además, contamos con el equipamiento específico para generar y medir campos eléctricos en los microcanales, como fuentes DC y alterna, un generador de funciones, osciloscopios y electrómetros de baja corriente”, precisa Cabaleiro.

Todavía director de tesis de doctorado y, en el pasado, tutor de diversos tesisistas de grado que pasaron por el laboratorio, Cabaleiro concluye su diálogo con .ing opinando sobre los aspectos que deberían contemplar las políticas públicas en ciencia y tecnología, a fin de dar respuestas a las problemáticas futuras. “Hay que simplificar el vínculo con las empresas, eliminar trabas burocráticas, aumentar financiamiento de investigación y, sobre todo, aumentar el salario de los investigadores y los montos de estipendios de los becarios”, opina Cabaleiro, avalado por décadas de producción de conocimiento científico en el sector público y, ahora también, desde el ámbito privado ■

## “La microfluídica es un campo con muchas aplicaciones.

Las que más me interesan son aquellas vinculadas al área de detección de enfermedades, la producción de medicinas de alto valor agregado y las aplicaciones biológicas”.



Bomba dosificadora a jeringa de bajo caudal (100 nanolitros por minuto).





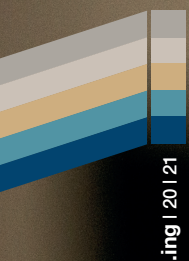
## **Encontrá tu propósito y formá parte del cambio**

Sumate a nuestro equipo de personas que combinan su ingenio con las últimas tecnologías para resolver algunos de los mayores desafíos que existen en el mundo.

[accenture.com/empleosargentina](https://accenture.com/empleosargentina)

  
**accenture**





INGENIERÍA  
DE LOS FLUIDOS

.ing | 20 | 21



# Ciencia y tecnología en los poros

En una charla con .ing, la **Dra. Irene Ippolito** repasa las áreas de investigación del grupo de investigadores que dirige, integrantes del Grupo de Medios Porosos de la FIUBA, cuya diversidad abarca proyectos vinculados al transporte en industrias de granos como la conservación y protección del agua en suelos.



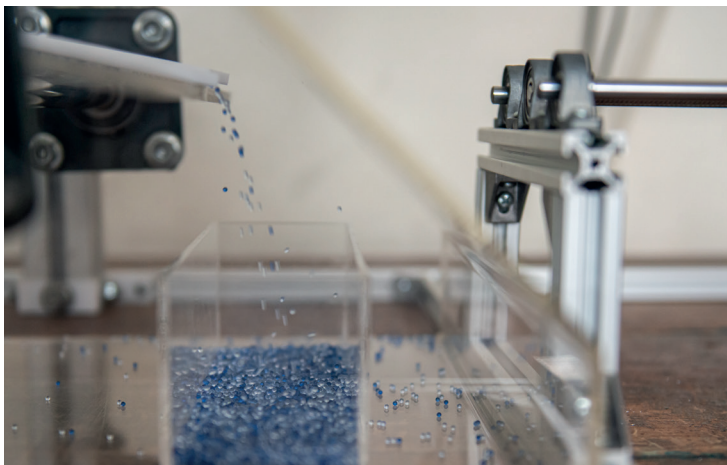
**E**l transporte de fluidos en medios porosos absorbentes abarca problemáticas de diversas áreas: en la biología, por ejemplo, se pueden citar los tejidos que se hinchan después de una lesión. En la ingeniería, las estructuras formadas por celulosas, como los granos de alimentación, son muy afectadas cuando se encuentran en entornos húmedos. En la industria farmacéutica, la función de muchos de los excipientes de comprimidos es la de absorber agua, aumentar su volumen, hasta desintegrarse. Conocer la absorción y deformación de las partículas de polvo es fundamental, como así también el transporte de agua para llegar a disolver y transportar el agente activo.

El estudio del comportamiento del fluido en interacción con esos materiales es uno de los objetivos de un grupo de investigadores jóvenes dirigidos por la Dra. Irene Ippolito y que forman parte del Grupo de Medios Porosos de la FIUBA. La Dra. Ippolito comparte en esta edición de *.ing* sus últimos alcances.

“Existe un aspecto importante y es que esos granos que se hidratan son porosos, alojan en general agua y, además, pueden retener agentes químicos como, por ejemplo, metales pesados. Por eso, se estudia hoy su potencialidad en procesos de remediación de aguas. Otros usos son los materiales porosos absorbentes de tintas y actualmente la recuperación de la calidad del agua en zonas de humedales. Hace varios años que estamos asistiendo a los incendios de pastizales y vegetación nativa que modifican la capacidad de filtrar y retener naturalmente agua de los suelos proveniente de capas superficiales. Además de las consecuencias atmosféricas, el material que se libera de la quema se escurre en las aguas o se deposita modificando las concentraciones de nutrientes, de metales y de carbono, y esto impacta sobre la calidad del agua. La regeneración lleva muchos años, siempre y cuando no sea afectada por otros factores como la urbanización, la deforestación, entre otros; y los medios porosos absorbentes podrían acompañar ese proceso”.

Desde hace años, la Dra. Ippolito trabaja en dos grandes líneas de investigación: por un lado, la de flujos y mezclas de materiales granulares y, por el otro, en el transporte de fluidos en medios porosos fracturados.

En el primer caso, el interés científico radica particularmente en cómo mezclar granos. Cuando se movilizan granos por ejemplo de distinto tamaño, tienden de manera natural (independientemente del movimiento) a separarse o segregar. Este fenómeno también se produce cotidianamente en



una planta de acopio de materia prima de granos "finos y gruesos" en cementeras durante la producción de combustibles sólidos que utilizan partículas de distinta densidad o en la elaboración de medicamentos. Dice Ippolito: “Esto significa que si necesitamos mezclar esos granos, debemos aportar energía”. Cuando, además, el entorno es húmedo, como por ejemplo en la región, con días de tasa relativa media entre el 70 y el 80 por ciento, los procesos se complican, pues aparecen efectos capilares (la típica sal o harina, que queda expuesta)”.

Sobre la línea de flujos en fracturas y medios porosos, explica Ippolito que “cuando ingresan fluidos en estructuras de geometría compleja y deben desplazar a otro fluido, hay que tener en cuenta dicha matriz y las propiedades del conjunto de la materia y de fluido que se transporta. De eso depende que los fluidos se mezclen bien o no, o que se disperse mucho un contaminante, o que se recupere lo que existe en la roca, o que las bacterias sigan nadando alrededor de granos que componen un suelo, independientemente de la velocidad del fluido cuando se las inyecta para la remediación. En este camino, empezamos a preguntarnos qué rol juega la fase sólida cuando puede hidratarse (absorber) y cambiar su volumen a medida que se desplazan los fluidos. Hasta ese entonces, no nos habíamos preocupado por el cambio en el tiempo de geometría de los huecos, porque siempre era la misma, no se podían deformar durante el pasaje del líquido”, detalla la entrevistada.

Según cuenta esta científica de la FIUBA, existen procesos en donde la matriz que se hincha y se deforma empieza a jugar un rol importante cuando se trata de arrastrar esas aguas contaminadas: el tamaño de los canales por el que circula el fluido cambia, el flujo que transporta el contaminante intercamia con la matriz durante el proce-

Granos de distinto tamaño fluyendo de una tolva bajo entorno con humedad controlada.

Página anterior: Hidratación de hidrogeles en una solución acuosa fluorescente sometidos a un esfuerzo axial aplicado.

so de absorción, y esto tiene gran impacto sobre el transporte. “Hoy estudiamos modelos simples de medios porosos que se hinchan construidos con perlas de hidrogel, que son las mismas que se utilizan para colocar en macetas en lugar de tierra. Básicamente, se llena con estas perlas un recipiente con tapa que permita entrar y salir el fluido, y cuando entran en contacto durante el flujo, cada una de estas perlas puede aumentar hasta 15 veces su tamaño. Esto ocurre porque ellas mismas se transforman en medios porosos expansibles para alojar el líquido. Estos materiales son versátiles, amigables con el medio ambiente y baratos”, afirma.

Licenciada en Física en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA, doctora en Física de la Université Pierre et Marie Curie (París, Francia), Ippolito actualmente es profesora titular regular, en la FIUBA e investigadora principal del Conicet. El inicio de sus actividades científicas en la facultad comenzó en el año 1987, en el marco de su tesis de Licenciatura en Ciencias Físicas. “El primer contacto científico con los medios porosos fue a propuesta de las profesoras y doctoras Marta Rosen y Adriana Calvo para realizar mi tesis. Recuerdo que había mucha relación con los laboratorios de YPF de Florencio Varela, y el área en desarrollo era el estudio experimental del flujo de fluidos miscibles en el interior de lechos porosos. Simplemente, en ese entonces, se saturaban lechos con un líquido (agua pura, por ejemplo) y se invadía con un segundo líquido miscible con el primero (agua contaminada). Este tema sigue siendo de gran interés en el campo de la ingeniería de suelos, en lo que hace a la dispersión de poluentes y de reservorios en todo lo vinculado a la recuperación asistida de petróleo. En ambos casos, es importante conocer la distribución de los líquidos y cómo se ‘mezclan’ o dispersan en el interior en función del tiempo, cuando se establece un flujo”, explica.

Ippolito recuerda que en aquel entonces cursó una materia que dictaba la Dra. Susana Bidner (del Departamento de Ing. Química). En dicha instancia,

comenzó a familiarizarse con las complejidades que tenían los diferentes fluidos de acuerdo a sus propiedades, para moverse en un medio sólido con huecos, que es la imagen simple de un medio poroso con la que empieza a tratar del tema en la materia que dicta actualmente: Física de Fluidos.

“En el grupo se hacían experiencias para tratar de entender los diferentes mecanismos que ocurren durante el transporte y el desafío experimental – cuenta Ippolito–. Intentábamos desarrollar técnicas experimentales para estudiarlos porque esos medios no son transparentes (se usaban rocas tipo brea) y se construían artificiales (microesferas de vidrio) en dos y tres dimensiones, dentro de los cuáles se inyectaban fluidos. Se usaban, por ejemplo, trazadores radioactivos, y la propuesta para mi trabajo fue utilizar la técnica de absorción de microondas para seguir al fluido. Ahí tomé contacto con el tema y conocí al Ing. Carlos Beláustegui Goitia, del Departamento de Electrónica, quien facilitó el equipamiento. Esta última técnica experimental se aplicó inicialmente al estudio del desplazamiento de fluidos miscibles de igual densidad para determinar coeficientes de mezcla tanto en condiciones estables como de digitación que aparece en un lecho vertical cuando un fluido menos denso desplaza, de abajo hacia arriba, al más denso”.

El grupo, en ese entonces, había iniciado colaboraciones con Francia, que se continúan hasta la fecha, y luego de la visita del Prof. Jean-Pierre Hulin –Profesor Honorario de la UBA a iniciativa de la FIUBA–, Ippolito recibió una propuesta de realizar su tesis doctoral en el laboratorio del mismo Hulin, perteneciente a la École Supérieure de Physique et de Chimie (ESPCI-París). “Con una beca del ministerio francés cofinanciada por Dowell Schlumberger (Cambridge) hice mi tesis de doctorado en el desplazamiento de fluidos y solutos en fracturas, que pueden considerarse un caso particular de medios porosos. Esto me llevó a participar, además, de un gran programa de geotermia artificial europeo que implicó la realización de varias campañas de ensayos en sitios graníticos experimentales en la región del macizo Central (Francia)”, comenta. Y agrega: “A lo largo de los años, la característica que más me fue interesando y que fue guiando un poco mis actividades de investigación fue la visión de que los medios porosos como grandes mezcladores gracias a la geometría imbricada o tortuosa de los canales de flujo que se generan entre los huecos, conectados o no, y que hacen que las especies transportadas vayan por diferentes caminos y así se vayan mezclando”.

Dado el carácter multidisciplinario de las investigaciones de este equipo del Grupo de Medios Porosos, la interacción con otros equipos científicos resulta indispensable. En el ámbito de la FIUBA,

Delante:  
Dra. Irene Ippolito.

Detrás de izq. a derecha:  
Lic. Alejandro García,  
Ing. Sebastián Falcioni (ambos doctorandos FIUBA);  
Dr. Leonardo Binda y la  
Dra. Ing. Lucrecia Rohrt.



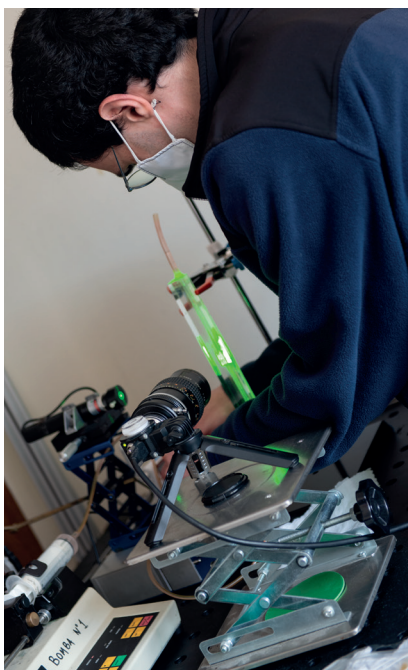


interactúan con el Grupo de Aplicaciones de Materiales Biocompatibles, el Laboratorio de Química de Materiales Magnéticos y el recientemente creado Instituto de Química Aplicada a la Ingeniería. El intercambio científico no sólo trasciende las paredes de la facultad con desarrollos conjuntos con universidades nacionales como la de San Luis, Entre Ríos y del Litoral, sino que también existe con unidades académicas del exterior, como la Universidad de París Saclay; la Universidad de Rennes 1, en Francia; la Universidad de Rutgers, en EE. UU., y la Universidad del País Vasco.

“En cuanto al sector privado, transferimos conocimiento generado a partir de la modelización experimental de problemas determinados: plantas de acopio de materia prima en cementeras (Cementos Avellaneda) o en la producción de materiales refractarios (Siderca). También hay vínculos con sectores estatales, como en el caso de absorbentes, acopio de granos y compactación de suelos para el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), combustible sólido para la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y algunas intervenciones en la Cámara de la Industria (San Luis)”, detalla la Dra. Ippolito.

El instrumental del que actualmente dispone Ippolito y su equipo de trabajo cuenta con una infraestructura que se basa en técnicas de visualización. Esto implica que dispongan de cámaras de video de alta resolución y otras que permiten adquirir muchas imágenes por segundo. También cuentan con láseres de poca potencia que utilizan para visualización de fluidos y partículas, herramientas de taller, un microscopio y material de laboratorio, además de un *software* de tratamiento de imágenes desarrollado por el mismo Grupo de Medios Porosos, que a su vez posee otros equipos de caracterización de propiedades de fluidos. Vale señalar que el Grupo de Medios Porosos de la FIUBA se financia con fondos provistos por la UBA, el CONICET (Proyecto de Investigación Plurianual-PIP) y la Agencia Nacional de Promoción de la Investigación (ANP-CyT). A su vez, forman parte del programa International Research Project (IRP CNRS-CONICET), denominado “Ingenierías Verdes”.

Ya en el tramo final de su conversación con *.ing*, sobre las políticas públicas necesarias a fin de atender futuras problemáticas vinculadas a su campo específico de investigación, la Dra. Ippolito traza dos perspectivas muy claras: “Se ha puesto de manifiesto en la pandemia la necesidad de tener políticas claras de formación en ingeniería, no sólo para responder problemas concretos sino especialmente para desarrollos a largo plazo. Para eso se necesitan política científica clara y a largo plazo. La FIUBA debe ser parte de esta discusión. Por un lado, por su objetivo de formar ingenieras e ingenieros con la modernización de planes de estudio; que la formación se comple-

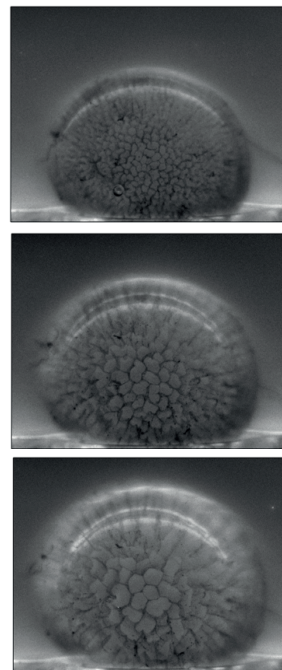


Izquierda:

I Lic. A. García iniciando una medición experimental del seguimiento de una suspensión oscilante en un canal de flujo.

Derecha:

Secuencia de crecimiento de un hidrogel en una solución acuosa con rodamina. Se observa la expansión de sus cadenas poliméricas dando lugar al aumento del volumen poral.

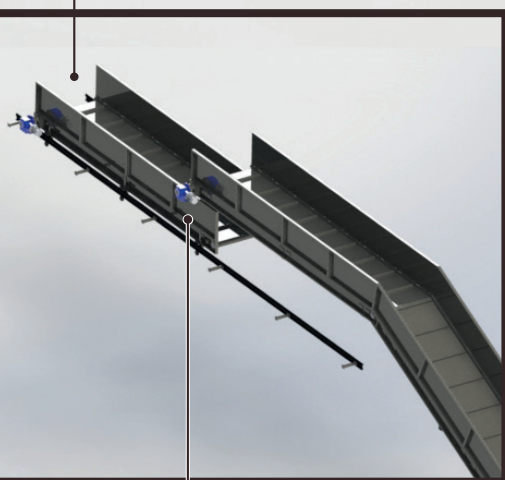
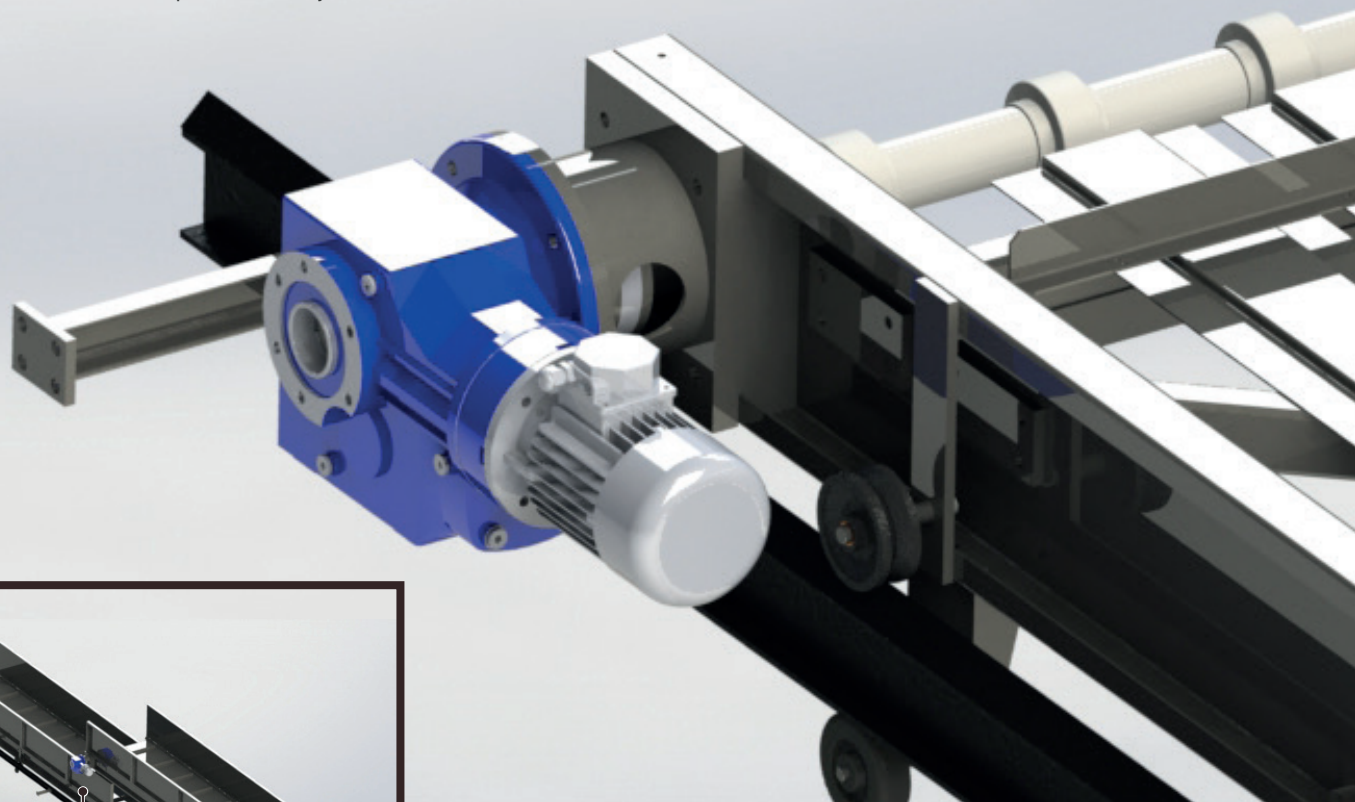


“En cuanto al sector privado, transferimos conocimiento generado a partir de la modelización experimental de problemas determinados: plantas de acopio de materia prima en cementeras (Cementos Avellaneda) o en la producción de materiales refractarios (Siderca)”.

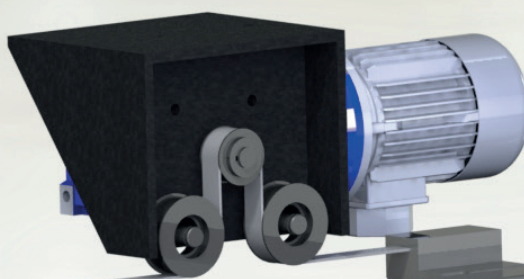
te en mucho menos tiempo y que desde prácticamente su ingreso, los estudiantes tengan la posibilidad de participar en proyectos de investigación y desarrollo a través de la relación con los laboratorios. De participar en proyectos vinculados con la comunidad irradiando incluso desde el barrio en el que nos encontramos en las distintas sedes hacia otras regiones. Que se profundice la visibilidad de las actividades de investigación y desarrollo y cerrar más lazos, ya no sólo con el tan necesario medio productivo, sino con el social que tanto necesita de aportes, muchas veces, sencillos. Todo ello es posible generando espacios de discusión de toda la comunidad de la facultad para lograr objetivos claros y aportar los proyectos que sean necesarios hacia afuera y llegar a sectores que, de otra forma, seguirán en el olvido” ■

## CINTA DE DISTRIBUCIÓN DE CUERPOS FLOTANTES EN EL AGUA EN LOS CONTENEDORES

Estructura y mecanismo de movimiento con un motorreductor anclado a la cinta. Independiente del sistema del barco para moverse junto con la misma.



Sistema de movimiento mediante correa sincronizada, para la cinta de distribución montada sobre rieles.



Motorreductor anclado al extremo de la cinta mallada. Proporcionando la mejor opción para mantenimiento.



# Sistemas de intercepción y recolección de residuos sólidos flotantes de cuerpos de agua

**Autónomo y alimentado por energías renovables, podrá ser aplicado en cuencas contaminadas. El objetivo principal de este desarrollo es evitar el ingreso de residuos a los mares y minimizar la contaminación local.**

El proyecto se coordina desde el Grupo de Investigación y Desarrollo Ingeniería Sustentable (GIDIS) de la FIUBA, integrando una de sus líneas de investigación, y en el que participan 34 estudiantes de carreras de Ing. Industrial, Mecánica, Naval y Electrónica y tutores, docentes, graduados e investigadores de diversos departamentos, y grupos de investigación y laboratorios de la facultad.

## FUNCIONAMIENTO:

Desde la captación del residuo en el agua, su transporte y elevación hacia la cinta de distribución, y la cinta de distribución, que según el sistema de automatización, irá distribuyendo los residuos en los tachos que se encuentran en el pontón, hasta lograr una distribución equilibrada y homogénea. Una vez completo, el sistema se detiene y genera un aviso para que se proceda a la descarga del pontón lleno, su correspondiente recambio para así continuar en operación nuevamente.

El sistema integral también contempla, además del diseño de la embarcación, la determinación del número y localización de los interceptores en la cuenca, la gestión del retiro de los residuos, su posible valoración y su adecuada disposición final.

El diseño del interceptor cuenta con el apoyo de la UBA a través del PDE 46/2021 y fue presentado en el Congreso de Ingeniería CADI/CLADI 2021. Además, forma parte de la línea "Desarrollo Sustentable" del Proyecto Vectores de la FIUBA.

# Monitoreo remoto y visualización en tiempo real de sistemas de señalamiento ferroviario<sup>1</sup>

R. Ghignone, F. Larosa, L. Dórdolo, A. Lutenberg

R. Ghignone, F. Larosa: GICSAFE - Grupo de Aplicaciones en Sistemas Embebidos, UTN-FRH.

L. Dórdolo: CGICSAFE - Gerencia de Señalamiento, Línea Mitre, Trenes Argentinos Operaciones. A.

Lutenberg: GICSAFE - Laboratorio de Sistemas Embebidos Facultad de Ingeniería - UBA.

<sup>1</sup>Artículo incluido en el libro del CASE 2020.

## Resumen

Este trabajo describe el proceso mediante el cual una herramienta de *software* para simulación y desarrollo de sistemas ferroviarios fue adaptada para visualizar información provista en tiempo real por sistemas embebidos de monitoreo. Se detalla la arquitectura de *software* utilizada en la interfaz de visualización y el flujo de datos implementado en los elementos de monitoreo. También se describen las pruebas realizadas en campo para verificar el correcto funcionamiento del sistema y su aplicabilidad inmediata en el control diario de la red ferroviaria.

## Palabras clave

Señalamiento ferroviario, monitoreo remoto, patrones de diseño de *software*.

## 1. Introducción

### A. Marco del proyecto

De acuerdo a datos provistos por la Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT) de la República Argentina, en 2019 se transportaron más de 22 millones de toneladas de cargas en trenes de todo el país [1] y más de 430 millones de pasajeros en servicios regulares del Área Me-

tropolitana de Buenos Aires [2]. El movimiento de estos volúmenes de bienes y personas produce un fuerte desgaste en sensores, señales, cambios, barreras y otros elementos del señalamiento ferroviario. Estos dispositivos son indispensables no solo para el correcto funcionamiento del sistema sino también para su seguridad, ya que evitan accidentes tales como colisiones y descarrilamientos [3].

### B. Cronología de trabajos previos

Por los motivos mencionados, en la última década en Latinoamérica se han diseñado distintos proyectos orientados al dimensionamiento y mantenimiento de estos sistemas [4]. Dada la extensión de este artículo no es posible presentar un estudio detallado al respecto. En particular, durante los años 2017 y 2018 nuestro grupo de trabajo desarrolló un sistema de monitoreo de barreras ferroviarias automáticas [5] capaz de detectar y reportar la proximidad de trenes y la posición de las barreras que evitan el paso vehicular o peatonal. Este proyecto fue galardonado en 2018 con el Gran Premio del Concurso Nacional de Innovaciones INNOVAR 2018 [6].

A partir de este trabajo, durante 2019 se avanzó hacia una versión capaz de monitorear y reportar no solo posiciones de trenes y barreras,



sino también el estado de los cambios de vía y las señales lumínicas que indican al conductor del tren las maniobras que debe llevar a cabo [4,7]. En paralelo con este proyecto, se desarrolló una herramienta de *software* para el diseño, simulación y verificación de sistemas de enclavamiento ferroviario, los cuales controlan el accionamiento seguro de los dispositivos de señalamiento [8].

Esta herramienta incorpora una interfaz gráfica mediante la cual el usuario puede construir un diagrama de señalamiento, interactuar con él y visualizar el comportamiento del sistema, verificando el cumplimiento de las reglas de seguridad requeridas por la aplicación particular. A fines del año 2019, se planteó la posibilidad de adaptar la aplicación de simulación para que sea capaz de recibir, a través de los servidores de la empresa Trenes Argentinos, la información reportada desde los dispositivos de monitoreo.

## 2. Arquitectura de integración

### A. Transmisión de datos

La fig. 1 ilustra la topología implementada para la red de monitoreo, la cual es similar a la utilizada en otras redes de sensores inalámbricos como las ilustradas en [9-12]. Cada uno de estos sistemas embebidos de monitoreo detectan, procesan y almacenan señales que representan el estado de los dispositivos en campo. A partir de la información recolectada, se elabora una trama de datos en formato JSON (del inglés JavaScript Object Notation) [13] que contiene las mediciones efectuadas por cada módulo de monitoreo, así como también indicadores de su estado de operación, identificador asociado a cada dispositivo, fecha y hora de la medición, entre otros. La transmisión de los datos se realiza por medio de Internet utilizando el protocolo MQTT (del inglés Message Query Telemetry Transport) [14-15] con encriptación TLS (del inglés Transport Layer Security) [16]. En la fig. 1 puede verse la división de los dispositivos en *publishers*, *brokers* y *subscribers* según define el protocolo MQTT.

### B. Recepción de datos

La fig. 2 muestra la arquitectura en capas implementada en el *software* de visualización. La aplicación fue desarrollada en lenguaje Python 3 y utiliza Qt 5 [17] como librería gráfica. El fac-

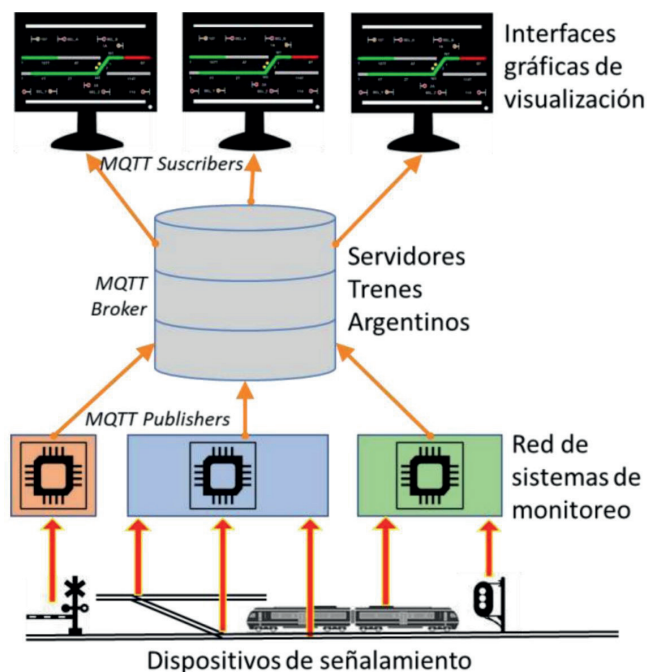
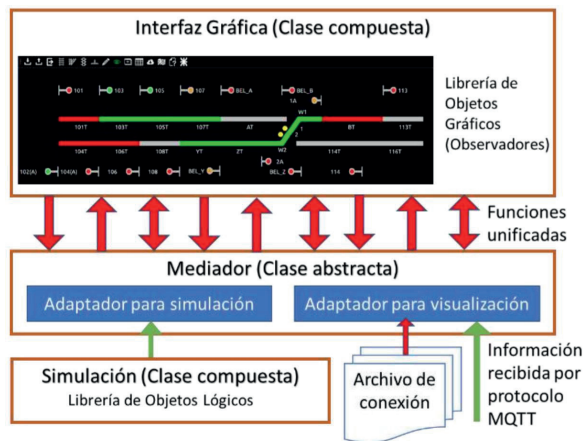
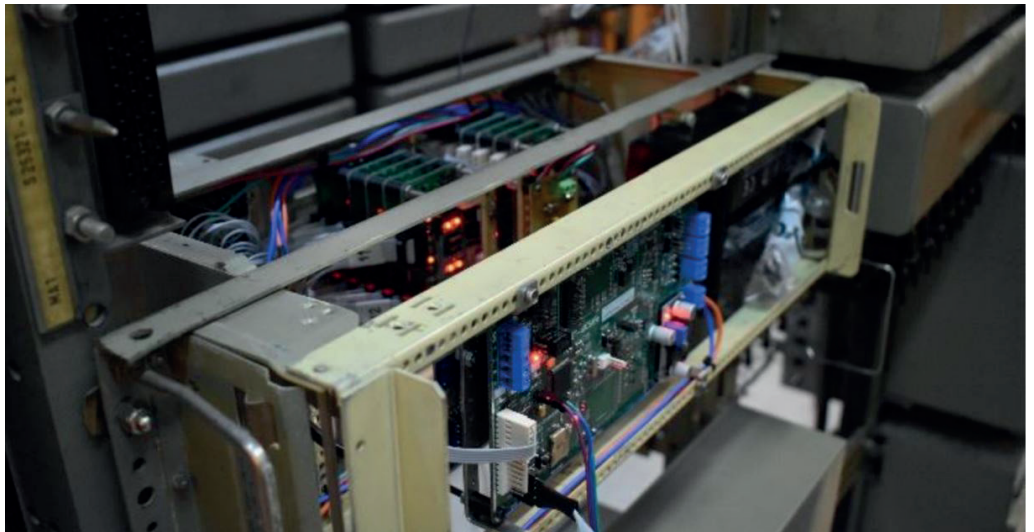


Fig. 1: Flujo de datos en la red de monitoreo y visualización.

**Fig. 2:**  
Patrones de  
diseño en la  
interfaz de  
visualización.



**Fig. 3:**  
Sistema modular  
de monitoreo de  
señalamiento.



tor fundamental para la integración fue el uso de patrones de diseño [18]. Como puede verse en la imagen mencionada, una capa intermedia llamada “mediador” abstrae a la interfaz gráfica de la fuente de datos utilizada, que puede ser una simulación o un mensaje MQTT. De esta forma, las funciones utilizadas por la interfaz gráfica para actualizar su estado se independizan del tipo de mensaje representado y la única modificación necesaria es describir el objeto “adaptador” para cada nueva fuente de datos a incorporar. Los métodos de cada adaptador se heredan de la clase mediadora.

El establecimiento de la conexión requiere configurar parámetros tales como la dirección del *broker* MQTT, el tópic a suscribir o el tipo de dispositivo transmisor. Por otro lado, es necesario asociar cada dato en la trama JSON enviada por los monitores a uno de los símbolos mostrados en la interfaz gráfica. Todas estas funciones son cumplidas por un archivo de configuración en formato CSV (del inglés Comma-Separated Values) elaborado por el usuario. El lenguaje de dominio específico (DSL, del inglés Domain-Specific Language) [19] empleado en este archivo está documentado en un manual de usuario integrado en la aplicación.

### 3. Pruebas y resultados

#### A. Monitoreo en tiempo real de paso a nivel

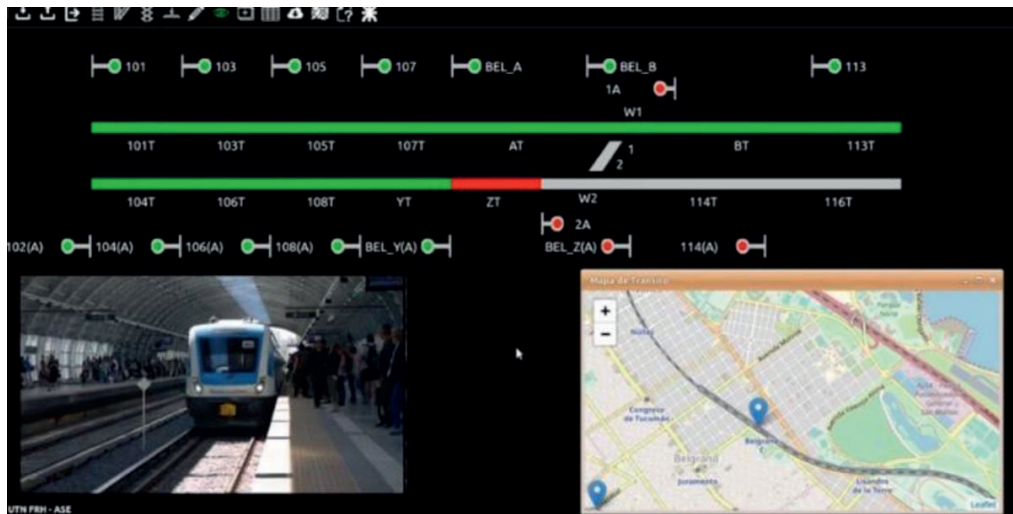
La primera prueba de visualización se realizó empleando los datos transmitidos por un monitor de barreras ferroviarias instalado en la localidad de Olivos, Provincia de Buenos Aires. En este caso,



sólo se monitoreó el estado de las barreras y los circuitos en vía que detectan la proximidad del tren. Este ensayo inicial sirvió como prueba de concepto para la arquitectura de integración. En [20] puede verse un video del sistema en operación.

## B. Monitoreo en tiempo real de sistema de señalamiento

En una segunda instancia, se llevó a cabo un ensayo en la estación Belgrano C del ramal Tigre de la Línea Mitre. En este caso, se empleó el sistema modular de monitoreo mostrado en la fig. 3, compuesto por una serie de 12 módulos acoplables, cada uno de los cuales puede medir hasta 8 líneas digitales.



**Fig. 4:**  
Interfaz de visualización para la estación Belgrano C.

De esta forma, se logró reportar un total de 96 señales para caracterizar el estado de todos los dispositivos de señalamiento presentes en las inmediaciones de la estación. El video de estas pruebas puede encontrarse en [21], mientras que en la Fig. 4 puede verse la interfaz gráfica y el mapa integrado que muestra la posición cronograma del tren según datos provistos por el Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires [22].

## 4. Conclusiones

Las ventajas de la solución aquí presentada pueden ser evaluadas desde distintas perspectivas. Desde un punto de vista puramente técnico, la escalabilidad de la arquitectura propuesta permite su aplicación en redes de monitoreo extensas. Además, la reutilización de la interfaz gráfica de simulación para visualizar los datos y los patro-

nes de diseño aplicados le aportan la flexibilidad necesaria para ser adaptada a otros dispositivos de monitoreo, existentes o futuros. En [4] puede encontrarse un estudio detallado de otras alternativas de este tipo desarrolladas en Latinoamérica en la última década.

Con respecto a su valor para el sector ferroviario, este sistema permite el monitoreo y visualización en tiempo real del sistema de señalamiento sobre una interfaz gráfica independiente de las diversas tecnologías presentes en el campo. De esta manera, se posibilita el diagnóstico inmediato de fallas y la reducción de tiempos de reparación, interrupciones y accidentes por barreras defectuosas. Además, los datos recolectados sirven para facilitar el control del tránsito ferroviario y la optimización de servicios e infraestructuras. Existen incluso países que permiten el libre acceso a los datos de señalamiento recolectados para elaborar interfaces públicas como las ilustradas en [23].

Finalmente, vale destacar que actualmente se está trabajando en la extensión de esta red de monitoreo sobre otras estaciones de la misma línea antes mencionada.

## Bibliografía

- [1] Comisión Nacional de Regulación del Transporte, datos históricos de explotación de trenes de carga hasta el año 2019. Disponible en: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/datos\\_historicos\\_de\\_explotacion\\_hasta\\_el\\_ano\\_2019\\_1.xlsx](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/datos_historicos_de_explotacion_hasta_el_ano_2019_1.xlsx)
- [2] Comisión Nacional de Regulación del Transporte, Pasajeros pagados transportados en el AMBA entre 1993 y 2020. Disponible en: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ffcc\\_pax\\_2020-03.xlsx](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ffcc_pax_2020-03.xlsx)
- [3] Institution of Railway Signal Engineers (IRSE), "Study Guide for Module 3 – Signalling Principles", pp. 63-73.
- [4] Dórdolo, L. *et al.* "Modular System for the Monitoring of Railway Signalling Equipment", IEEE Latin America Transactions, Vol. 18, n.º 2 (Special Issue on Embedded Systems), pp 280-287.
- [5] Laiuppa, A. *et al.* "Sistema de monitoreo remoto de barreras ferroviarias automáticas", Memorias del IX Congreso Argentino de Sistemas Embebidos (CASE 2018), ISBN 978-987-46297-5-3, pp. 102-107.
- [6] CONICET, "Un monitor de barreras para optimizar el sistema ferroviario" [en línea], octubre 2018. Disponible en: <https://www.conicet.gov.ar/un-monitor-de-barreras-para-optimizar-el-sistema-ferroviario/>
- [7] Dórdolo, L. "Visualizador del estado del sistema de señalamiento ferroviario", Memoria de trabajo final de maestría en sistemas embebidos, FIUBA, diciembre 2019.
- [8] Ghignone R. *et al.* "Generación automática de modelos y código para sistemas electrónicos de enclavamiento ferroviario", X Congreso Argentino de Sistemas Embebidos (CASE 2019), ISBN 978-987-46297-6-0, pp. 17-19.
- [9] Grgić, K., Špeh, I. y Hedí, I. "A Web-Based IoT Solution for Monitoring Data Using MQTT Protocol", International Conference on Smart Systems and Technologies (SST), Osijek, pp. 249-253, 2016.
- [10] Kim, D., An, B. y Kim, N. "Architecture Model of Real-Time Monitoring Service Based on Wireless Sensor Networks", 10th International Conference on Advanced Communication Technology, Gangwon-Do, pp. 95-98, 2008.
- [11] Li, X., Huang, Q. y Wu, D. "Distributed Large-Scale Co-Simulation for IoT-Aided Smart Grid Control", IEEE Access, pp. 1-1, 2017. doi: 10.1109/ACCESS.2017.2753463.
- [12] Baumgart, A. "Towards Flexible Distributed Real-Time Monitoring and Managing of Workflows", Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, Saskatoon, pp. 1582-1585, 2005.
- [13] *The JSON Data Interchange Syntax, ECMA-404 Standard*, ECMA International, 2.ª edición, 2017.
- [14] MQTT, MQ Telemetry Transport, M2M/Internet of Things Connectivity Protocol, (2019). [en línea]. Disponible en: <http://mqtt.org>
- [15] Mosquitto, Eclipse MosquittoTM, an Open Source MQTT Broker (2019). [en línea]. Disponible en: <https://mosquitto.org/>
- [16] TLS, The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3 (2019). [en línea]. Disponible en: <https://tools.ietf.org/html/rfc8446>
- [17] The Qt Company, Qt Project Homepage [en línea]. Disponible en: <https://www.qt.io/>
- [18] Gamma, E., Helm, R., Johnson, R. y Vlissides, J. "Patrones de diseño", 1.ª edición, Addison-Wesley, 2003.
- [19] Fowler, M. y Parsons, R. "Domain-Specific Languages", 2.ª edición, Addison-Wesley, 2012.
- [20] Pruebas de monitoreo remoto y visualización en tiempo real de un paso a nivel en la Estación Olivos, Línea Mitre en línea]. Disponible en: <https://youtu.be/RYM2WtwuuHA>
- [21] Pruebas de monitoreo remoto y visualización en tiempo real del sistema de señalamiento de la Estación Belgrano C, Línea Mitre [en línea]. Disponible en: <https://youtu.be/mS2wMdD2Igc>
- [22] Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Plataforma abierta de Datos de Transporte [en línea]. Disponible en: <https://www.buenosaires.gob.ar/desarrollourbano/transporte/api-transporte>
- [23] OpenRailData Wiki – Projects [en línea]. Disponible en: <https://wiki.openraildata.com/index.php?title=Projects>



Posgrados  
2023

# Actualizá tus conocimientos en ingeniería

Una oportunidad de **crecimiento profesional y personal** en una de las universidades líderes de Latinoamérica.

Consultas: [posgrado@fi.uba.ar](mailto:posgrado@fi.uba.ar)

Unidad de  
vinculación  
tecnológica  
de la  
UBA

Gestión de servicios  
Administración de proyectos  
Gestión de eventos científicos  
Búsqueda de financiamiento  
Formulación de proyectos  
Valorización de I+D  
Ubatec CATI

**EL PUNTO DE ENCUENTRO ENTRE LA COMUNIDAD CIENTÍFICA  
Y EL SECTOR PRODUCTIVO**





NUESTRAS  
GRADUADAS

.ing | 32 | 33



# Ingeniería para barrios populares



## Entrevista a la Inga. María Eva Koutsovitits, docente, investigadora y referente social en contextos en los que la comunidad requiere de la intervención de la ingeniería para reparar necesidades históricas.

**N**acida en el barrio porteño de Liniers el 20 de septiembre de 1975 como nieta de inmigrantes griegos y españoles, María Eva Koutsovitits es hija de una profesora de filosofía y de un ingeniero civil egresado de la FIUBA “que había llegado a la universidad trabajando desde los 10 años en un kiosco”.

Koutsovitits cursó la primaria en una escuela pública del barrio y el secundario en el Colegio Nacional de Buenos Aires. “Sin duda –cuenta– la pérdida de mi papá, en el inicio de mi adolescencia, transformó mi vida para siempre. Y así fue como, capaz para no extrañarlo tanto, decidí estudiar ingeniería civil. Tratando de encontrarle humanidad a una carrera marcada por el pragmatismo técnico, ahistórica y casi sin contexto, descubrí la hidráulica”. De aquella inaugural etapa de formación menciona a dos profesores: los ingenieros Luis Pérez Farrás y Armando Sánchez Guzmán.

Egresada como ingeniera en 2004, subraya que “si bien el camino no fue fácil ni en línea recta, la ingeniería me llenó de alegría en numerosas oportunidades. Actualmente, soy profesora adjunta de Hidráulica General, investigadora de la FIUBA, coordinadora de la Cátedra Libre de Ingeniería Comunitaria (CLIC), directora de la División de Ingeniería Sanitaria Comunitaria y Social de la Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y coordinadora del área de Políticas Urbanas y Hábitat del Instituto de Pensamiento y Políticas Públicas. También me desempeño como consultora de organismos nacionales e internacionales en temas vinculados a la ingeniería sanitaria”, cuenta sobre sus principales actividades.

Como si fuera poco, Koutsovitits es autora de numerosos artículos científicos y de divulgación, forma parte del Frente Territorial Salvador Herrera de la CTA Autónoma de Capital e integra el Movimiento La Ciudad Somos Quienes la Habitamos.

Madre de Catalina –actual estudiante de ingeniería electrónica de la FIUBA–, Ema y Tupac, la entrevistada recuerda que en el año 2013 empezó a darle forma a la reconocida CLIC, la Cátedra Libre de Ingeniería Comunitaria, toda una sigla: “Un conjunto de compañeras y compañeros que desde la ingeniería veníamos trabajando junto a movimientos sociales, asambleas barriales, cooperativas, fábricas recuperadas, foros hídricos y movimientos ambientales nos encontramos y nos animamos a discutir un modelo alternativo al que la ingeniería tradicional nos proponía. Pensamos a la CLIC como el lugar de encuentro y desarrollo de proyectos comunitarios desde la ingeniería. Nuestro

propósito es construir una ingeniería que humanice, que escuche y dialogue. Una ingeniería a escala humana, que pregunte no sólo el cómo, sino el con quién, para quién, el dónde y que fundamentalmente ponga en valor todos los saberes. Una ingeniería deconstruida que incorpore transversalmente a la componente técnica, la dimensión social, política, cultural, histórica, ambiental y de género”.

Desplegando la mirada crítica que la caracteriza, Koutsovitits repasa para *.ing* sus últimas intervenciones: “A distancia de mate, construimos cloacas junto con las vecinas y vecinos del Playón de Chacarita, de la Villa 31, de la Villa 15; discutimos, entendimos las causas y buscamos alternativas para solucionar el flagelo de las inundaciones de las cuencas del Medrano, del Vega, del Luján; nos constituimos en los técnicos de los barrios populares de la ciudad integrando las mesas de reurbanización; llevamos a cabo junto con las comunidades diferentes campañas ambientales, urbanas y sanitarias; cuestionamos conceptualmente el modelo centralizado de las megaobras ingenieriles, fuera de escala humana, superado en el contexto actual de crisis ambiental y climática”.

**“Pensamos a la CLIC como el lugar de encuentro y desarrollo de proyectos comunitarios desde la ingeniería. Nuestro propósito es construir una ingeniería que humanice, que escuche y dialogue”.**

“Actualmente, estamos impulsando, desde la perspectiva de la agenda climática, la campaña por una Costanera Verde Pública para recuperar la costanera porteña privatizada hace más de treinta años y transformarla en un biocorredor costero. Desarrollamos un portal de noticias denominado Voces de la Ciudad donde, desde el aporte de la ingeniería, discutimos las políticas urbanas. Participamos de los procesos de reurbanización en los barrios Villa 20, Villa 21-24, Ramón Carrillo y Pirelli. Estamos desarrollando un proyecto UBANEX que consiste en intervenir, con distintas estrategias, en las diferentes dimensiones del espacio público: relevamientos, mejoramientos y construcción de indicadores georreferenciados ambientales y de accesibilidad”, comenta sobre su último proyecto, con el que busca llevar calidad de vida a esos sectores que sufren postergaciones de carácter estructural y desde hace varias generaciones ■

A portrait of Dr. Yann Cristal, a man with short dark hair, wearing a brown sweater over a light blue collared shirt. He is looking slightly to the right with a thoughtful expression. The background features large, ornate Gothic-style windows with intricate tracery.

PROTAGONISTAS  
DE LA FIUBA

.ing | 34

# Todo está guardado en la memoria

Entrevista al **Dr. Yann Cristal**, nuevo director del Museo de Ciencia y Técnica, quien adelanta en .ing los próximos objetivos de este reconocido espacio de la FIUBA.

Tiene 38 años, se formó como profesor y doctor en Historia, es guionista cinematográfico, y desde 2021 el nuevo director del Museo de Ciencia y Técnica de la FIUBA. “Siempre me interesó ‘lo social’, y cuando terminé el secundario hice materias de Sociología y Economía. Al final terminé eligiendo la carrera de Historia, que a mi gusto es una de las más completas dentro de las ciencias sociales. Más adelante me interesó explorar nuevas formas de comunicación y expresión, así que me metí a estudiar guión de cine. Todavía estoy viendo cómo integrar estos distintos campos, pero por ahora me dedico mucho más a la historia”, cuenta Yann Cristal sobre los primeros vínculos con su profesión.

Graduado del doctorado en tiempos de pandemia, Cristal realizó su tesis acerca de la importancia del movimiento estudiantil de la UBA en democracia (1983-2001) en cuanto a las relaciones políticas y sociales que atravesaron –también– a la universidad. Su análisis se basa particularmente en el rol de los y las estudiantes en la consolidación de rasgos, como la gratuidad y el ingreso irrestricto, que distinguen a la educación universitaria argentina de otros países de la región. Especializado en la historia social, cultural y política, Cristal comparte detalles sobre la ingeniería y su importancia en la solución de problemas.

En el último siglo y medio, la Argentina atravesó desarrollos muy importantes en los que ingenieros e ingenieras jugaron un papel clave, vinculándose a los problemas nacionales que se registraron en cada período. “La FIUBA ocupó un lugar fundamental en esa historia, no sólo por ser sede de la primera carrera de ingeniería del país, sino por un perfil li-

gado a la formación de profesionales en áreas estratégicas. Rescatar esta historia nos permite ampliar nuestros horizontes y pensar que la Argentina puede proponerse un desarrollo integrado y de avanzada, de cara a las necesidades nacionales y de las grandes mayorías del país”, manifiesta Cristal, en relación al valor de mantener vigente la historia de la ingeniería nacional y en especial, de la FIUBA.

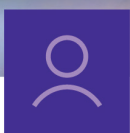
Cristal ha ideado un plan de trabajo que busca impulsar el relanzamiento del Museo de Ciencia y Técnica de la facultad, ubicado en la sede de Las Heras 2214. Al referirse al plan, detalla tres principales objetivos o ideales. El primero consiste en jerarquizar la historia de la ingeniería y la facultad, conectándose con las actividades académicas de grado por medio de herramientas brindadas por el museo, con la intención de que los y las estudiantes conozcan esta historia como parte de su formación académica y profesional. El segundo objetivo busca integrar el pasado, el presente y el futuro, “con exposiciones donde se reflejen tanto elementos históricos como las últimas tendencias de la ciencia y la técnica”. Y, finalmente, un tercer objetivo apunta a construir un museo que cuente con una modalidad presencial-digital-virtual en donde se incorporen las últimas posibilidades tecnológicas.

“El museo tiene más de tres décadas de historia y buscamos que se reposicione como un espacio importante de interacción dentro y fuera de esta Casa de Altos Estudios”, finaliza Cristal, demostrando –nuevamente– la importancia del relanzamiento del Museo de Ciencia y Técnica de la FIUBA ■





telecom



# Potenciamos tus ganas de avanzar

Evolucionamos impulsando la inclusión  
tecnológica y el talento digital.

Telecom Argentina S.A. - General Hornos 690 - Ciudad de Bs.As. CUIT 30-63945373-8





# Energía que impulsa a la industria

Producimos petróleo, gas, combustibles y lubricantes para la industria y el cliente final. Generamos energía eléctrica a través de fuentes renovables y tradicionales.

**DESDE HACE 25 AÑOS, INVERTIMOS, TRABAJAMOS Y CRECEMOS EN EL PAÍS Y LA REGIÓN.**

[PAN-ENERGY.COM](http://PAN-ENERGY.COM)

**Pan American  
ENERGY**

Energía responsable