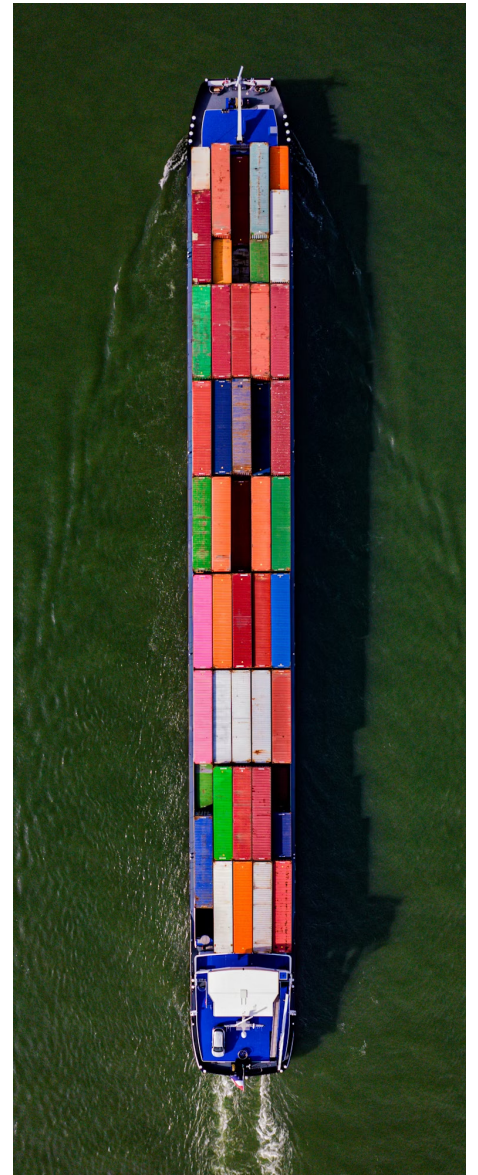
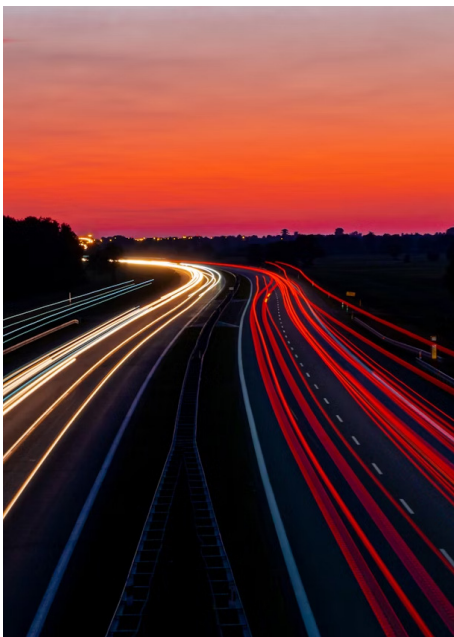




IN-GENIUM

CONOCIMIENTO Y APLICACIONES DE LA INGENIERÍA

TRANSPORTE Y COMUNICACIONES



ACADEMIA DE
LA INGENIERÍA
DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

REVISTA DE LA ACADEMIA DE LA INGENIERÍA
DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

NÚMERO 7 - 2024
ISSN 2796-7042

ÍNDICE

4.
NOTA EDITORIAL
10.
ENTREVISTA AL ING. EDMUNDO POGGIO
16.
ENTREVISTA AL ING. JULIO GAGO
22.
COMUNICACIONES INALAMBRICAS Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA: HACIA UN FUTURA VERDE
34.
LAS VIAS NAVEGABLES DEL RÍO DE LA PLATA MERECE ATENCIÓN
40.
AVANCES SOSTENIBLES DEL TRANSPORTE AÉREO A TRAVÉS DE LA MOVILIDAD AÉREA URBANA Y LA MOVILIDAD AÉREA AVANZADA: INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS EMERGENTES
48.
PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MOVILIDAD SOSTENIBLE PARA LAS PERSONAS EN LA CIUDAD DE BS AS.
61.
DESCARBONIZACIÓN Y CERO EMISIONES EN EL ÁREA TIC
74.
SUPERASFALTO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS CON ALTAS TASAS DE RAP
80.
¿ES EL AGUA DE MAR EL DESTINO FINAL DEL ANHIDRO CARBÓNICO CAPTURADO?
120.
LABORATORIO DE COMUNICACIONES DIGITALES: 30 AÑOS DE FORMACIÓN, INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN
98.
INTELIGENCIA ARTIFICIAL VS INTELIGENCIA NATURAL: ¿UN DILEMA PARA LA EDUCACIÓN?
106.
CONFERENCIAS Y PANELES
110.
DECLARACIÓN DE LA ACADEMIA
112.
RELACIONES INSTITUCIONALES DE LA ACADEMIA
116.
NOTA HISTÓRICA



NOTA EDITORIAL



Por
Ing. Patricia Arnera
Académica Presidente

En el número 7 de In-Genium: Conocimientos y Aplicaciones de la Ingeniería, presentamos algunos aspectos vinculados a “Transporte y Comunicaciones”, dos áreas con diferentes tipos de infraestructuras, pero ambas resultan indispensables para la interacción global que requiere la sociedad moderna.

Es desde la ingeniería que se deben considerar aspectos como la eficiencia, la seguridad, la sostenibilidad y la accesibilidad en el diseño y la gestión de infraestructuras como carreteras, puentes, ferrocarriles, aeropuertos, redes de comunicaciones, fibra óptica, transmisión de información y de datos, por diversos medios, ya sea vía internet, radio, televisión o telefonía móvil. Los sistemas de transporte, son cruciales en la economía, facilitando el comercio, la movilidad de las personas y la distribución de bienes, mientras que las comunicaciones son indispensables para el acceso a la información, la automatización, como así también la interacción social impuesta en la era digital.

Ambos sectores están en constante evolución impulsados por la tecnología, la innovación y las necesidades de la sociedad. La integración de transporte eficiente y sistemas de comunicación efectivos es clave para el desarrollo sostenible, la competitividad económica y la mejora de la calidad de vida de las personas.

Sobre el concepto que la Ciencia y la Tecnología resultan pilares fundamentales para el desarrollo de la sociedad, presentamos en este número una declaración de nuestra Academia en el apoyo de ambas y de la Universidad.

Respecto al contenido de este número de In-Genium, encontrarán los siguientes artículos:

ENTREVISTAS A PROFESIONALES E INSTITUCIONES:

- Ing. Edmundo POGGIO, Ingeniero en Telecomunicaciones egresado de la UNLP, vicepresidente de IDETEL (Instituto de Desarrollo de las Telecomunicaciones). Señala los vaivenes que ha tenido Argentina en el desarrollo de las comunicaciones, desde ser precursora en el roaming nacional y TV por cable, a demoras injustificadas en la adopción de nuevas tecnologías. Hace referencia a la evolución del sector a nivel internacional y local, con sus distintas tecnologías, actores y regulaciones, finalizando con consideraciones respecto a Inteligencia Artificial y su impacto en la sociedad.

- Ing. Julio GAGO, Ing. Civil, Presidente de Gago Tonin S.A. Describe la situación vial en Argentina, contemplando el sistema nacional, provincial y municipal, como así también los caminos rurales. Señala la necesidad de la interacción de los sistemas vial, ferroviario, aéreo y fluvial. Finalmente describe la importancia de transformar en autovía aquellos caminos que poseen un Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) superior a 5.000 vehículos.

ARTÍCULOS DE PROFESIONALES E INSTITUCIONES:

- COMUNICACIONES INALÁMBRICAS Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA: HACIA UN FUTURO VERDE, por Christian Schmidt, Fernando Gregorio, Juan Cousseau integrantes del INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN INGENIERIA ELECTRICA "ALFREDO DESAGES" - IIIE-UNS-CONICET. Si se desea tener una evolución sostenible en el desarrollo de

las redes de comunicación, donde tanto las estaciones bases como los equipos móviles o equipamiento de usuarios se multiplican permanentemente, resulta fundamental establecer estrategias para optimizar el uso energético en estos componentes. Se describen las etapas de transmisión/recepción, identificando el consumo de potencia en el procesamiento de señales digitales y analógicas para definir estrategias de optimización de consumo energético y el impacto de aplicarlas.

- LAS VIAS NAVEGABLES DEL RÍO DE LA PLATA MERECEN ATENCIÓN por el Ing. Rodolfo Rocca. El aumento de las dimensiones de los buques portacontenedores, no se han visto correspondidos con mejoras o adecuaciones en la infraestructura de transporte, particularmente en los parámetros geométricos de diseño principales de los canales de navegación en el Río de La Plata. Como consecuencia de ello, las navieras que desean concretar la recalada en el AMBA se ven obligados previamente a aligerar cargas en puertos brasileros o uruguayos para posibilitar el ingreso al sistema de aguas restringidas, y luego, volver nuevamente a los puertos anteriores a retomar las cargas para continuar su circuito programado. Se pone en evidencia la necesidad imperiosa de redimensionar las secciones geométricas de los canales en el río de La Plata para que los nuevos buques ingresen al sistema en forma segura, Se señalan algunas alternativas y comentarios para lograr ese objetivo.

- AVANCES SOSTENIBLES DEL TRANSPORTE AÉREO A TRAVÉS DE LA MOVILIDAD AÉREA URBANA Y LA MOVILIDAD ÁREA AVANZADA: INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS EMERGENTES, por C. Alejandro Di Bernardi - Grupo Transporte Aéreo – UIDET “GTA-GIAI”, Departamento de Ingeniería Aeroespacial, Facultad de Ingeniería, UNLP. En el artículo se presentan los posibles cambios que tendrá en el futuro la movilidad en las ciudades, señalando que tanto la movilidad aérea urbana y la sub urbana están en pro-

ceso de transformar las grandes urbes gracias a los avances en equipos de despegue y aterrizaje corto o vertical, la transición hacia tecnologías eléctricas y el papel crucial que desempeñan la inteligencia artificial, el big data, el 5G, el Internet de las cosas (IoT) y la gestión multimodal del transporte entre otros tantos considerandos.

- PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MOVILIDAD SOSTENIBLE PARA LAS PERSONAS EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES. Instituto de Energía e Instituto de Transporte de la Academia Nacional de Ingeniería. Señalan la complejidad del transporte en CABA, contemplando que la ciudad duplica su población diariamente con el ingreso y egreso de un 30 % de la población del conurbano. Se detallan las condiciones actuales del transporte presentando alternativas para su modificación planteando la elaboración de un Programa de Movilidad Sostenible como marco de referencia dinámica para la movilidad para los próximos años con intervenciones orientadas al desarrollo y modernización del sistema de transporte. Dado que el 60 % del transporte público es en colectivos, considerar su transformación a electromovilidad, no solo disminuiría las emisiones de gases a la atmósfera, sino también el nivel de ruido en la ciudad, mejorando la calidad de vida de los ciudadanos. A su vez, por su impacto en la transición energética se tendrían altas posibilidades de conseguir financiamiento de entidades de crédito internacionales.

- DESCARBONIZACIÓN Y CERO EMISIONES EN EL AREA TIC por el Académico VicePresidente Armando De Giusti, quien presenta un resumen del capítulo referido a TICs del reporte “Towards Low-GHG Emissions From Energy Uses in selected Sectors” realizado por CAETS (Council of Academis of Engineering and Technological Sciences). Durante la última década, las TIC han aumentado sustancialmente su participación general en el consumo de electricidad, pa-

sando del 4-5% hace una década al 8-10% de la producción total de electricidad en la actualidad. El impacto de CO₂ de la industria de las TIC ha surgido en los últimos años debido a la omnipresencia de Internet y la tecnología inalámbrica en la sociedad, resultando muy dificultoso estimar la real participación de las TIC en el consumo de energía eléctrica a nivel mundial. Más allá de ello se indican algunas recomendaciones a efectos de disminuir dicho consumo.

- **SUPERASFALTO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS CON ALTAS TASAS DE RAP.** Unidad de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Civil -UIDIC Departamento de Ingeniería Civil - Facultad de ingeniería - Universidad Nacional De La Plata. En la construcción de carreteras de pavimento flexible, se utilizan muchos recursos no renovables, como por ejemplo piedra, y por sobre todo el asfalto. La incorporación de RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) en altas tasas, es una de las alternativas que se ha presentado en pos de aprovechar la reutilización de los materiales al final de la vida útil de un pavimento, en particular usando altas tasas. Sin embargo además que el asfalto puede encontrarse envejecido, con el crecimiento del tránsito se requiere la utilización de asfaltos de altas prestaciones (con la incorporación de polímeros), En el artículo se presentan diversos ensayos utilizando distintos materiales ligantes, obteniendo resultados significativos proponiendo una solución que logra reducir el uso de materiales no renovables y una baja en los costos de obra.

- **¿ES EL AGUA DE MAR EL DESTINO FINAL DEL ANHÍDRIDO CARBÓNICO CAPTURADO?** por el Académico Titular, Ing. Carlos Octtinger. Siendo el anhídrido carbónico uno de los gases responsables del cambio climático, se plantean diversos métodos de almacenaje, entre los cuales se propone el almacenamiento en el mar. Se indican algunas experiencias y los inconvenientes que se están encontrando para depositar CO₂ en el suelo oceánico a grandes profundidades

- **LABORATORIO DE COMUNICACIONES DIGITALES: 30 AÑOS DE FORMACIÓN, INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN TECNOLÓGICA**, por Jorge M. Finochietto, Mario R. Hueda, Carmen E. Rodriguez Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN), Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Desde su creación en el año 1991, el Laboratorio de Comunicaciones Digitales ha desarrollado una amplia y variada actividad tanto en investigación y desarrollo como en la formación de recursos humanos que han sido resumidas en este artículo.

- **ARTÍCULO DE INVITADO**

Uno de los objetivos de nuestra Academia es contribuir a la formación de los profesionales de la ingeniería, atendiendo la interacción con las instituciones académicas como así también contemplando los avances y novedades que surgen en esta área. Por dicho motivo, hemos invitado al Dr. Ing. Uriel Cukierman, Director del Centro de Investigación e Innovación Educativa (CIIE-UTN.BA) e integrante del Instituto de Educación de la Ingeniería de la Academia Nacional de Ingeniería (IdEI-ANI) a que nos diera su visión respecto a la inteligencia artificial. De allí surge este artículo-

- **INTELIGENCIA ARTIFICIAL VS. INTELIGENCIA NATURAL: ¿UN DILEMA PARA LA EDUCACIÓN?**, donde el Dr. Cukierman brinda interesantes apreciaciones.

RELACIONES INSTITUCIONALES

Se ha firmado un convenio de cooperación con la Dra. Marisa R. de Giusti, Presidenta del Consorcio Iberoamericano para la Educación en Ciencia y Tecnología (ISTEC Ibero-American Science "Technology Education Consortium". En el mes de abril hemos visitado al Dr. Roberto Salvarezza, actual Presidente de la Presidente de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, con quien se ha plantado la realización de una agenda para el desarrollo de actividades conjuntas entre la CIC y la AcaIngPBA.

CONFERENCIAS REALIZADAS

En esta sección podrán encontrar diversas conferencias que hemos organizado, para las cuales podrán leer una breve descripción del perfil del disertante y un resumen de los temas brindados, como así también los respectivos links para acceder a ellas. Las mismas son

- Acto de incorporación de la Ing. María Beatriz Barbieri como Miembro Titular de la Academia.
- Acto de incorporación del Dr. Ing. Osvaldo Agamennoni como Miembro Correspondiente de la Academia.

HOMENAJE A UNA PERSONALIDAD DESTACADA:

En esta oportunidad presentamos nuestro homenaje a quien fuera Presidente Honorario de esta Academia, el Prof. Ing. Carlos José Rocca, distinguido profesional de la Ingeniería Argentina con una extensa trayectoria tanto en el ámbito del estado como del sector privado, fue un hombre sumamente interesado en el bien común, un intelectual inquieto que sentó la base de su actuación en el conocimiento científico y el compromiso con la sociedad. Esperamos que el material que les brindamos en este nuevo número de In-Genium resulte de vuestro interés.

Finalmente, deseo agradecer a los Académicos que han contribuido con los contenidos de este número, al equipo técnico que realiza la edición de la Revista, al Servicio de Difusión de la Creación Intelectual (SEDICI); a la Universidad Nacional de La Plata por su permanente colaboración para esta iniciativa y a la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires, en particular al Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT-CIC) por su constante apoyo a nuestra Academia.

SUMATE A
NUESTRO CANAL DE  YouTube



Contenidos, conferencias, actividades y más

<https://www.youtube.com/channel/UC2FJw5sdRmucAuKRrbpMqA>

IDEAS SOBRE EL FUTURO DE LAS TELECOMUNICACIONES

ENTREVISTA AL ING. EDMUNDO POGGIO



Edmundo Poggio es Ingeniero en Telecomunicaciones graduado en la UNLP, y realizó el PAD el IAE. Se ha desempeñado como investigador en Citefa, posteriormente en SEGBA y SADE estuvo a cargo del proyectos de sistemas de comunicaciones e informática. Fue Gerente General de Microsistemas SA, dedicada a la fabricación de equipamiento informático. Se incorporó a Telecom Argentina durante el proceso de privatización, donde llegó a ocupar el cargo de Director General y se retiró como Director de Regulación del Grupo en el año 2015. Actualmente se desempeña como docente de posgrado, consultor y vicepresidente del IDETEL.

¿Se tiene una clara dimensión hacia dónde se va con respecto a las telecomunicaciones?

La verdad es que no. Hay una serie de tecnologías que avanzan cada vez más rápido, pero no se sabe cuál será el producto de su convergencia, con un impacto tan significativo en el mercado como en su momento fueron las PC o el IPHONE.

Estos procesos se vienen dando desde hace un tiempo, y cada tanto surge algo que cambia radicalmente la realidad.

Podemos situar el año 2.000 como una fecha en la que hubo un gran cambio, que tiene que ver con el surgimiento de la banda ancha. Hasta ese momento las empresas de Internet estaban limitadas, se podía acceder de manera muy cara y de forma muy limitada, para muy poca gente. En el 2007 apareció el Iphone que, en combinación con con 4G, hizo despegar internet a través del celular.

¿Cómo está la Argentina en este aspecto en relación al resto del mundo?

El consumidor argentino es adicto a la innovación y a las nuevas tecnologías, así que en nuestro país un eventual atraso se puede dar por motivos económicos (inestabilidad, barreras arancelarias, nivel de ingresos, etc.); o por cuestiones de tipo regulatorios (control de precios, falta de previsibilidad, disponibilidad de espectro, normas obsoletas, etc.).

Para entender lo que pasa en la Argentina es importante tener en cuenta datos históricos. En los años 90, por ejemplo, nuestro país tuvo roaming nacional, antes que Estados Unidos y también tuvo televisión por cable antes que Europa. También se pudo comprobar en la rápida adopción del 4G una vez que estuvieron disponibles las bandas de frecuencia.

Tengamos en cuenta que las comunicaciones están desreguladas desde el año 2.000, con un mercado bastante equilibrado, conformado por tres operadores dominantes,

un operador de cable importante cientos de medianos y pequeños ISP, Cableros y Cooperativas. todas empresas del sector privado.

Posteriormente se creó ARSAT, una empresa estatal inicialmente dedicada al mercado satelital y luego al mercado mayorista de acceso a Internet y al servicio Data Center. Hace unos años se autorizó la fusión de Cablevisión y Telecom, conformando una empresa con un poder más que significativo de mercado y últimamente hubo demoras injustificadas en la autorización para la operación de los satélites de órbita baja. Este tipo de decisiones de carácter político no ayudaron al desenvolvimiento del sector.

¿Cómo conviven los actores que hace tiempo participan en este sector, con aquellos que de forma constante se suma y modifican el mundo de las telecomunicaciones?

Hoy ya se habla de las TICs, Tecnologías de la Información y de la Comunicación. Los avances tecnológicos de los últimos 20 años resultaron en una fusión de las telecomunicaciones, los medios y la informática conocida como “convergencia”.

El ecosistema que se formó es muy amplio, están las empresas de Telecomunicaciones y los grandes proveedores de televisión por cable, que en su momento fueron monopolios estatales o privados. También las grandes empresas de internet, que atienden a un mercado global, los proveedores de contenido, mayormente de Estados Unidos, los proveedores de la tecnología y miles de pequeñas empresas creando productos o aplicaciones que pueden o no cambiar el panorama de un día a otro. Las cadenas de valor de todos los servicios existentes cambiaron totalmente, lo que resulta en que la relación entre los actores es compleja ya que algunos aportan la infraestructura y otros los contenidos o servicios que reemplazan o compiten con aquellos originalmente provistos por los s Operadores propietarios de las redes. Se trata de servicios conocidos

como OTT (Over The Top) que utilizan las redes de los operadores para llegar a sus clientes sin costo alguno.

El tema se discute en la actualidad, y el reclamo de las Operadoras se conoce como Fair Share o sea el derecho a ser retribuidos por el uso de sus redes, ya que empresas como Netflix o Google generan la mayoría del tráfico y son las empresas telefónicas y de cable que tienen que realizar las inversiones para aumentar su capacidad de sus redes para ofrecer un buen servicio a sus clientes.

Lo que hay que tener en cuenta es que el ancho de banda es un producto deflacionario, la capacidad aumenta año a año, pero el precio unitario por megabit disminuye.

En este marco, algunas empresas intentaron competir, otras en hacer alianzas, mientras que la mayoría de las empresas europeas y sudamericanas intentan cobrar por el uso de sus redes.

También existen cuestiones políticas y estratégicas de gran peso, como el conflicto por la supremacía tecnológica entre China y Estados Unidos y la preocupación europea por las prácticas monopólicas de las empresas de Internet norteamericanas.

¿Hay forma de reducir la brecha digital, en países como el nuestro dónde la desigualdad social es muy grande?

La forma en la que muchos países están intentando reducir la brecha digital desde hace unos quince años es a través de planes de desarrollo de Banda Ancha mediante Fibra óptica, como en su momento fueron los ferrocarriles o las autopistas. Algunos han tenido más éxito, pero en general se trata de países no muy grandes y con un alto PBI.

Para los sectores de bajos ingresos existe un mecanismo llamado Servicio Universal que se trata del manejo de un fondo financiado con porcentaje de los ingresos generados por los todos los operadores.

La brecha se da entre los que están conectados y no lo están, pero también hay que

tener en cuenta con qué tipo de dispositivos se accede a internet. No es lo mismo conectarse a través del teléfono, un televisor o una computadora.

Los países tienen diferentes estrategias que van desde estados que pretenden hacer todo a otros que dejan actuar al mercado y no interfieren. En este abanico ha habido muchos fracasos y muchas correcciones sobre la marcha. En aquellos lugares en donde el Estado intentó hacer todo, como es el caso de Australia, le fue muy mal y en otros lugares como Estados Unidos donde se liberó todo a la competencia y al sector privado, tampoco les fue muy bien porque las empresas sólo construían lo rentable.

España es uno de los casos donde les fue muy bien. Con la empresa Telefónica y con un Estado que apoyó y reguló en algunos aspectos para mantener la competencia, De esta forma se logró una penetración de la fibra óptica del 80% con participación de otros operadores.

Otro ejemplo contrario es Inglaterra con un 15% ya que tenía una tecnología eficiente pero antigua y ahora está tratando de recuperarse.

En el caso de la Argentina la penetración de Fibra óptica es el orden del 25% de los hogares, lamentablemente no hay un plan para solucionar el tema de la brecha digital y los fondos del Servicio Universal se han aplicado aleatoriamente.

¿Qué pasa con los satélites de órbita baja?

Los satélites de comunicaciones tradicionales se encuentran en una órbita geoestacionaria ubicada sobre el Ecuador, a miles de kilómetros de la tierra, y tienen una amplia cobertura geográfica que puede abarcar desde un radio de cientos de kilómetros hasta un continente. Son muy buenos como retransmisores de señales telefónicas y de televisión, pero no tanto para internet por su ancho de banda limitado, requieren grandes antenas y mucha potencia en las estaciones terrestres, además, tienen mucha latencia ya que la señal demora un tiempo en reco-

rrer la distancia desde y hasta el satélite. Los satélites de órbita baja están a cientos de kilómetros de la tierra y tienen una cobertura de decenas de kilómetros, por lo cual se requieren miles para tener una cobertura global, pero esto a su vez disminuye el retardo y aumenta la capacidad de la red por lo cual son aptos para internet y más económicos para el usuario particular, porque la estación terrena es mucho más sofisticada y accesible.

Esto ya está disponible con Starlink y entonces con una pequeña instalación hogareña similar a DTV es posible tener internet entre 50 y 400 MBps, por 500U\$S iniciales y 50U\$S por mes lo que lo hace un servicio ideal para zonas alejadas de los centros urbanos. En pocos años habrá varias constelaciones de orbita baja disponibles e inclusive será posible acceder a ellas con nuestros celulares.

En la Argentina, hay algunas empresas que están ofreciendo internet satelital al hogar utilizando una tecnología reciente llamada HTS que utiliza satélites geoestacionarios permitiendo ofrecer internet pero con mayor latencia y menor velocidad de acceso.

¿Cómo convergen la tecnología 5 G, la Edge Computing y la Inteligencia Artificial?

El 5G está compuesto por una tecnología de acceso muy eficiente y un núcleo (Core) que provee la base de datos, gestiona los clientes y provee los servicios. Una de sus mayores innovaciones es disminuir el retardo generado por la red, si a eso le sumamos la tecnología EDGE que implica poner el poder de procesamiento cerca de donde se genera la información obtendremos una mejora sustancial. En cambio, la IA se aplicará en el Core de la red ayudando a implementar nuevos servicios y mantener la calidad de los mismos. Como dijimos el 5G disminuye la latencia de las comunicaciones, aumenta la velocidad de descarga y permite conectar más elementos dentro de la misma zona. Al mismo tiempo ofrece una serie de posibilidades que permiten a diferentes clientes

tener sobre la misma red distinta clase de servicio, como por ejemplo priorizar a la policía y a los bomberos por sobre el resto de los consumidores. En algunos lugares esta tecnología puede ser útil reemplazar a la Fibra Óptica como acceso al hogar. Para lograr todas estas ventajas, la red 5G requiere la presencia de miles de antenas conectadas a través de la fibra óptica, ya que en general utiliza frecuencias más altas con menor alcance.

¿Sobre este último punto, y en particular sobre la IA, se estima que impactará sobre todos los planos de nuestras vidas? ¿Cómo se puede preparar la sociedad para intentar y a la par de esta tecnología y no ir detrás de ella?

La inteligencia artificial tal como la conocemos ahora o mejor dicho en el estado de desarrollo en el que está ahora, sirve para manejar imágenes, códigos de software, crear música, voces, videos. Todo esto se hace con herramientas de software.

Los textos de las noticias van a ser generados por la IA, toda la capacidad para presentar, para resumir y clasificar información puede ser realizado en mucho menos tiempo que una persona.

Al tema de la Inteligencia Artificial y la cuestión laboral, lo relaciono al momento en el que aparecieron los robots y se creía que iban a reemplazar a los humanos. Hoy se ve en la industria automotriz, por ejemplo, que hay muchos robots pero que sigue habiendo trabajadores.

La IA no va a afectar tanto a los "blue collar" como a los "white collar", es decir que va a impactar más y no siempre negativamente en los analistas de sistemas, en los empleados de oficinas, los analistas de finanzas, los creadores de contenidos: músicos, actores, matemáticos y científicos.

Lo que hay que hacer con la IA es aprender a surfear la ola, porque lo que no tiene, y que los humanos podemos aportar, es creatividad.

El desafío que tenemos ahora es ver cómo

se regula, o mejor dicho si se regula o no. En caso de regularse, quién lo haría y de qué forma. En algunos casos se habla de autorregulación.

Y este punto también está vinculado al tema de la privacidad de datos personales y la propiedad intelectual.

Hay que tener en cuenta que la IA se basa en algoritmos, que se basan en formas matemáticas pero que también reflejan la formación de la persona que hace la fórmula. Por ejemplo, frente a una pregunta sobre religión, no se va a desarrollar el mismo algoritmo una persona que profesa una religión o vive en una sociedad racista que otra con diferente formación y ambiente. Es decir que ante una misma pregunta las respuestas pueden polarizarse y esto puede ser peligroso.

Por lo tanto, las regulaciones deberían asegurar que los desarrollos se alineen con los valores de la sociedad y tendrían que ser muy ágiles para estar acorde a los constantes cambios. También surge el desafío de cómo abordar la cuestión ambiental ya que como en el caso de las criptomonedas el procesamiento de la IA requiere enormes cantidades de energía.

En algunos lugares se piensa en hacer una agencia de estilo como la que existe para los desarrollos nucleares.

Lo que está claro es que la IA no se puede regular efectivamente a nivel país, porque su desarrollo está íntimamente ligado a una red como internet de alcance global.

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

República Argentina



La **ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA (ANI)** es una institución técnico-científica establecida como entidad civil sin fines de lucro, dedicada a contribuir al desarrollo y progreso del país, en todo lo que concierne al estudio, aplicación y difusión de las disciplinas de la Ingeniería.

La ANI junto a otras 30 academias de ingeniería o ciencias tecnológicas, una por país, integra el **CONSEJO DE ACADEMIAS DE INGENIERÍA Y CIENCIAS TECNOLÓGICAS (CAETS)**. Se trata de una organización internacional independiente, no política y no gubernamental, en el que se crea un espacio para la consideración de asuntos relacionados con la tecnología, de trascendencia global.

Con el propósito ampliar y extender el tratamiento de temas relevantes del país y de la comunidad, la Academia Nacional de Ingeniería creó cinco Institutos integrados por académicos y miembros no académicos, profesionales de la ingeniería como de otras profesiones, todos ellos destacados en la temática específica del instituto al que pertenecen. En los Institutos se han desarrollado importantes informes a los que se puede acceder a través de la página <https://acading.org.ar>



INSTITUTO DE
ENERGÍA



INSTITUTO DE
CONSTRUCCIONES
Y ESTRUCTURAS



INSTITUTO DEL
TRANSPORTE



INSTITUTO DEL
AMBIENTE



INSTITUTO DE
EDUCACIÓN EN
LA INGENIERÍA

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

Av. Pte. Manuel Quintana 585, 3° Piso – C1129ABB - Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina

E-mail: acading@gmail.com ; acading.arg@gmail.com <http://www.acading.org.ar>

LOGÍSTICA Y TRANSPORTE: UN PROBLEMA CLAVE PARA EL FUTURO DE ARGENTINA

ENTREVISTA AL ING. JULIO GAGO



Egresado UNLP. Facultad de Ciencias Físico Matemáticas

1961: Ingeniero en Construcciones

1963: Ingeniero Civil

1961 - 1972: Dirección de Vialidad de la Pcia de Bs As. Jefe Div. Construcciones y Jefe (int.) Zona IX Azul.

1972 - 1975: Adina S:A Supervisor de obras viales en Pcias de Santa Cruz y Tierra del Fuego.

1975 - 1977: Dirección Nacional de Vialidad Coordinador obras de habilitación Ruta Compl. "J"; Tierra del Fuego Jefe Inspección R.N 12. Empalme RN 9 Fin Viaducto margen izquierda rio Parana Guazu. Complejo Ferrovial Zárate - Brazo Largo.

Desde 1978 Presidente Gago Tonin S.A

“EL APORTE QUE HACE LA INGENIERÍA A LA TOTALIDAD DEL SISTEMA VIAL NACIONAL, PROVINCIAL Y MUNICIPAL, ES RELEVANTE Y FUNDAMENTAL. PORQUE CADA KM DE CAMINO QUE TRANSITAMOS TIENE UN PROCESO DE INGENIERÍA INELUDIBLE Y PERMANENTE, A LO LARGO DE TODA SU VIDA ÚTIL”

El Ingeniero Julio Oscar Gago analiza sobre la situación vial de nuestro país y propone soluciones al respecto.

En líneas generales, ¿cómo es la situación vial actual de la Argentina y en particular de la Provincia de Buenos Aires?

La situación vial actual en líneas generales y a nivel nacional se ha agravado, puesto que desde 2017 poco se ha hecho para mantener los caminos en buen estado.

La inversión fue muy inferior a la deseada en el período y además se anularon las Concesiones Viales en el 2019, lo cual significó la paralización de la construcción del Sistema Nacional de Autopistas, que preveía construir 7.041 km de nuevas Autovías/Autopistas en 9 años.

Ello hubiera significado tener en el corriente año, aproximadamente unos 3.900 km construidos, cuando la realidad muestra solo unos escasos 200 km.

Un país en desarrollo debe invertir no menos del 5% de su PBI anual, para que su infraestructura vial mejore para consolidar su efectivo crecimiento. Los datos indican que se invirtió menos del 1% del PBI a partir del año 2019.

En cambio, la Provincia de Buenos Aires, en el mismo período inició un Programa de Estabilización de Caminos Terciarios, que aseguran tránsito permanente, lo cual indica un auspicioso ejemplo a seguir en el país.

Resulta insuficiente, frente a la necesidad

de inversión vial pura, pero es muy positivo y muestra que con fondos escasos siempre es posible realizar trabajos viales que implican mejorar las condiciones de transitabilidad.

Más allá del déficit que existe en cuanto a la cantidad de Rutas Pavimentadas, ¿cuál debería ser la solución para tener Caminos Rurales que garanticen la circulación de transportes más allá de lo que sucede con el clima?

Está indicado en el punto III “Desafíos - Plan Nacional de Caminos Rurales Terciarios”

a) Necesidad de instrumentar una Política Nacional

b) Plan de Obras factible de implementar

c) Necesidad de un cambio en la Gestión de Conservación

La Asociación Argentina de Carreteras, que nuclea a todos los sectores de la actividad vial nacional, ha presentado desde hace tiempo a las autoridades nacionales, programas de desarrollo en las Redes Viales de Caminos Terciarios del país factibles de implementar (similar al indicado en el punto III “Desafíos – Plan Nacional de Caminos Rurales Terciarios – Plan de Obras Factible de Implementar” de la exposición de abril de 2017). No es una solución mágica, llevará tiempo definirla, aprobarla e instrumentarla. Mientras tanto deberán desarrollarse programas sectoriales para trabajar en esa dirección.

Hay ejemplos positivos, como el implementado por la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires, el anteriormente citado Programa de Estabilización de Caminos Terciarios, que aseguran la transitabilidad permanente en el camino.

Otros ejemplos destacables son los Consorcios Vecinales que están en marcha desde hace años en las provincias de Córdoba y Chaco, así como también algunos programas locales de conservación de caminos rurales que llevan adelante municipios como Tandil, Benito Juárez, etc.

¿Mejoraría notablemente la situación de las rutas y caminos si habría un tendido ferroviario más federal?

Desde luego que mejoraría la situación. Hoy a nivel mundial, existen sistemas modulares de transporte, donde armónicamente coexistan los sistemas vial, ferroviario, aéreo y fluvial.

A título de ejemplo: hace un siglo, en las primeras dos o tres décadas del siglo XX, nuestro país contaba con 44.000 km de vías férreas operativas, cuando prácticamente no existían caminos pavimentados. El país creció con ese sistema de transporte, ya que los otros tres citados anteriormente no existían, o estaban poco desarrollados. Si hubieran coexistido ese sistema ferroviario con el actual sistema vial, el desarrollo y crecimiento de nuestro país hubiera sido, a mi juicio, fenomenal.

¿Qué aporte trae la Ingeniería al Sistema Vial Nacional y cuál debería ser el rol ideal que debería cumplir?

El aporte que hace la Ingeniería a la totalidad del Sistema Vial Nacional, Provincial y Municipal, es relevante y fundamental. Eso es porque cada km de camino que transitamos tiene un proceso de ingeniería ineludible y permanente, a lo largo de toda su vida útil, que consiste en:

- 1) Proyectarlo en gabinete
- 2) Construirlo
- 3) Conservarlo durante su vida útil

En cuanto al rol ideal, está descripto en los puntos III

- "Desafíos":

- Conservación de lo existente
- Desarrollo de un Sistema Nacional de Autopistas
- Plan Nacional de Caminos Rurales Terciarios

Cabe destacar que si bien "la ingeniería" tiene absolutamente claro su rol técnico dentro del Sistema Vial Argentino; para llevar

a cabo una exitosa política de conservar el patrimonio de obras viales existentes; definir y desarrollar un Sistema Nacional de Autopista e implementar un Plan Nacional de Caminos Rurales Terciarios; no tiene el poder de decisión en cuanto a la implementación de dichos programas, por cuanto dependen de las decisiones político/económicas de las autoridades gubernamentales.

"El costo de las obras se paga con la reducción de los costos de operación de vehículos, la reducción de los accidentes y los menores tiempos de viajes" – Es una reflexión interesante para que se explore.

Dentro del Desarrollo de un Sistema Nacional de Autopistas, expresé que un camino que tiene un Tránsito Medio Diario Anual (TMDA) mayor a 5.000 vehículos, debe transformarse en Autovía, construyendo la segunda calzada, con cruces a nivel y sin control de accesos.

Cuando el TMDA supere los 10.000 vehículos, deberá transformarse en Autopista, con la totalidad de los cruces a distinto nivel y con control de accesos.

Esta transformación del camino de una sola calzada de dos trochas, en Autovías o Autopistas de dos calzadas de dos trochas, se fundamenta con el criterio de Beneficio-Costo.

Es decir, los beneficios que reciben los usuarios deben ser mayores que el costo de las obras que deben ejecutarse.

Cuáles son los beneficios:

a) La reducción de los costos por accidentes: en nuestro país las muertes por accidentes viales superan las 5.000 anuales. En su mayoría producto de choques frontales por maniobras de sobrepaso.

La Autovía/Autopista, al tener doble calzada, con una sola mano de circulación, elimina la posibilidad del choque frontal. Más allá de los costos de seguros por accidente por los daños materiales, si consideramos que la mayoría de las muertes son personas jóvenes, el costo que implican esas muer-

tes prematuras es sideral, aunque solo consideremos la capacidad de producción que el país pierde.

b) Reducción de los tiempos de viaje: es obvio saber que una doble calzada, en buen estado de conservación, disminuye los tiempos de viaje de los usuarios respecto de un camino de una sola calzada con maniobras de sobrepaso frecuentes. El ahorro de ese tiempo tiene un enorme valor cuando se multiplica por los millones de usuarios a lo largo del año.

c) Reducción de Costos de Operación de Vehículos: vale lo expresado en b), aplicado al ahorro de combustibles, lubricantes, cubiertas, etc.

d) Efectos medioambientales: al evitarse las detenciones de los vehículos al transitar por Autovías/Autopistas, se disminuye la emisión de gases contaminantes que provocan dichos vehículos ya que son utilizados menos tiempos de los que hubiera demandado transitar por un camino de una sola calzada.

¿Cree que los profesionales recibidos en las diferentes facultades de ingeniería del país están preparados para afrontar los desafíos viales que hay por delante?

Si bien hoy no puedo emitir un juicio firme sobre el alcance de la formación académica de los nuevos profesionales de la ingeniería, sí puedo emitir opinión sobre mi experiencia personal con jóvenes ingenieros, a lo largo de mi extensa carrera profesional que supera los 60 años (recibido en la Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas de la Universidad Nacional de La Plata de Ingeniero Civil en 1963 y de Ingeniero en Construcciones en 1961).

A lo largo de ese tiempo conocí y trabajé en la formación de esos ingenieros, egresados de distintas universidades nacionales del país, preponderantemente de La Plata, y puedo decir que, luego de un período de formación natural, la mayoría de ellos se fueron transformando en buenos ingenie-

ros viales y algunos en brillantes ingenieros viales que hoy encabezan empresas privadas en los cargos más relevantes, tanto como en la función pública.

Creo absolutamente en la capacidad de los nuevos profesionales que indudablemente deberán trabajar muchísimo para poder contribuir al engrandecimiento del país que todos nos merecemos y que fervientemente deseo que ocurra.



PROGRAMAS DE POSGRADO PROFESIONALES

2024

¡No pierdas la oportunidad de capacitarte!

Clases a cargo de destacados profesionales

Destinados a egresados de distintas disciplinas

Cursos con Modalidad Híbrida (presencial / on line)

POSGRADO DE INGENIERÍA

Tel: (+54)(221) 425-8911 / Interno 3009

posgrado.ing.unlp.edu.ar

epec@ing.unlp.edu.ar

Calle 1 y 47 - La Plata - Buenos Aires - Argentina



**Abierta
la inscripción**



FACULTAD
DE INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



POSGRADO

FACULTAD DE INGENIERÍA

2024

Formación académica y científica de excelencia

Doctorado en Ingeniería (Categoría "A" CONEAU)

Cursos de Posgrado Académicos y Profesionales

Maestrías y Especializaciones

POSGRADO DE INGENIERÍA

Tel: (+54) (221) 425-8911 / Interno 3009

posgrado.ing.unlp.edu.ar

epec@ing.unlp.edu.ar

Calle 1 y 47 - La Plata - Buenos Aires - Argentina



Abierta
la inscripción



FACULTAD
DE INGENIERÍA

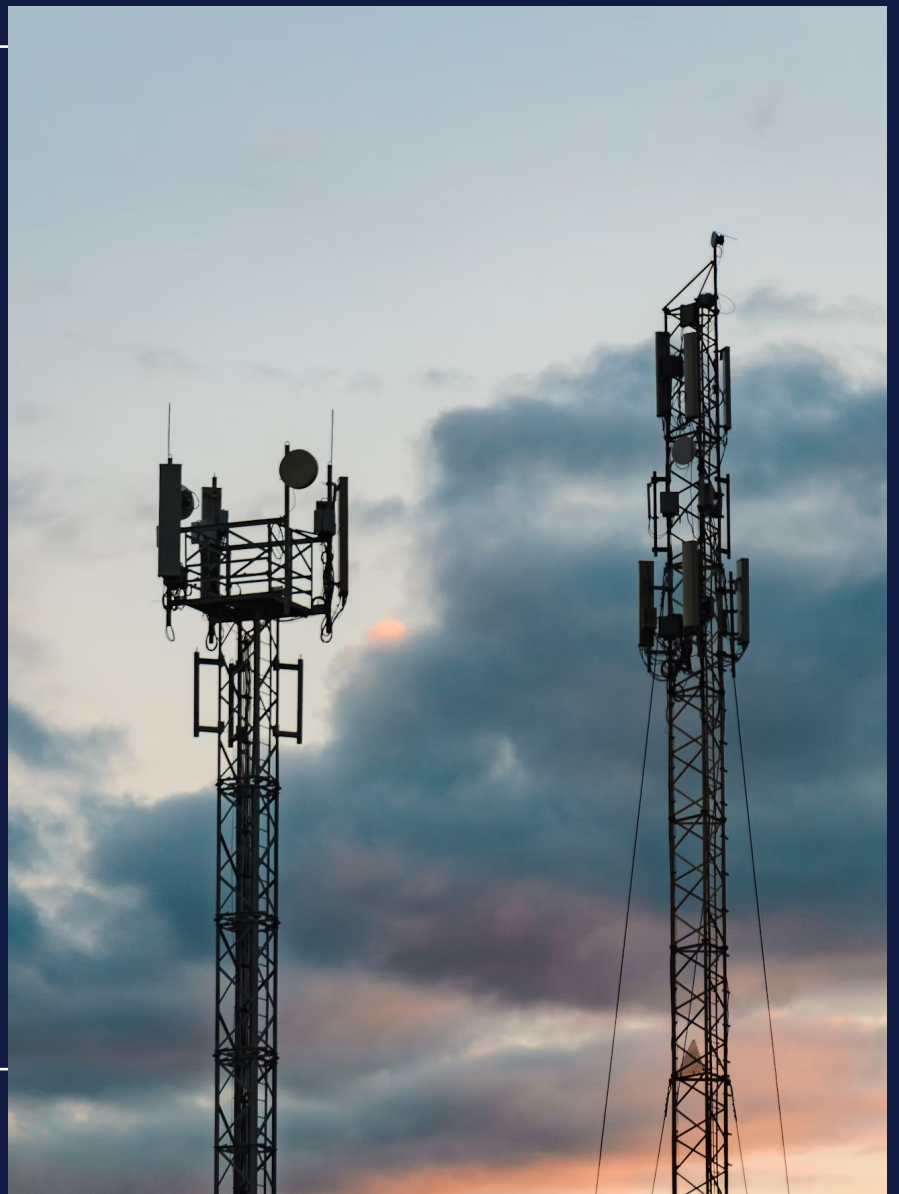


UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

COMUNICACIONES INALÁMBRICAS Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA: HACIA UN FUTURO VERDE

CHRISTIAN SCHMIDT, FERNANDO GREGORIO, JUAN COUSSEAU

DOCENTES E INVESTIGADORES DEL LABORATORIO DE PROCESAMIENTO DE SEÑALES
Y COMUNICACIONES.
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y COMPUTADORAS DE LA UN SUR.



INTRODUCCIÓN

A medida que la tecnología avanza hacia la era de las redes de comunicaciones de 6ta generación (6G) donde conviven elevadas tasas de transmisión de información, bajos tiempos de latencia y un gran número de dispositivos conectados, la eficiencia energética (EE) es uno de los criterios de diseño dominante para garantizar una evolución sostenible.

En una arquitectura celular típica, donde los dispositivos se conectan a una estación base para comunicarse entre sí, existen diversos componentes que deben ser tenidos en consideración para el diseño de un sistema eficiente energéticamente.

Hay dos componentes fundamentales que conforman una red celular: a) estaciones bases: desempeñan un papel fundamental en los sistemas celulares, ya que constan de antenas y equipos relacionados que permiten que los dispositivos móviles se conecten a la red. Se encargan de transmitir y recibir señales hacia y desde dispositivos móviles, así como de regular las señales entre estaciones base. b) Dispositivos móviles/equipamiento de usuario (UE) : es cualquier dispositivo utilizado directamente por un usuario final para comunicarse. En este grupo se puede incluir un teléfono de mano, un ordenador portátil equipado con un adaptador de banda ancha móvil o cualquier otro dispositivo.

A nivel componentes, las estaciones bases aportan una porción muy importante del consumo de energía de toda la red. Particularmente, los amplificadores de potencia (PA) son los componentes que gobiernan el consumo de las estaciones bases, por lo cual mejorar su eficiencia energética es clave. Desde el lado de los usuarios, el consumo de energía de las unidades móviles puede ser reducida mejorando la eficiencia de la etapa de amplificación de potencia (etapa de TX) y utilizando señales con relación de potencia pico a promedio (PAPR) reducida por procesamiento. En este artículo discuti-

remos el camino hacia las telecomunicaciones inalámbricas de eficiencia energética mejorada, con foco en algunas de las técnicas investigadas actualmente que permiten reducir el consumo y/o hacer un uso más provechoso de los recursos. En ese contexto, primero haremos una descripción de las etapas de transmisión/recepción y los elementos que las componen. Luego, identificaremos el consumo de potencia en el procesamiento de señales digital y analógico, haciendo énfasis en los componentes analógicos de mayor consumo: amplificadores y conversores de datos.

Finalmente, analizaremos algunas estrategias para optimizar el uso energético en estos componentes, el impacto de aplicar.

COMPONENTES DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS Y CONSUMO

En la Figura 1 puede verse el diagrama en bloques funcional de un sistema de telecomunicaciones inalámbricas moderno con los elementos que lo componen. En la parte superior se muestra el flujo de información (de izquierda a derecha) de la etapa de transmisión, mientras que en la parte inferior vemos el flujo en sentido inverso para recepción. Tanto la señal transmitida como la recibida son digitales (discretas en tiempo y amplitud) y se ubican en bajas frecuencias (banda base), mientras que las ondas electromagnéticas enviadas y recibidas mediante las antenas son analógicas y se encuentran centradas en altas frecuencias. Una señal analógica puede tomar cualquier valor de tensión o voltaje dentro de los límites impuestos por diseño en los circuitos y son continuas en tiempo, mientras que las digitales están definidas en instantes de tiempo periódicos y pueden tomar su valor dentro de un conjunto predeterminado de niveles. Sería como la diferencia de alturas posibles en una rampa o una escalera. La Figura 2 muestra una señal analógica y las señales

que se obtienen al convertirla a formato digital usando ADCs de distintas resoluciones (o cantidades de niveles posibles). También se muestra el error o diferencia entre la señal original y la señal digital, que se reduce a medida que la resolución aumenta. El cambio de analógico a digital y viceversa puede hacerse con conversores de datos: digital a analógico (DAC) para transmisión, y analógico a digital (ADC) para recepción.

Siguiendo el flujo de datos para transmisión en la parte superior de la figura, la señal digital es transformada al dominio analógico mediante el DAC, y desplazada hacia la frecuencia central (o portadora) generada en el oscilador local. Esta frecuencia central depende de las convenciones establecidas por el estándar de comunicaciones que se utilice, por ejemplo 5G para telefonía celular, wifi para internet inalámbrico doméstico, etc. Luego, la potencia de la señal es aumentada por un amplificador de alta potencia e irradiada al espacio a través de una antena. La etapa de amplificación es clave, ya que el alcance de la señal transmitida, es decir la distancia a la cual puede ser detectada y decodificada correctamente por un receptor distante, depende en gran medida de la potencia con la que es emitida. Esta es la razón principal por la cual el amplificador de potencia utilizado para transmisión es uno de los componentes de mayor consumo. Por eso mismo es muy importante mejorar lo más posible su eficiencia energética, es decir la relación entre la potencia consumida y la potencia irradiada. Más adelante veremos algunas formas de lograrlo.

Pasando al flujo de datos en el receptor, vemos que la antena recibe la señal analógica transmitida, cuyo nivel de potencia es aumentado por un amplificador de bajo ruido. En este caso, el objetivo del amplificador no es obtener una señal de alta potencia a la salida, sino una señal de un nivel adecuado para su procesamiento con el menor nivel de ruido posible. Como la señal deseada está en la banda de frecuencias alrededor de la portadora, se multiplica por un oscilador local de la misma frecuencia central

para desplazar el contenido frecuencial nuevamente a banda base. Luego, se digitaliza la señal y se procesa para su detección. En este caso, el ADC domina el consumo de potencia en el receptor. Esto se debe a que para obtener una buena representación de la señal en sistemas de comunicaciones modernos, se necesitan en general altas velocidades de conversión (gran cantidad de muestras por unidad de tiempo) y con alta resolución (gran cantidad de posibles niveles de representación). Ambos requerimientos elevan exponencialmente el consumo del ADC necesario para lograrlos. La buena noticia es que también es posible mejorar su eficiencia energética y lograr un mejor uso de la potencia consumida en este caso. El procesamiento digital de señales necesario tanto para codificar y modular la señal a transmitir como para demodular y detectar la señal recibida, también debe ser tenido en cuenta a la hora de analizar el consumo de energía del sistema.

Si bien generalmente se asume que la mayor parte del consumo de energía ocurre en los circuitos analógicos, es decir a la derecha de los conversores de datos en la Figura 1, no siempre es el caso. Un ejemplo son las redes de datos ultra densas de bajo consumo, donde la distancia entre transmisor y receptor es muy corta, y por lo tanto la potencia de transmisión requerida es baja en comparación con el consumo de los procesadores. En este contexto, el compromiso entre el consumo de energía necesario para agregar procesamiento digital (por ejemplo para codificación de canal) y el ahorro de energía que este procesamiento implica debe ser evaluado cuidadosamente, ya que tal vez no se justifique [1].

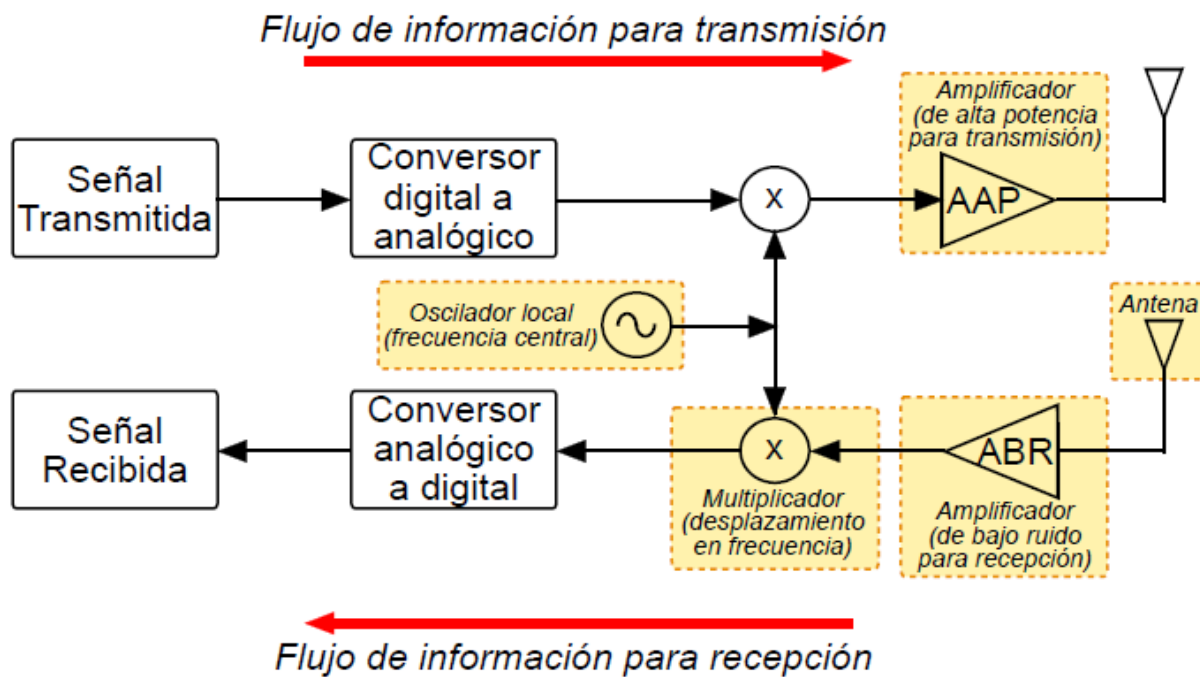


Figure 1: Diagrama en bloques de un sistema de telecomunicaciones para transmisión-recepción de información.

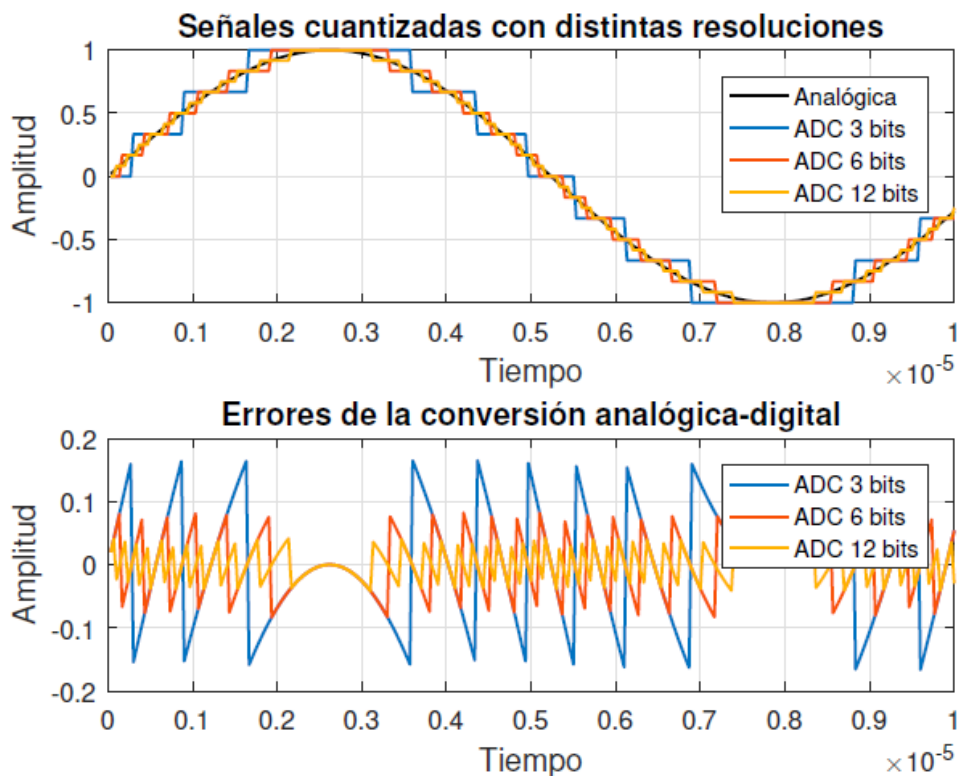


Figure 2: Conversión de una señal analógica a digital.
 a) Señales cuantizadas con distintas resoluciones en el ADC.
 b) Errores de los ADCs según la resolución (cantidad de niveles = $2^{\text{bits}} - 1$).

LINEALIZACIÓN DE COMPONENTES: AMPLIFICADORES Y CONVERTORES DE DATOS

En este artículo vamos a considerar el caso más común, donde la estación base de un sistema de telecomunicaciones inalámbrico de red celular debe proveer el servicio a múltiples usuarios que se encuentran dentro de su radio de cobertura.

Es decir, se necesita transmitir señales de alta potencia para que lleguen a destino y puedan ser detectadas allí sin errores.

Este escenario se ilustra en la Figura 3, donde se muestra un ejemplo de división del área de cobertura en celdas.

Dentro de cada celda, una estación base se encarga de proveer el servicio a los usuarios o dispositivos que se encuentran más cerca de cada una. En general, cada dispositivo se conectará a la estación base cuya señal reciba con mejores niveles de potencia, de manera que la forma de cada celda no será necesariamente hexagonal.

Los nuevos estándares de telecomunicaciones modernos, en particular 5G y próximamente 6G, han generado una gran demanda de sistemas de transmisión y recepción inalámbricos capaces de proveer tasas de transmisión de datos cada vez más altas, con mayor confiabilidad, y para un número de dispositivos conectados que crece exponencialmente [2]. Para lograr satisfacer esta demanda, es necesario contar con una alta relación señal a ruido en el receptor y baja distorsión fuera de la banda de frecuencias utilizada [3]. En este sentido, la linealidad sigue siendo un aspecto clave para lograrlo, independientemente de las mejoras adicionales que pueden introducirse mediante nuevas técnicas de modulación, codificación, o beamforming, entre otras [4]. En este contexto, las técnicas de linealización digital de componentes de radiofrecuencia son desde hace años un aspecto fundamental para obtener sistemas que cumplan con estos requerimientos y sean además eficientes y de bajo costo [5]. Esto se debe a que permiten el uso de componentes de menor

costo y consumo, permitiendo ciertos niveles de distorsión que son compensados por procesamiento, extendiendo el rango útil del amplificador y mejorando el rango dinámico (niveles de amplitud detectables) en los convertidores de datos.

AMPLIFICADORES DE POTENCIA

En la Figura 4 se muestra la relación entre la entrada y salida de un amplificador ideal (trazo azul) y uno más realista (no-lineal, trazo rojo). En este caso consideramos un amplificador clase A, donde los niveles de tensión tanto de la entrada como de la salida toman valores de tensión positivos. Como puede verse en la figura, la relación lineal entre la entrada y la salida implica que un aumento en la amplitud de la señal de entrada conduce a un aumento proporcional en la amplitud de la señal de salida. Sin embargo, en los amplificadores realizables físicamente, ocurre que cuando la señal de entrada supera determinado nivel (umbral) de amplitud, la amplitud de la salida aumenta pero en menor medida a como ocurriría para niveles de señal menores. Esto introduce lo que llamamos distorsión no lineal en la señal de salida que produce diversos errores que pueden deteriorar la calidad de la comunicación y causar errores en los datos enviados. En la práctica, este efecto reduce el rango útil de uso del amplificador a niveles de amplitud para los cuales se mantiene el comportamiento lineal.

Veamos ahora cómo se relaciona esto con la eficiencia energética y por qué es conveniente linealizar para mejorarla.

La eficiencia energética es la relación entre la potencia que consume un dispositivo y el porcentaje de esa potencia que es aprovechado de manera útil: $EE = P_{\text{util}}/P_{\text{consumida}}$. En este caso, la potencia consumida puede aproximarse como $P = V_{\text{max}} \times I_{\text{max}}$, donde V_{max} es el valor de tensión máxima de salida e I_{max} la corriente consumida para esa tensión. Por otro lado, la potencia útil en promedio es el valor promedio de tensión por el valor promedio de corriente.

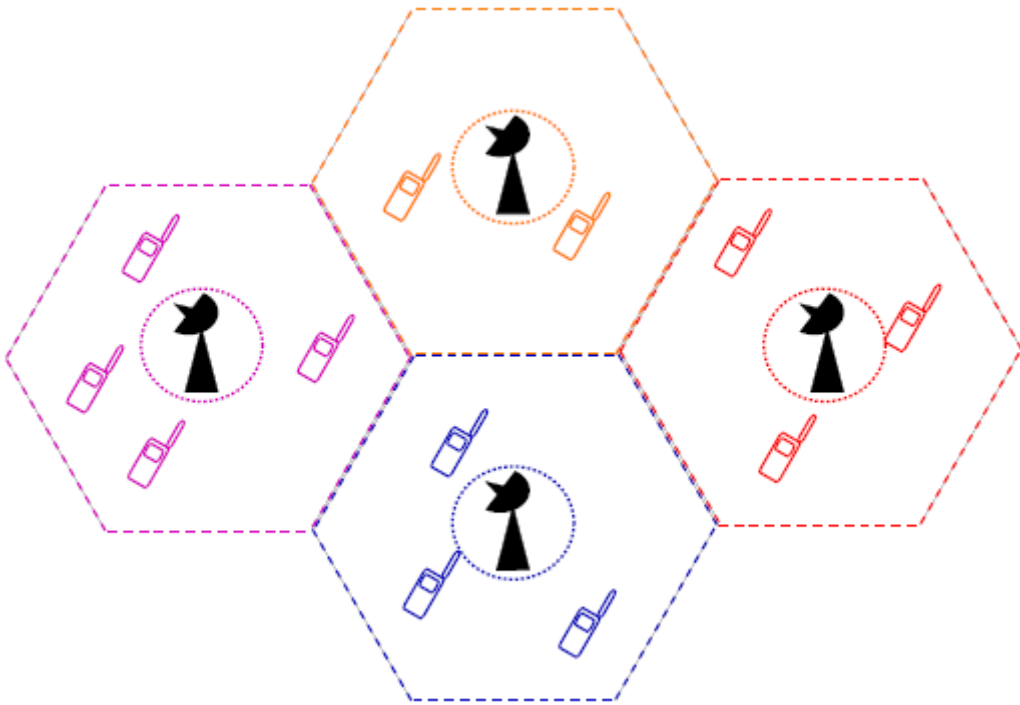


Figure 3: Esquema de telefonía celular, donde el área de cobertura se divide en celdas con estaciones base en el centro que proveen el servicio a los usuarios que se encuentran más próximos a ellas.

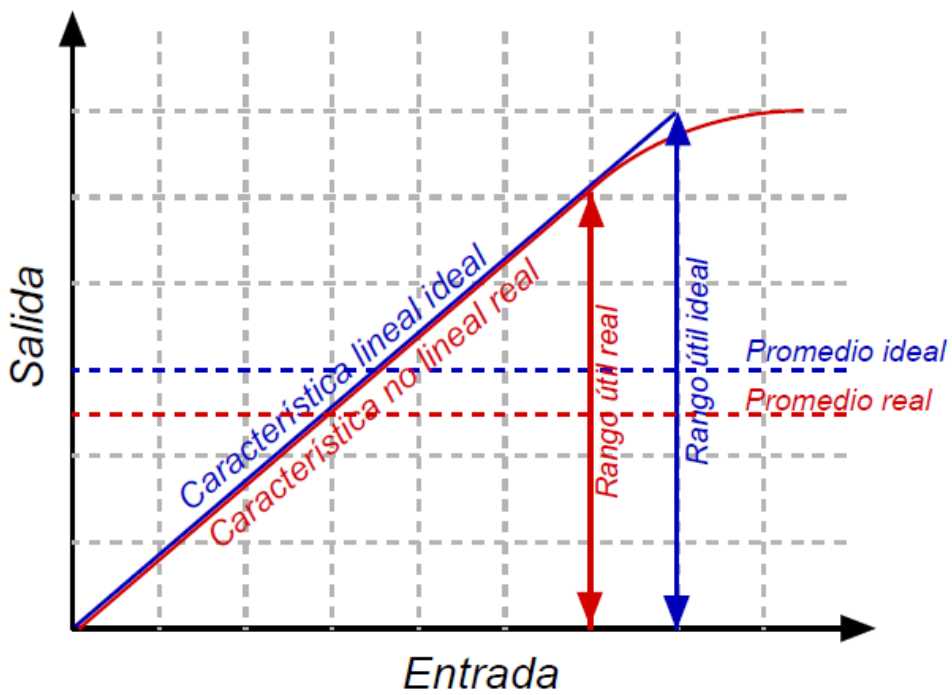


Figure 4: Características real e ideal de entrada-salida de un amplificador de potencia, rangos útiles de uso, y puntos medios de operación.

Suponiendo que la señal tiene grandes variaciones de amplitud (como ocurre con las señales de portadoras múltiples utilizadas por los estándares de comunicaciones modernos) pero similares tanto por encima como por debajo del valor promedio, normalmente se polariza el amplificador en la mitad del rango útil de funcionamiento. Es decir, se configura el amplificador de manera tal que para variaciones nulas de la señal de entrada, el valor de salida se ubique en el punto medio de la zona de funcionamiento lineal para evitar la zona en la que ocurre distorsión cuando la señal llegue a su nivel máximo. Como se ve en la Figura 4, linealizando el amplificador, el valor promedio utilizable es mayor, con lo cual la potencia útil crece y (dado que la potencia consumida es la misma) mejora la eficiencia energética. Teniendo en cuenta que el consumo de un amplificador de potencia puede superar los cientos de Watts en una estación base de telefonía celular, cualquier ahorro de energía o mejora en la EE es muy relevante.

Para linealizar el amplificador, se aplica una distorsión a la señal de entrada que sea la inversa de la del amplificador, de manera tal que el efecto conjunto sea lineal. Por ejemplo, si el efecto no lineal del amplificador es una raíz cuadrada, se eleva al cuadrado la entrada y el resultado a la salida es la entrada amplificada pero sin modificar: salida = $G \times p(\text{entrada})^2 = G \times \text{entrada}$, donde G es la ganancia del amplificador. Este proceso se llama linealización por pre-distorsión digital (PDD), y se realiza modificando la señal de entrada ya que ésta es digital y de baja potencia, lo que hace más sencilla y eficiente la linealización. En la práctica, este proceso implica obtener datos de entrada y salida del amplificador que se puedan usar para modelar su comportamiento y estimar el modelo inverso para PDD. Tanto el desarrollo e identificación de modelos que describan fielmente el comportamiento de los distintos tipos de amplificadores, como el desarrollo de pre-distorsionadores que funcionen correctamente con la menor complejidad

posible es un tema de investigación actual muy demandado [6, 7, 8, 9].

CONVERSORES DE DATOS: ADC Y DAC

La Figura 5 muestra las características ideal (en línea de puntos) y real (trazo lleno) de un ADC de 3 bits. Dependiendo de la amplitud en la señal de entrada analógica, se asigna un nivel digital diferente, y cada nivel digital se mantiene mientras el valor de la señal analógica permanezca entre los umbrales de tensión inferior y superior que corresponden a ese nivel. Idealmente, todos los escalones definidos de esta manera debieran tener el mismo ancho, y los umbrales o niveles de tensión de entrada que determinan cada transición y los delimitan deberían tener el valor ideal. Se llama no linealidad integral a la diferencia entre el valor de la señal analógica que idealmente debería ocasionar una transición de nivel digital y el valor que realmente ocasiona esa transición. Por otro lado, la no linealidad diferencial es la diferencia entre el ancho ideal de cada escalón y el ancho real que éste tiene. Estos errores, independientemente de su nombre y cómo se originan, tienen como consecuencia errores en la señal digital, ya que eventualmente se asignan niveles digitales equivocados para cierto nivel de amplitud de la señal de entrada. Además, estos errores pueden variar en el tiempo y depender de las características de la señal que se quiere convertir, por ejemplo qué tan rápido cambia su amplitud a medida que pasa el tiempo.

Estos errores en el ADC producen errores en la señal recibida, y por lo tanto en la comunicación entre el transmisor y el receptor. Existen dos formas de evitarlos o reducirlos: aumentando la potencia que consume el ADC para que su comportamiento sea más parecido al ideal, o corregir estos errores por procesamiento digital sobre la señal de salida del ADC. Por lo general, pensando en la eficiencia energética del sistema, se prefiere la segunda opción. En este caso, también es necesario medir de alguna forma el compor-

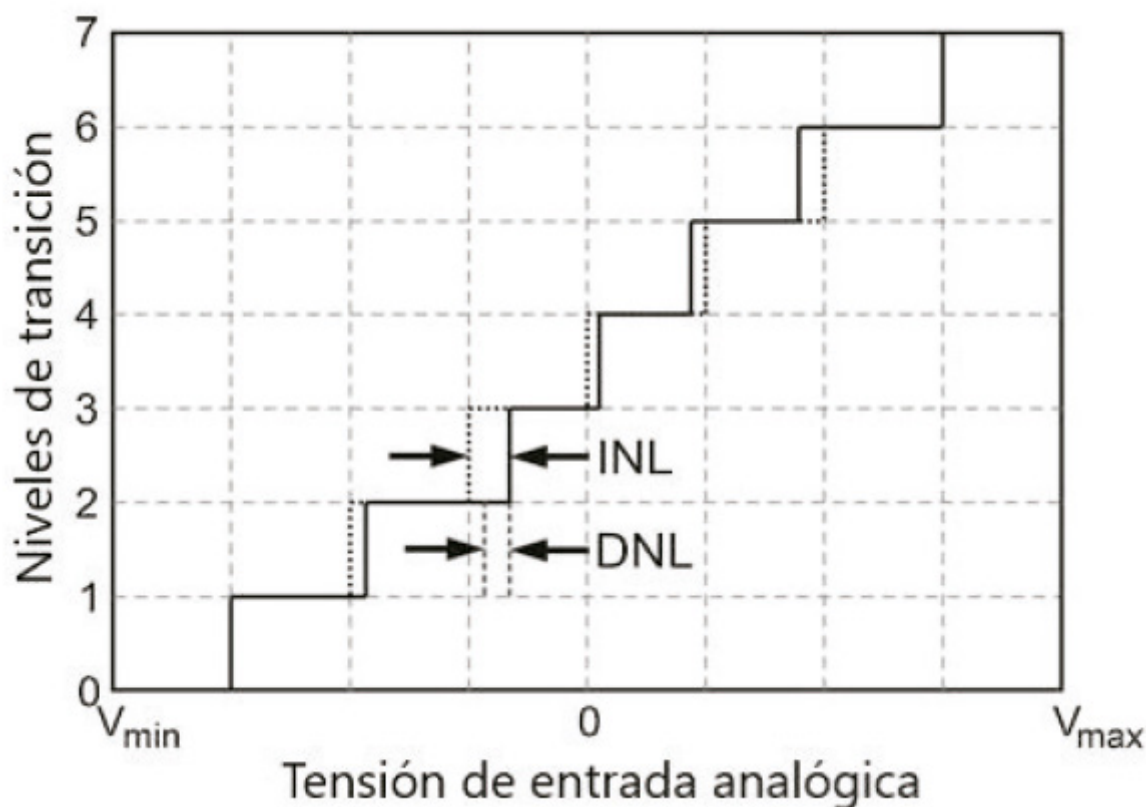


Figure 5: Características real e ideal de entrada-salida de un ADC, y los tipos de no-linealidad que causan errores en la conversión de datos: integral (INL) y diferencial (DNL).

tamiento del conversor, de manera tal que sea posible detectar los errores y corregirlos. Una forma de hacerlo es mediante calibración. Es decir, antes de usar el ADC, se le aplica a la entrada una señal conocida, y se mide la salida comparando el valor entregado por el ADC con el valor digital ideal (conocido para esa señal). Con esta información, se puede obtener un modelo del comportamiento del conversor, y diseñar un algoritmo de procesamiento digital de señales que corrija los errores de manera automática cuando se produzcan. De esta manera, se pueden usar conversores de datos de menor consumo de energía, con el costo de un procesamiento digital de señales adicional. En este sentido, es importante que el procesamiento adicional necesario para corregir los errores sea lo más simple posible, de manera que no añada retrasos significativos en el proceso de decodificación y detección de la señal recibida.

Tanto el diseño de modelos que describan correctamente el comportamiento del ADC como el desarrollo de algoritmos y métodos de corrección de baja complejidad computacional son igualmente importantes y tema activo de investigación en la actualidad [10, 11, 12]. También se estudia qué impacto tienen los errores de conversión en el funcionamiento de los sistemas de comunicaciones modernos [13]. En el caso de conversión digital a analógica para transmisión, un factor importante es determinar cómo afecta a la eficiencia energética la resolución del DAC y qué valor permite maximizarla [14].

PROCESAMIENTO DE SEÑALES PARA MEJORAR LA EFICIENCIA: REDUCCIÓN DE PAPR

Los sistemas de telecomunicaciones modernos utilizan casi en su totalidad un tipo de modulación multi-portadora que implementa un multiplexado por división en frecuencias ortonormales (OFDM, por sus siglas en inglés Orthogonal Frequency Division Multiplexing). La idea detrás de OFDM se basa en que, como el canal de comunicaciones inalámbrico varía fuertemente sus características (básicamente atenuación y retardo-desfasaje) dependiendo de la frecuencia a la cual se transmite, se divide un canal ancho en frecuencia en muchos canales angostos adyacentes. Entonces, volviendo a la Figura 1, distintas partes de la señal a transmitir se multiplican por frecuencias centrales diferentes. La ventaja de dividir el canal en términos de frecuencia de esta manera es que cada canal angosto se puede considerar constante, lo que facilita la recuperación de la porción de la señal ubicada en esa frecuencia. En la Figura 6 se muestran las principales características de este tipo de señales. En la parte superior se muestran las portadoras en frecuencia y tiempo, que consisten y tonos o señales senoidales que oscilan a distintas velocidades. Cada uno de estos tonos se multiplica por un dato o símbolo, que luego se suman y transmiten. Como se ve en la parte inferior de la figura, el resultado es una señal con grandes picos de amplitud con respecto a la amplitud promedio de la señal. Esto ocurre porque al sumar los tonos de distintas frecuencias, eventualmente pueden superponerse los picos de varios de ellos, ocasionando grandes variaciones de amplitud en la señal temporal resultante. Ahora veamos cómo se relaciona esto con la eficiencia energética y por qué es conveniente reducir la relación entre la potencia máxima de la señal y su promedio (PAPR) para mejorarla. La figura 7 muestra de nuevo la relación entrada salida del amplificador de potencia como se muestra en la Figura 4, pero en este caso suponemos que

la relación entre las amplitudes máxima y promedio de la señal es menor. El resultado es que el rango útil de la señal ya no ocupa el rango completo de uso del amplificador, y por lo tanto se puede mover hacia arriba el punto de operación (dentro de la zona lineal del amplificador real para evitar distorsión y errores en la señal amplificada). Lo que se logra de esta manera es que el promedio de potencia útil sea mayor, y como el consumo sigue siendo el mismo, aumenta la eficiencia. Por otro lado, combinando técnicas de procesamiento para reducir la PAPR con linealización del amplificador por PDD, se podría mover el punto de operación aún más arriba, utilizando el máximo del rango útil ideal del amplificador. En este caso, el promedio de potencia útil sería mayor que si sólo se reduce la PAPR, y también la mejora en la eficiencia energética.

Existen muchos métodos que, aplicando procesamiento digital de señales, permiten codificar la señal introduciendo cambios reversibles que permitan obtener una reducción de PAPR sin perder información ni añadir distorsión. Uno de estos métodos se llama reducción de PAPR por tonos reservados, y consiste en dejar libre un pequeño porcentaje de portadoras de la señal OFDM de manera de colocar una señal en esos tonos que reduzca la PAPR de la señal útil resultante con el resto de las portadoras. En este caso, los tiempos de procesamiento necesarios para calcular la señal óptima en los tonos reservados puede llegar a ser bastante alto, y la forma de lograr buenos resultados con la menor complejidad posible es un tema de investigación muy demandado [15]. Otra alternativa consiste en cambiar el orden de los símbolos que se multiplican por las distintas portadoras, y utilizar la variante que resulte con menor PAPR. En ese caso, es necesario enviar información adicional para conocer en el receptor el orden original en que van los datos. Hacer ambas cosas de manera eficiente es un desafío interesante y un problema cuya resolución también genera mucho interés. Otro tema que se investiga mucho es cómo se pueden combinar

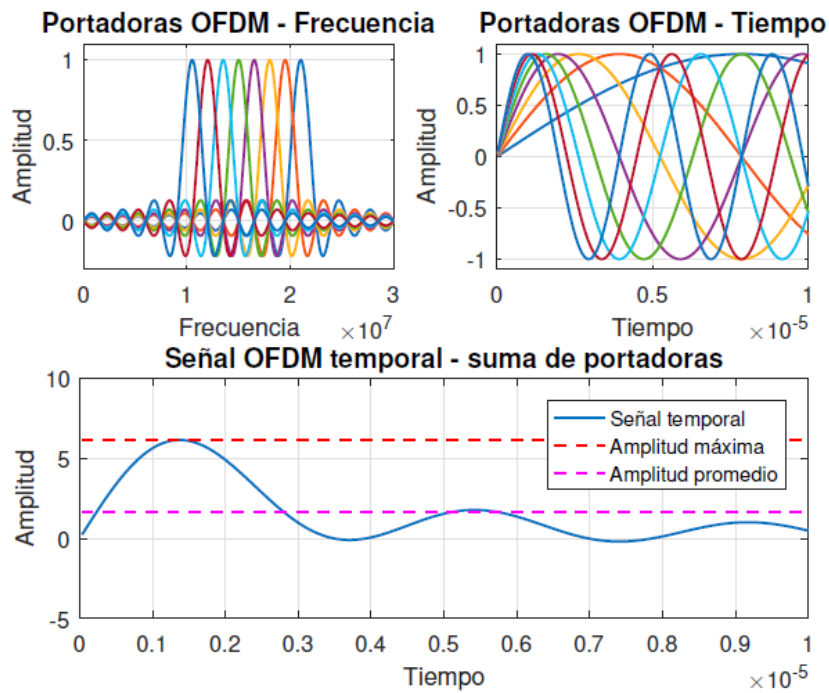


Figure 6: El origen de la alta relación entre potencias pico y promedio en señales multiportadoras (OFDM).
 a) Forma y posición de las portadoras en frecuencia. b) Forma temporal de las señales portadoras.
 c) Señal temporal modulada OFDM, es la suma de las portadoras ponderadas por los datos.

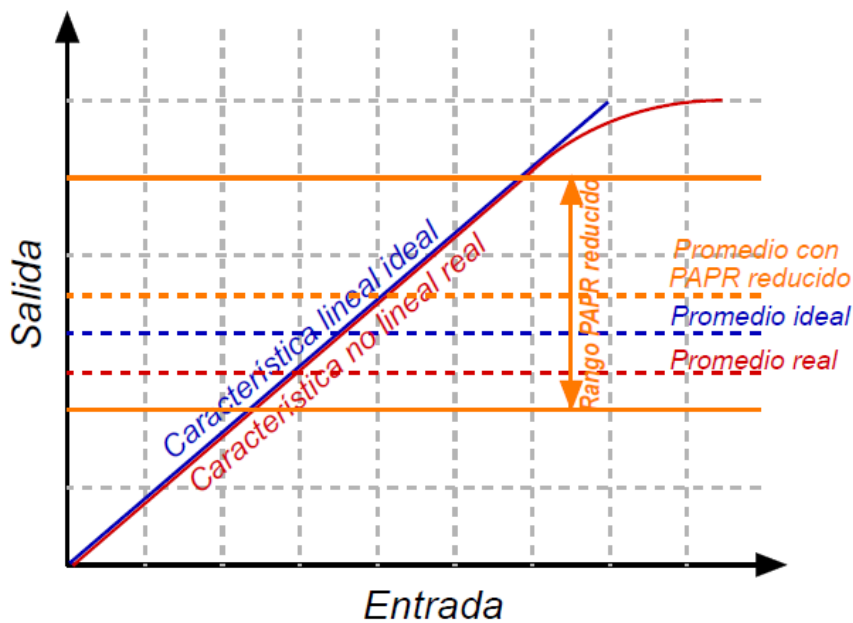


Figure 7: Uso más eficiente del amplificador de potencia cuando la señal tiene menor PAPR.

estas técnicas con los sistemas de comunicaciones modernos y en qué medida se puede mejorar la EE de manera eficiente. Por ejemplo, en MIMO masivo, donde se usa una gran cantidad de antenas para mejorar la velocidad de transmisión y la calidad de los enlaces, realizar el procesamiento en tiempo o en frecuencia puede tener un impacto alto en la complejidad [16] [17].

Teniendo en cuenta las tendencias actuales, donde la cantidad de dispositivos conectados (mediante internet de las cosas o tecnologías similares) dentro y fuera del hogar se cuentan por millones en áreas relativamente pequeñas, o donde se utilizan estaciones base con tecnologías de MIMO masivo (que cuentan con decenas de antenas cada una alimentada por su propio amplificador de potencia), cualquier mejora en la EE, por más pequeña que parezca, se ve multiplicada enormemente por los grandes factores de escala involucrados. En este contexto, el uso de estas técnicas, otras similares, o las que sigan desarrollándose en el futuro resultan vitales para acompañar el desarrollo y la evolución de las conexiones inalámbricas de alto desempeño de manera sustentable.

REFERENCIAS

- [1] F. Gregorio, G. González, C. A. Schmidt, and J. Cousseau, *Signal Processing Techniques for Power Efficient Wireless Communication Systems: Practical Approaches for RF Impairments Reduction*. Signals and Communication.
- [2] B. D. R. Li, A. Barros, Y. P. Fang, and Z. Zeng, "Estimating 5G network service resilience against short timescale traffic variation," *IEEE Transactions on Network and Service Management*, April 2023.
- [3] M. A. Montazerolghaem, L. C. N. de Vree de, and M. Babaie, "A highly linear receiver using parallel preselect filter for 5G microcell base station applications," *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, vol. 58, pp. 2157–2172, August 2023.
- [4] Q. Chen and J. Wang, "Aligntrack: Push the SNR limit of LoRa collision decoding," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, Jan 2023.
- [5] R. Michev, Y. Shu, D. Werbunat, J. Hasch, and C. Waldschmidt, "Adaptive compensation of hardware impairments in digitally modulated radars using ML-based behavioral models," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, June 2023.
- [6] M. Y. Cheong, S. Werner, M. J. Bruno, J. L. Figueroa, J. E. Cousseau, and R. Wichman, "Adaptive piecewise linear predistorters for nonlinear power amplifiers with memory," *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, vol. 59, no. 7, pp. 1519–1532, 2012.
- [7] C. Bocciarelli, F. Centurelli, P. Monsurrò, G. Scotti, V. Spinogatti, P. Tommasino, and A. Trifiletti, "High-accuracy low-cost generalized complex pruned volterra models for nonlinear calibration," *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, vol. 70, no. 9, pp. 3534–3544, 2023.
- [8] J. Wang, R. Su, J. Lv, G. Xu, and T. Liu, "Signal reconstruction deep residual neural network-based bandwidth augmented methods for dpd linearization," *IEEE Microwave and Wireless Technology Letters*, vol. 33, no. 3, pp. 243–246, 2023.

- [9] W. Li, Y. Guo, G. Montoro, and P. L. Gilabert, "A scalable bandwidth and frequency-dependent dpd linearizer for user equipment power amplifiers with nonflat frequency response," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, pp. 1–13, 2023.
- [10] C. A. Schmidt, O. Lifschitz, J. E. Cousseau, J. L. Figueroa, and P. Julián, "Methodology and measurement setup for analog-to-digital converter postcompensation," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 63, no. 3, pp. 658–666, 2014.
- [11] C. A. Schmidt, J. E. Cousseau, J. L. Figueroa, B. T. Reyes, and M. R. Hueda, "Efficient estimation and correction of mismatch errors in time-interleaved ADCs," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 65, no. 2, pp. 243–254, 2016.
- [12] C. A. Schmidt, J. L. Figueroa, J. E. Cousseau, and A. M. Tonello, "Pilot-based TI-ADC mismatch error calibration for ir-uwB receivers," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 74340–74350, 2019.
- [13] C. A. Schmidt, G. González, F. Gregorio, J. E. Cousseau, T. Riihonen, and R. Wichman, "Compensation of ADC-induced distortion in broadband full-duplex transceivers," in *2017 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops)*, pp. 1147–1152, 2017.
- [14] C. A. Schmidt, J. F. Schmidt, J. L. Figueroa, and M. Crussière, "Achievable energy efficiency in massive MIMO: Impact of DAC resolution and PAPR reduction for practical network topologies at mm-waves," *IEEE Communications Letters*, vol. 26, no. 11, pp. 2784–2788, 2022.
- [15] S. S. K. C. Bulusu, M. Crussière, J.-F. Hélar, R. Mounzer, Y. Nasser, O. Rousset, and A. Untersee, "Quasi-optimal tone reservation PAPR reduction algorithm for next generation broadcasting systems: A performance/complexity/latency tradeoff with testbed implementation," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 64, no. 4, pp. 883–899, 2018.
- [16] C. A. Schmidt, M. Crussière, and J. F. Hélar, "Digital beamforming with PAPR reduction: An approach for energy efficient massive mimo," in *2020 IEEE 91st Vehicular Technology Conference (VTC2020-Spring)*, pp. 1–6, 2020.
- [17] C. Schmidt, M. Crussière, J. F. Hélar, and A. Tonello, "Improving energy efficiency in massive MIMO: Joint digital beam-steering and TR-PAPR reduction," *IET Communications*, May 2020.

LAS VIAS NAVEGABLES DEL RÍO DE LA PLATA MERECEEN ATENCIÓN

ING.RODOLFO ROCCA

PROFESOR TITULAR FACULTAD DE INGENIERÍA UNLP.
GERENTE DEL PUERTO DE LA PLATA ENTRE 1999 Y 2023.



La evolución de las dimensiones principales de los buques portacontenedores en los últimos treinta años ha sido continuada y creciente, propiciada entre otras cosas, por la constitución de alianzas entre las navieras, una mejor amortización de los costos de la tripulación y el combustible con relación a la carga transportada, y la habilitación de las nuevas esclusas del Canal de Panamá elevando la categoría de buques de los denominados Panamax (230 x 32 , eslora x manga) a los New Panamax (365 x 51), la flota actual pone en jaque a las más modernas infraestructuras mundiales portuarias y también a las vías navegables.

En el Río de La Plata como efecto cascada de lo que ocurrió a nivel mundial, este fenómeno también ha sido importante, y la Fig. 1 (Fuente AGP SE, Plan Maestro de Infraestructuras del PBA) muestra claramente la evolución de los buques full container in-

gresados al sistema de aguas restringidas a partir de la década del 90, período en la que se pone en marcha la reforma portuaria y el concesionamiento del mantenimiento de las vías navegables. En esa oportunidad se adoptó un buque de diseño tipo Panamax para diseñar las vías navegables, no obstante lo cual actualmente se registran ingresos regulares a los puertos del AMBA buques portacontenedores del orden de los 12.000 Teus (335 x 48), prácticamente con la misma infraestructura.

Pero esto no se detiene, ya se están haciendo simulaciones náuticas para habilitar el ingreso al sistema portuario de los denominados New Panamax de 14.000 Teus (365 x 51 Fig. 2, los cuales ya se encuentran operativos en los más importantes puertos de la CESA.

Fácil resulta entonces resumir que los aumentos del 60 % en la manga, del 50 % en la

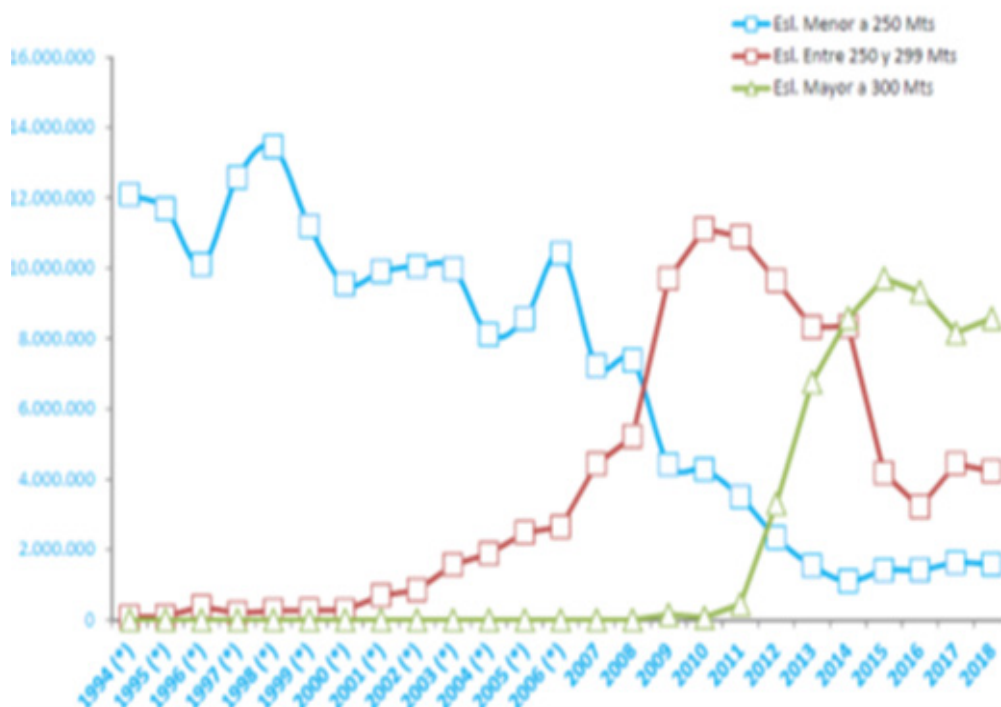


Figura 1: Esloras de BP ingresados al río de LP



Figura 2: BP New Panamax 365 x 51

eslora o del 400% en la capacidad de transporte de Teus de los buques portacontenedores que ingresan regularmente a los puertos del AMBA no se han visto correspondidos con mejoras o adecuaciones en la infraestructura de transporte, particularmente en los parámetros geométricos de diseño principales de los canales de navegación en el Río de La Plata tanto en la VNT como los accesos a los puertos respectivos, en anchos de solera (actualmente del orden de los 100 metros) y profundidad asegurada.

Los puertos de Santos y Rio Grande en Brasil ofrecen a las navieras 50 pies de profundidad, el de Montevideo 40 pies, mientras que los puertos del AMBA brindan escasos 34 pies para estos enormes navíos, con el agravante de que no hay gestiones concretas por parte de las autoridades responsables de que puedan ser mejoradas las condiciones de navegación en los próximos años. En esta condición, las navieras que desean concretar la recalada en el AMBA se ven obligados previamente a aligerar cargas en puertos brasileros o uruguayos para posibilitar el ingreso al sistema de aguas restringidas dando cumplimiento con la escasa determinante de calado ofrecida y luego, volver

nuevamente a los puertos anteriores a retomar las cargas para continuar su circuito programado.

Al respecto, es esclarecedora del fenómeno anterior la tabla de la Fig. 3, que preparó el ITF (International Transport Forum) del OECD inserta en el paper del especialista portuario Olaf Merk denominado "The container port of Buenos Aires in the mega ship era". Allí se advierte que para el ingreso seguro de los actuales buques de hasta 10.000 Teus para la condición de 36 pies (10,96 metros) se puede transportar solamente un 25 % de la carga máxima del buque. En nuestro caso, donde se ofrece nada mas que 34 pies la carga transportada sería de menos del 20 %.

Otro inconveniente no menor, es el costo del peaje por uso de la vía navegable, en donde la tarifa que es proporcional al TRN del buque, supone un promedio de costo adicional del orden de U\$S 100 por Teu movilizado, a pesar de que el servicio prestado por los esfuerzos de dragado en el tramo es la tercera parte de los costos respectivos, incumpliendo un requisito fundamental de la prestación del servicio de mantenimiento de dragado, que es evitar los subsidios cruzados.

Especular con la altura de marea del río trae

elevados riesgos, y no obstante los 3 pies de resguardo necesario por factores estaticos y dinámicos relacionados con el buque, de revancha bajo quilla que dispone la Autoridad Marítima, cada vez son mas frecuentes los hechos de varadura en los canales de estas embarcaciones, poniendo en vilo la continuidad de la navegación del sistema. Similar analisis se podría realizar para los cruceros con destino al PBA, que no requieren mayores profundidades pero si anchos de solera compatibles con sus mangas y superficie expuesta, no obstante por razones de síntesis no se analizan con mas detalle en esta ocasión.

Todo esto pone en evidencia la necesidad imperiosa de redimensionar las secciones geométricas de los canales en el rio de La Plata para que estos nuevos buques de diseño ingresen al sistema en forma segura, adoptando normativas internacionales como la ROM o el PIANC que fijan anchos bastante superiores a los existentes y profundizando progresivamente la via navegable hasta los llegar a los 40 pies en el rio de La Plata. De lo contrario deberemos pagar un costo mayor en trasbordos para la carga nacional de expo e impo.

Ship capacity	Draft requirements with utilisation rates of:			
	100%	75%	50%	25%
> 20 000 TEU	18.0	16.2	14.4	12.6
≤20 000 TEU	16.5	14.9	13.2	11.6
≤15 000 TEU	16.0	14.4	12.8	11.2
≤10 000 TEU	15.5	14.0	12.4	10.9
≤5 000 TEU	14.0	12.6	11.2	9.8
≤3 000 TEU	13.9	12.5	11.1	9.7

Figura 3: Prof. requerida según % de carga

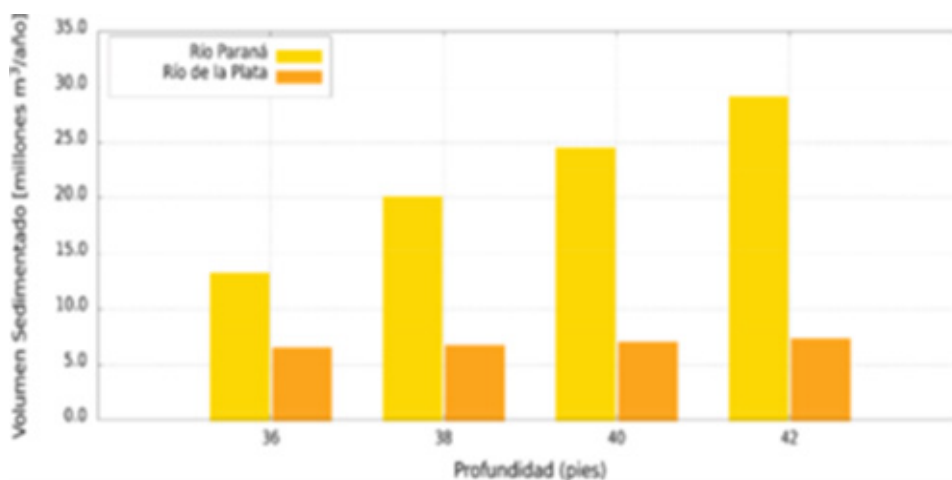


Figura 4 Volúmenes de mantenimiento según prof.

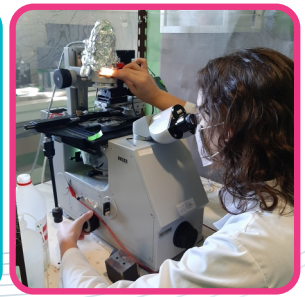
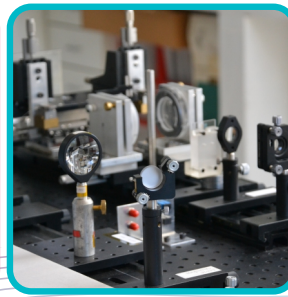
Con respecto a esta necesidad de profundización es muy interesante el trabajo ejecutado por A.N.Menedez y otros investigadores del INA sobre "Predicción de la sedimentación en una vía navegable extensa y heterogénea" en donde realizando un análisis sobre la reprofundización de la VNT se observa que los volúmenes que demanda el Paraná para su mantenimiento a 36 pies representa un 100% adicional a todo el río de La Plata incluido el Mitre, mientras que para mantener 42 pies el Paraná requiere un 300% adicional, ver Fig 4. Otra observación interesante que surge del estudio realizado es que son prácticamente invariables los volúmenes de mantenimiento para el río de La Plata hasta 42 pies, lo que justifica aún más la obra.

Esto pone de manifiesto una vez más, la necesidad de estudiar un sistema de determinantes escalonadas en profundidades para la VNT, según los buques de diseño adoptados en la misma, desde el Océano hasta Confluencia (40 pies, 34 pies, 10 pies), con tramos según los buques de diseño asignados (Río de La Plata sin incluir canal EM, Paraná inferior incluyendo el canal EM, y Paraná medio) y no quedar sujetos a fijar una misma profundidad desde el océano hasta Timbúes. A su vez debe darse cumplimiento con los respectivos anchos de solera, en cada caso, que proponen las recomendaciones internacionales en la materia. Esto evitaría tener que intervenir en una mayor profundización del canal Emilio Mitre por las condiciones críticas ambientales que supone tanto su doble dragado, como los volúmenes de mantenimiento asociados, y hacer sustentable jurídica y económicamente la estructura tarifaria de los tramos de peaje, de modo que se pague con una mayor proporcionalidad con los esfuerzos de dragado efectivamente realizados.

De todos modos, lo peor que se puede hacer es no hacer nada. Continuar con infraestructuras como hace 25 años es retroceder, y eso lo demuestran los hechos de varadura frecuentes.

BIBLIOGRAFIA:

- 1.- Plan Maestro de Infraestructuras del Puerto de Buenos Aires. Ministerio de Transporte de la Nación, AGP SE, 2019.-
- 2.- "The Container port of Buenos Aires in the mega ship era" Draft Discussion Paper, International Transport Forum OECD, Olaf Merk, 2017
- 3.- "Predicción de la sedimentación en una vía navegable extensa y homogénea" AN Menendez INA, 2019.-
- 4.- ROM 3.1.99 Proyecto de configuración marítima de los puertos, canales de acceso y áreas de flotación. Puertos del Estado. España
- 5.- PIANC Harbour approach channels. Design guidelines Report 121 2014.



La **CIENCIA** en la **PROVINCIA** de **BUENOS AIRES**

QUÉ ES LA CIC?

La Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) es uno de los primeros organismos públicos de ciencia y tecnología de la Argentina. Cuenta con un plantel de más de 700 personas entre investigadoras e investigadores, personal de apoyo, becarias y becarios en 7 Centros I+D propios y en más de 100 de simple y múltiple dependencia.

QUÉ HACEMOS?

- Formamos profesionales de alta calificación.
- Impulsamos el desarrollo de investigaciones que generan conocimiento y soluciones concretas para las y los bonaerenses.
- Asistimos al sector público y privado en articulación con otros organismos de ciencia y tecnología, del Estado y universitarios.
- Fomentamos la construcción de redes de investigación, desarrollo e innovación en nuestra Provincia
- Divulgamos el conocimiento científico-tecnológico y su aplicación en la vida comunitaria.



Escaneá el código QR
e ingresá a nuestra web
www.cic.gba.gov.ar

Calle 526 e 10 y 11
La Plata, Bs. As. CP 1900
Tel: (221) 421 7374



Nuestras redes **CICPBA**

AVANCES SOSTENIBLES DEL TRANSPORTE AÉREO A TRAVÉS DE LA MOVILIDAD AÉREA URBANA Y LA MOVILIDAD ÁREA AVANZADA: INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS EMERGENTES

C. ALEJANDRO DI BERNARDI – GRUPO TRANSPORTE AÉREO — UIDET
“GTA-GIAI”, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AEROSPAZIAL,
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNLP



Introducción

La movilidad aérea urbana (UAM) y la movilidad aérea avanzada (AAM) están encaminadas a transformar de manera radical la manera en la que hoy nos desplazamos en las urbes que habitamos o bien entre ciudades cercanas.

Todo indica que pasaremos de los desplazamientos en 2D a una combinación de 2D y/o 3D.

Este emergente modelo de movilidad surge con una doble finalidad: por un lado, busca reducir los tiempos de desplazamiento y, por otro, aliviar gradualmente la congestión en las vías terrestres de comunicación.

En este escenario, el sector de la AAM y de la UAM está cobrando cada vez más impulso y relevancia a medida que la tecnología avanza, las regulaciones se ajustan y la sociedad adquiere un mayor conocimiento y confianza en estas nuevas aeronaves y sus capacidades.

La AAM y UAM representan dos facetas complementarias de la evolución del transporte aéreo. Mientras que la AAM se centra en la expansión de las capacidades aéreas para satisfacer las necesidades de movilidad en áreas rurales y regionales, la UAM se enfoca en abordar los desafíos específicos de congestión y acceso en entornos urbanos densamente poblados.

Resulta entonces sencillo observar que estas dos áreas están interconectadas y requieren de una integración efectiva con el fin de optimizar el uso del espacio aéreo y los recursos disponibles. En este contexto la gestión del sistema multimodal del transporte desempeñará un papel crucial al facilitar los medios para esta integración, permitiendo la coordinación entre la AAM, la UAM y los otros modos de transporte terrestre. Esta integración garantizará una movilidad fluida y eficiente para los usuarios, al mismo tiempo que maximizará los beneficios ambientales y socioeconómicos de las operaciones aéreas en entornos urbanos y regionales, apareciendo en el proceso el concepto de ciudades inteligentes.

En este artículo, comentaremos solo sobre ciertos aspectos generales relativos a los avances más recientes que en esta área de conocimiento se van dando, desde las aeronaves con características VTOL y STOL hasta la transición a la propulsión eléctrica (eVTOL, eSTOL), así como también el papel crucial que desempeñan en ciudades que evolucionan: la tecnología de la información y la comunicación (TIC), la inteligencia artificial, el big data, el 5G, el Internet de las cosas (IoT) y la gestión multimodal integral del transporte entre otros elementos en un contexto de visión sistémica.

Las Ciudades: Perspectivas Demográficas para el Siglo XXI

Según estimaciones de Naciones Unidas, aproximadamente el 50% de la población mundial vive actualmente en zonas urbanas, y se estima que esta cifra aumentará significativamente para el año 2050, alcanzando un estimado del 70% de la población total. Esta situación dará como resultado una alta concentración de la población residiendo en grandes urbes y áreas sub urbanas para mediados del presente siglo.

Este cambio demográfico traerá aparejado diferentes implicaciones y desafíos para: la planificación urbana, la gestión de recursos, la gestión de los residuos, la infraestructura de transporte, la vertebración e integración territorial, los usos del dominio, los medios de movilidad y su conectividad asociada, entre otros tantos aspectos que hacen a la temática bajo análisis.

Ciudades en desarrollo – Ciudades inteligentes

Con este continuo crecimiento a nivel mundial de concentración de la población urbana, las ciudades vienen enfrentando desafíos cada vez mayores en términos de movilidad, infraestructura, gestión de recursos, y calidad de vida. En respuesta a estos desafíos, cada vez más ciudades están adoptando enfoques innovadores para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad a través

de diferentes modelos de gestión, y es aquí donde las Smart Cities, o ciudades inteligentes surgen como concepto innovador.

Estas ciudades se basan fundamentalmente en el uso de la tecnología de la información y la comunicación (TIC) y buscan mejorar la calidad de vida de sus habitantes, aumentar la eficiencia, mejorar la seguridad operacional, gestionar eficientemente los recursos disponibles y reducir los impactos ambientales negativos entre otros tantos aspectos. Para lograr ello, las ciudades deberán equiparse de medios y sistemas de registro y control, dispositivos de comunicación, sistema de análisis de datos, modelos de predicción, y plataformas digitales tendientes a optimizar una amplia gama de servicios y de procesos, yendo desde el transporte (medios y usos) y la energía, hasta la gestión de residuos y la seguridad pública.

Si bien estas ciudades presentarán diversos beneficios resulta claro, a priori, sus aportes en áreas asociadas a la eficiencia energética donde mediante la monitorización y gestión inteligente de la energía, las Smart Cities podrán reducir el consumo de recursos y por lo tanto las emisiones efecto invernadero contribuyendo así a la mitigación sobre el cambio climático. Así mismo la movilidad sostenible será otro pilar donde la implementación de sistemas de transporte inteligentes, como el transporte público optimizado, el uso compartido de vehículos y la movilidad eléctrica ayudará a reducir la congestión del tráfico, reduciendo tiempos de traslado y mejorando la calidad del aire al reducir los aportes contaminantes.

Aeronaves VTOL y STOL: La Base de la UAM y de la AAM

En este contexto, las aeronaves con características VTOL (Vertical Take-Off and Landing) y STOL (Short Take-Off and Landing) se constituyen en los pilares fundamentales tanto de la UAM y como de la AAM. Estos vehículos representan una revolución en la capacidad de despegue y aterrizaje de las aeronaves hoy existentes, permitiendo ope-

raciones en espacios reducidos y entornos urbanos congestionados aportando así a la seguridad operacional.

Las tecnologías VTOL, en particular, representan una evolución significativa de los helicópteros tradicionales y de algunos drones símil helicópteros. Gracias a los recientes avances tecnológicos en diseño y propulsión, estas aeronaves estarán alcanzando, en un futuro cercano, niveles de rendimiento superiores a los actuales. La capacidad de despegar y aterrizar de forma totalmente vertical otorgará una flexibilidad sin precedentes, ya que los convertirá en vehículos indispensables para misiones de transporte (carga o pasajeros), seguridad policial, logística y emergencia en entornos urbanos densamente poblados con tramas territoriales complejas y diversas.

Por otro lado, están las aeronaves STOL las cuales están experimentando un renovado interés y impulso debido a su capacidad para operar en pistas más cortas que las aeronaves convencionales. Esta característica los hace especialmente adecuados para desplazamientos en áreas urbanas densamente pobladas, donde el espacio para la infraestructura aeroportuaria resulta siempre limitado y escaso. Al permitir despegues y aterrizajes en distancias más cortas, los sistemas STOL ofrecen una solución viable para la conectividad aérea en entornos urbanos congestionados, contribuyendo así a la expansión de la UAM y la AAM en todo el mundo y al futuro de un transporte aéreo más eficiente, seguro y sostenible.

Transición hacia Tecnologías Eléctricas: eVTOL y eSTOL

La transición hacia aeronaves eléctricas representa un hito significativo en la evolución de la UAM y la AAM. Las aeronaves eVTOL (de despegue y aterrizaje vertical eléctricas) y eSTOL (de despegue y aterrizaje corto eléctricas) estarán marcando un cambio radical en la industria del transporte aéreo. Al adoptar el prefijo "e" para denotar su naturaleza eléctrica, estas aeronaves están en el







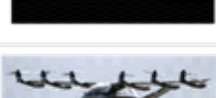



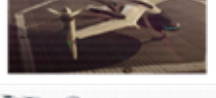

camino de transformar la forma en que nos desplazaremos en un espacio aéreo controlado o no.

Resulta fácil ver que la sustitución de los motores de combustión interna por sistemas de propulsión eléctrica representa un avance significativo en términos de sostenibilidad y eficiencia. Al eliminar las emisiones nocivas y reducir la dependencia de los combustibles fósiles, las aeronaves eléctricas prometen, en términos de emisiones, beneficios ambientales inigualables. Además, la electricidad es una fuente de energía más económica y eficiente cuando la comparamos con la generada por combustibles fósiles tradicionales, lo que de manera directa se traduce en una reducción significativa de los costos operativos para las compañías aéreas y los usuarios finales.

La integración de las aeronaves eléctricas con fuentes de energía renovable agrega un nivel adicional de sostenibilidad y resiliencia

al sistema de transporte aéreo. La energía solar y eólica son recursos abundantes y limpios que pueden alimentar las redes eléctricas y cargar las baterías de las aeronaves, reduciendo aún más su huella ambiental y su dependencia de los recursos no renovables. Además de sus beneficios ambientales y económicos, las aeronaves eléctricas también ofrecen ventajas en términos de rendimiento y diseño. La propulsión eléctrica permite una mayor flexibilidad en la configuración de la aeronave, lo que resulta en diseños más versátiles y eficientes. Además, los motores eléctricos son más silenciosos y requieren menos mantenimiento en comparación con sus contrapartes de combustión interna, lo que mejora la experiencia de vuelo para los pasajeros y reduce los costos de operación para los operadores.

Ejemplos de este tipo de aeronaves se visualizan en la siguiente tabla:

Boeing PAV		PAX: 2 Range: 80 km Cruise Speed: 180 km/h	Bell Nexus 6HX		Pilot: 1 PAX: 4 Range: 240 km Cruise Speed: 290 km/h
Airbus Vahana		PAX: 1 Range: 50 km Cruise Speed: 190 km/h	Vertical VX4		Pilot: 1 PAX: 4 Range: 185 km Cruise Speed: 320 km/h
Airbus City Airbus Nextgen		PAX: 4 Range: 80 km Cruise Speed: 120 km/h	Joby S4		Pilot: 1 PAX: 4 Range: 250 km Cruise Speed: 330 km/h
Archer Maker		PAX: 2 Range: 95 km Cruise Speed: 240 km/h	Lilium Jet 5 seater Lilium		PAX: 5 Range: 300 km Cruise Speed: 300 km/h
Uber Elevate		Pilot: 1 PAX: 4 Range: 95 km Cruise Speed: 240 km/h	Lilium Jet 7 seater Lilium		Pilot: 1 PAX: 6 Range: 250 km Cruise Speed: 280 km/h
Embraer EVE		Pilot: 1 PAX: 4 Range: 100 km Cruise Speed: 200 km/h	Volocopter Volocity		PAX: 2 Range: 35 km Cruise Speed: 110 km/h

Fuente: GTA-UNLP. Febrero 2022

Vertipuertos: La Infraestructura Vital para la UAM

Los vertipuertos, también conocidos como aeropuertos verticales, representan una pieza fundamental en el rompecabezas de la UAM y de la AAM, especialmente en entornos urbanos y suburbanos. Estas instalaciones están diseñadas para proporcionar puntos de despegue y aterrizaje para aeronaves de despegue y aterrizaje vertical (VTOL) y de despegue y aterrizaje corto (STOL), ofreciendo además una gama completa de servicios que van desde el mantenimiento y la carga hasta el servicio a las aeronaves tanto en su aspecto aeronáutico como en su infraestructura pública relativa, entre otras, al concepto de equipamiento urbano de vanguardia.

La cuidadosa planificación y diseño de los vertipuertos son cruciales para su integración efectiva en el tejido urbano. Esto implica considerar aspectos como la accesibilidad, la seguridad, la eficiencia operativa y la estética arquitectónica. Los vertipuertos deben ser concebidos como elementos orgánicos dentro del entorno urbano, integrándose de manera armoniosa con la infraestructura existente y cumpliendo con los altos estándares de sostenibilidad y resiliencia que hoy por hoy la industria exige.

Además, la planificación de los vertipuertos debe estar en línea con una visión multimodal del transporte, formando parte de planes estratégicos de desarrollo urbano que buscan fomentar la intermodalidad y la conectividad entre diferentes modos de transporte. Esto implica la colaboración estrecha entre autoridades locales, reguladores de aviación, operadores de transporte y la comunidad en general, para garantizar que los vertipuertos no solo satisfagan las necesidades de movilidad aérea, sino que también contribuyan al desarrollo económico, social y medioambiental de las áreas en las que operan.

En resumen, los vertipuertos son más que simples infraestructuras aeroportuarias; son nodos vitales en la evolución hacia un sistema de transporte urbano más eficiente, sostenible y accesible para todos. Su diseño y planificación cuidadosa son fundamentales para aprovechar todo el potencial de la UAM y la AAM en beneficio de las comunidades urbanas y suburbanas del futuro.

En nuestro caso, desde el GTA de la UNLP hemos venido trabajando en el desarrollo de diversos prototipos según uso y aplicación, mostrando a continuación algunas ilustraciones que hacen a vertiports urbanos.



Fuente: GTA-UNLP. Febrero 2022.

Asimismo, desde el GTA hemos desarrollado diferentes análisis como por ejemplo “Análisis preliminar para el desarrollo de una red de Vertiports multimodales con equipamiento urbano en el territorio de Milano, Italia”, desarrollo realizado para la Agenzia Mobilità Ambiente e Territorio - AMAT, Milano (Italia), en donde la actividad del GTA se centró en desarrollar las bases para la identificación de una red de transporte UAM en la ciudad de Milán, conducentes a su planificación y el diseño de infraestructura adecuada relacionada con los eVTOL y STOL. Se estudiaron distintas hipótesis de funcionamiento de la red según posibles emplazamientos en ambiente urbano y aeroportuario de acuerdo a un rol establecido para cada vertipuerto. Un esquema básico de la red se puede visualizar en el siguiente esquema básico.

De manera similar pero apuntando a otro rol atento a un usuario diferente el GTA desarrolló el “Análisis preliminar para el desarrollo de una red de Vertiports multimodales con equipamiento urbano en el territorio de Varese, Italia, para la Comune di Varese, Italia. Y este contexto hemos venido trabajando en diversos desarrollos, que nos ha permitido al día de hoy estar trabajando en la implementación de vertipuertos en República Dominicana en relación al nuevo aeropuer-

to internacional de Cabo Rojo y al complejo turístico que el gobierno de dicho país está desarrollado en la localidad homónima, y en el desarrollo de un sistema de vertipuertos en las islas Galápagos.

Tecnologías Habilitadoras: IA, Big Data, 5G e IoT

La implementación exitosa de la UAM y AAM no solo se basará en la innovación de las aeronaves, y de su infraestructuras sino también en el aprovechamiento inteligente de tecnologías habilitadoras de vanguardia. Entre estas tecnologías, podemos mencionar a: la inteligencia artificial (IA), el big data, el 5G y el Internet de las cosas (IoT), cada una desempeñando un papel fundamental en el futuro de la movilidad aérea.

La inteligencia artificial se erige como un pilar esencial en la optimización de las rutas de vuelo y la gestión del tráfico aéreo. Gracias a algoritmos avanzados y sistemas de aprendizaje automático, la IA permite la predicción de patrones de tráfico, la detección de posibles conflictos y la adaptación dinámica en tiempo real a las condiciones cambiantes del entorno. Además, desempeña un papel crucial en la seguridad de las



Fuente: GTA-UNLP.

operaciones, al proporcionar sistemas de detección y respuesta rápida ante situaciones de emergencia.

La big data, por su parte, abre nuevas fronteras en la recopilación y análisis de información clave para la toma de decisiones informadas. Al reunir datos sobre el comportamiento de los usuarios, la demanda de transporte y las condiciones meteorológicas, las autoridades y operadores pueden anticiparse a las necesidades del mercado y optimizar la eficiencia de los servicios de movilidad aérea. Esta capacidad de análisis avanzado permite identificar tendencias, prever congestiones y mejorar la planificación estratégica a mediano y largo plazo.

La conectividad 5G emerge como un facilitador clave para la comunicación en tiempo real entre aeronaves, infraestructuras terrestres y sistemas de gestión del tráfico. Con su velocidad ultra alta y baja latencia, el 5G proporciona una infraestructura robusta para la coordinación y el intercambio de datos críticos en tiempo real. Esta capacidad de comunicación instantánea y confiable es fundamental para garantizar la seguridad y eficiencia de las operaciones aéreas en entornos urbanos congestionados.

Por último, el Internet de las cosas (IoT) desempeña un papel crucial al permitir la interconexión de dispositivos y sensores tanto en tierra como en el aire. Esta red de dispositivos inteligentes proporciona una amplia gama de datos en tiempo real sobre el estado de la infraestructura, las condiciones del entorno y la actividad del tráfico. Al integrar estos datos en sistemas de gestión centralizados, el IoT mejora la monitorización y seguridad de la UAM y AAM, permitiendo una respuesta rápida ante cualquier eventualidad.

En conjunto, estas tecnologías habilitadoras desempeñan un papel crucial en la transformación de la movilidad aérea, permitiendo una implementación exitosa y segura de la UAM y la AAM en entornos urbanos y suburbanos cada vez más complejos. Su integración inteligente y coordinada promete evolucionar la forma en que hoy nos despla-

zamos, ofreciendo soluciones de transporte más eficientes, seguras y sostenibles para las ciudades del futuro.

Gestión Multimodal del Transporte: Integración Sin Fisuras

En este contexto surge la gestión multimodal del transporte como un componente esencial para garantizar el éxito tanto UAM como la AAM. En este sentido, se hace imperativo desarrollar un sistema que integre de manera fluida los distintos modos de transporte disponibles.

Esto va más allá de simplemente considerar los vehículos terrestres y el transporte público; también implica la inclusión de la movilidad aérea, la cual se convierte en un elemento clave en este ecosistema en evolución.

Para lograr una integración sin fisuras, es necesario un enfoque holístico que abarque desde la planificación urbana hasta políticas de movilidad innovadoras. La planificación urbana inteligente desempeña un papel crucial al diseñar infraestructuras que permitan la interconexión entre los diferentes modos de transporte. Asimismo, las políticas de movilidad deben ser flexibles y adaptativas, capaces de responder a las demandas cambiantes de una sociedad en constante evolución gracias a la permanente innovación tecnológica.

Además de la integración física de los diferentes modos de transporte, también es fundamental abordar aspectos sociales y éticos. La equidad en el acceso y la igualdad de derechos son principios fundamentales que deben guiar el desarrollo de la UAM y la AAM. Es crucial garantizar que estas tecnologías emergentes beneficien a toda la sociedad, sin dejar atrás a ningún grupo socioeconómico. La seguridad y la privacidad de los datos son otras áreas que requieren atención especial. Con la proliferación de sistemas autónomos y conectados, es crucial establecer estándares robustos para proteger la información personal y garantizar la seguridad de los usuarios.

Conclusiones

En resumen, la movilidad aérea urbana y la sub urbana están en proceso de transformar las grandes urbes gracias a los avances en equipos VTOL y STOL, la transición hacia tecnologías eléctricas (eVTOL, eSTOL), y el papel crucial que desempeñan la inteligencia artificial, el big data, el 5G, el Internet de las cosas (IoT) y la gestión multimodal del transporte entre otros tantos considerandos.

Esta nueva movilidad tiene el potencial de descongestionar las ciudades, reducir las emisiones de carbono y mejorar la calidad de vida de las personas, la UAM representa un interesante futuro para el transporte urbano y suburbano.

En este contexto es evidente que aún quedan muchas preguntas por responder y mucho trabajo por hacer en un mundo que continuamente evoluciona y se transforma.

Al final, como diría Peter Drucker: “La mejor forma de predecir el futuro es creándolo”

PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE MOVILIDAD SOSTENIBLE PARA LAS PERSONAS EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES



INSTITUTO DE
ENERGÍA
ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA



INSTITUTO DEL
TRANSPORTE
ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA



Como es ampliamente conocido, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires está rodeada, en forma de arco, por un conurbano de 24 partidos del Gran Buenos Aires, conjunto habitualmente identificado como AMBA.

Según el Censo del 2022, su población es de 10.849.290 habitantes. El mismo censo indica para la CABA, 3.121.707 habitantes. Según estimaciones, desde hace muchos años, la Ciudad duplica su población diariamente con el ingreso y egreso de un 30% de la población con origen en el conurbano.

AGENCIA DE TRANSPORTE METROPOLITANO (ATM)

Este fenómeno, ha llevado a la creación de un Ente multi-jurisdiccional para la gestión del transporte en el área. Luego de una larga historia con inicio cierto en 1973. Finalmente, en 2012 se crea y se oficializa en 2014, la Agencia Metropolitana del Transporte.

Se trata de un ente tripartito, que nuclea a representantes de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, la Provincia de Buenos Aires y el Estado Nacional para la coordinación y financiamiento conjunto de los tres gobiernos, respecto al transporte multimodal en el Área Metropolitana.

Luego de la iniciativa plasmada durante la gestión de F. Randazzo, sin actividad significativa, en 2015 es puesta en funcionamiento por el PRO, teniendo en cuenta que las 3 jurisdicciones, contaban en aquel momento con la facilidad de responder al mismo signo político.

En 2018, la ATM redacta un Plan Director de Transporte (PDT), que no alcanza a materializarse con medidas e inversiones a cargo de aquella gestión política.

Aun cuando resulta de interés el PDT, el nuevo gobierno a partir del 2019 no concreta nada de lo planificado. A una década de su creación, la Agencia Metropolitana se encuentra prácticamente en punto muerto.

CARACTERIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Los fenómenos asociados a la congestión

son inherentes al desarrollo de las grandes aglomeraciones y han dado lugar a la permanente búsqueda de soluciones las que, agotadas las posibilidades de desarrollo de infraestructuras para la circulación tienden a convergir en la necesidad de inducir al uso de la movilidad pública, y la movilidad activa, desalentando la utilización del automóvil particular.

En Buenos Aires, una de las características evidenciadas, es la ausencia histórica de una planificación sistémica que, de manera continua, genere y regenere soluciones coherentes. El crecimiento de los servicios y la infraestructura asociada a ellos para la movilidad de los ciudadanos ha seguido procesos espontáneos asociados a necesidades coyunturales o intereses parciales. Se debe comenzar a dar respuesta a las necesidades de los usuarios incorporando los recursos tecnológicos que oriente las intervenciones a desarrollar para, entre otros objetivos, reducir tiempos de viaje y la contaminación ambiental. La movilidad, en las actuales condiciones no resulta adecuada como instrumento de desarrollo urbano, produciendo un impacto económico negativo sobre la ciudad.

Por otra parte, en el Área Metropolitana de Buenos Aires, en general se priorizo la sustitución y competencia entre medios en desmedro de la integración y complementación. Ello se tradujo en una lucha por ocupar espacios urbanos, infraestructura y equipamiento. Las consecuencias han sido el deterioro en la calidad de los servicios de transporte público, el incremento en los tiempos de viaje y los costos asociados, la disminución de los índices de seguridad, etc.

La progresiva degradación del transporte masivo, en relación con las necesidades de los usuarios, limita las posibilidades de intervención para restringir el uso del automóvil particular. Su crecimiento potencia la saturación de la capacidad vial, a lo que se suma las instalaciones de locales gastronómicos, generando, entre otras cuestiones, desmedidos tiempos de viaje, tanto para el transporte público, la afectación al medio

ambiente por la emisión de contaminantes y el ruido, el aumento de la siniestralidad, y el mayor consumo de energía no renovable. El aumento de los desplazamientos urbanos en automóviles individuales tiene su correlato en una mayor demanda de espacios para el estacionamiento, la cual supera, la oferta disponible.

El tránsito, en las actuales condiciones puede ser caracterizado como uno de los elementos que más perjuicios producen a la calidad de vida, acarreando pérdidas, producto de un desorden generalizado al que contribuyen conductores y peatones.

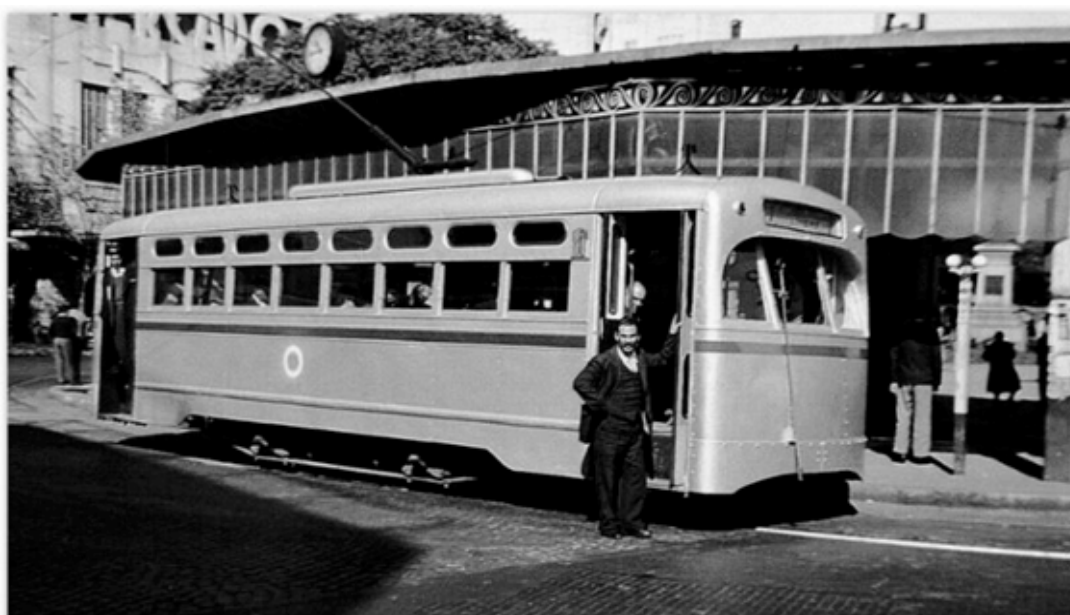
Los usuarios del transporte público de pasajeros reclaman mayor seguridad, mayor confort, menor tiempo de viaje, compatible con un costo asequible, y este debe satisfacer las necesidades de traslado de personas. Son sus actividades, las que determinan y condiciona la conformación de la red de transporte, el nivel de prestación de los servicios, el diseño de la infraestructura vial y las prioridades para su mantenimiento, generando soluciones o conflictos.

La movilidad es uno de los elementos más dinámicos de la ciudad, y el grado de eficiencia en su prestación incide directamente sobre los costos sociales y económicos que la comunidad debe afrontar, lograr el equilibrio

de la ecuación tiempo de viaje – seguridad – costo es comenzar a lograr soluciones permanentes.

La búsqueda de soluciones adecuadas para los problemas asociados a la movilidad de bienes y personas resulta central para el alcanzar un desarrollo urbano sostenible, entendido como aquél que permite que la ciudad resulte atractivamente habitable, económicamente eficiente y ambientalmente sustentable, para lo cual se requiere un plan que, sirva de marco de referencia para orientar la inversión pública y privada, y la gestión institucional.

Los tranvías en la Ciudad de Buenos Aires comenzaron a instalarse en 1863 como un servicio complementario de los ferrocarriles, resolviendo aceptablemente muchos de los problemas señalados. A partir de 1960 comenzó la supresión del servicio de tranvías bajo el pretexto de obsolescencia y enorme déficit, en lugar de actualizar la tecnología y optimizar la gestión, como en otras ciudades del mundo, en las que todavía existen. Lentamente la desaparición de este medio de transporte culminó en 1963.



CAMBIOS TECNOLÓGICOS EN LA OPERACIÓN Y REGULACIÓN DEL SISTEMA

Es central elaborar un Programa de Movilidad Sostenible como marco de referencia dinámica para la movilidad para los próximos años con intervenciones orientadas al desarrollo y modernización del sistema de transporte, definiendo los lineamientos de la política institucional, las estrategias, el conjunto de programas, proyectos y acciones futuras considerando todos los componentes del sistema, la vialidad, el tránsito, el estacionamiento, la circulación peatonal, los centros de transferencia, las instalaciones fijas, el marco Institucional, etc. es deseable, desarrollando acciones a partir de programas específicos con asignación presupuestaria plurianual.

Mientras que los avances tecnológicos registrados en los sistemas de transporte, en diferentes ciudades del mundo con el fin de lograr una movilidad sustentable han sido notables, en la ciudad de Buenos Aires se continúa con la aplicación de tecnologías perimidas, salvo en la red de subterráneos donde se han incorporado algunos avances.

Los índices de movilidad de la población indican la necesidad de incorporar servicios de capacidad intermedia de calidad, subterráneo o de superficie, con el objetivo de reducir el ingreso de automóviles a la ciudad, con servicios que permitan el acceso rápido al Área Central o con aquellos centros ubicados en las estaciones ferroviarias, por ser estos servicios los que canalizan el tráfico masivo desde el conurbano hacia la Ciudad de Buenos Aires.

A ello contribuye la ausencia de una política sostenida en materia de seguridad vial, objeto de esfuerzos intermitentes, observándose sensibles falencias en la materia que abarca desde déficit en la infraestructura, hasta carencias en la educación ciudadana respecto de los comportamientos que deben adoptarse en relación con la circulación urbana.

La situación de la circulación en la Ciudad de Buenos Aires hace necesario, por su complejidad, recurrir a soluciones tecnológicas novedosas, ya que las inversiones destinadas

exclusivamente a la realización de obras resultan insuficientes ante el crecimiento de la demanda. La regulación del sistema requiere de la incorporación de sistemas inteligentes incorporando subsistemas que atiendan la totalidad de los aspectos relacionados con el tránsito y el transporte público.

UN PLAN EN ETAPAS

Tradicionalmente, casi siempre se ha esperado tener un completo relevamiento de información para diseñar políticas y proyectos de transporte, lo cual, por la complejidad de implementar un censo de origen y destino de viajes, los datos obtenidos los recibe la gestión política siguiente, generalmente con una mirada diferente a futuro. En ese sentido, la información más reciente que se posee, es la Investigación de Transporte Urbano Público de Buenos Aires (INTRUPUBA) realizada por la Secretaría de Transporte de la Nación durante los años 2006 y 2007; Publicado en 2009.

Por eso entendemos que, sin perjuicio de que se encaren nuevas investigaciones del estado actual del transporte en el AMBA, de características similares a la INTRUPUBA, se debería trabajar con la información de que se dispone, con el propósito de corroborar los datos a posteriori.

Inmediatamente, un grupo de expertos con amplio conocimiento de la realidad del transporte local, basándose en su conocimiento, experiencia y además del PDT de la ATM, en otros estudios y modelos existentes, como el modelo utilizado para la evaluación de alternativas para la expansión de la red de subte (Plan Estratégico y Técnico para la Expansión de la Red de Subtes – PETERS), desarrollado en 2016.

Mas aún, todas las innovaciones deberían ser lo suficientemente flexibles como para amoldarse, sin grandes inversiones, a los diferentes contextos que pueden sobrevenir a futuro. Así como no se modifica permanentemente el trazado de calles y avenidas.

Como ejemplo, basta analizar el fenómeno del home office, que ya se insinuaban en 2019, y que la pandemia de Covid aceleró

fuertemente, sin atisbos de marcha atrás. Esto ha influido notablemente en el transporte. Así, con las innovaciones tecnológicas se puede modificar el panorama y los consiguientes requerimientos del transporte.

Los ferrocarriles de superficie requieren un espacio cuya adquisición resulta tremendamente onerosa en zonas urbanas, y dificultosamente obtenible por la habitual oposición de los habitantes próximos a la zona de intervención. Además, tecnológicamente la operación ferroviaria determina un trazado de las vías que no tiene la flexibilidad de una calle para el movimiento automotor, recorrido que en una trama urbana puede ser modificado con mucha mayor facilidad.

Igualmente, con los ferrocarriles subterráneos. Con el agravante de las ingentes inversiones que requiere la tunelería, con una rigidez de diseño aún mayor que la del ferrocarril de superficie.

Como complemento de esos sistemas, que se justifican por su gran capacidad de transporte, se requiere la distribución mediante otros medios de transporte público, como los ómnibus y tranvías.

Los siguientes cuadros nos dan idea de la participación de cada modo de transporte en la actualidad:

Aproximadamente 21 mill. de viajes por día

A pie: 12%

Resto: 88%

Distribución Modal de Transporte - AMBA

Medio	%	%
Automóvil	32,5	40,4
Moto	1,8	
Bicicleta	4,6	
Transporte Escolar	1,5	
Colectivo	49,9	55,6
Ferrocarril	5,7	4,0
Subte-Premetro	4,0	

El automóvil, en todas sus maneras de uso participa aproximadamente con un 40%, el transporte público de jurisdicción nacional, con el 55% y sólo el 4% corresponde al único medio que gestiona el Gobierno de la CABA. Sólo a efecto de detallar la participación del automóvil:

DETALLE AUTOMÓVIL	%
Auto como conductor	18,8
Auto como acompañante	9,8
Remise	2,5
Taxi	1,4
TOTAL	32,5

Siendo que aproximadamente la mitad de los viajes ocurren total o parcialmente dentro del ámbito de la CABA, sería razonable que ésta gestionara con una mayor participación en el transporte público local (hoy $4/(55,6+4) = 6,7\%$). Se trata entonces de diseñar un sistema que dentro de su jurisdicción pueda mejorar todas las variables: capacidad, puntualidad, confort, bajo impacto ambiental (ruidos y gases de combustión), etc.

En ese sentido, la implementación de tranvías sin rieles o en algún caso con ellos, puede mejorar el acceso al transporte público en los suburbios medios, con ello reducir las emisiones, aumentar el valor del suelo y animar a más personas a trasladarse a estas zonas. Esto puede, además, colaborar en el financiamiento del sistema, creando un fondo con los ingresos por mejoras.

Se trata de Identificar las posibilidades de la red vial y el espacio público, que posibilite la operación de servicios de capacidad intermedia y de excelente calidad. Debería operar en forma coordinada con los restantes medios, especialmente los ferroviarios, alrededor de los que es conveniente estructurar el sistema. Requerirá identificar espacios que puedan convertirse en playas de disuasión para el ingreso del automóvil a la ciudad, especialmente a su área central, con un sistema tarifado que lo desaliente.

El trabajo de esta primera Etapa, en un proceso interactivo con quien se designe, con un nivel de información tal que permita fundamentar la más conveniente de las alternativas presentadas.

Se requeriría ubicar los espacios donde construir o implementar las playas de transferencia y los centros de trasbordo con otros medios.

Sobre la base de un inventario de la red vial, donde se considere su estado, las interferencias físicas y funcionales, y la capacidad de cada tramo; coordinado con el Plan Territorial de la CABA (MDU-CABA 2010), proyectar el esquema director de las líneas, y la prioridad de implementación de cada una de ellas, así como la estimación de la demanda y el consiguiente análisis económico financiero que permita sustentar las bondades del sistema. Esto incluyendo sus externalidades.

En la segunda etapa se debería avanzar en el anteproyecto necesario para la licitación del sistema, incluyendo su financiación mediante concesión. Sería el momento de convalidar el sistema con un modelo actualizado, que permita la revisión periódica del plan director para evaluar ajustes o modificaciones.

Las prestaciones del Tranvía:

- Una capacidad de transporte intermedia (menos que el tren y más que el ómnibus).

- Al consumir electricidad no emite contaminantes atmosféricos directamente en la ciudad y genera poco ruido.

- Tiene un consumo energético relativamente reducido.

- Al ir en superficie y utilizar en muchos casos vías públicas preexistentes requiere una inversión en infraestructura muy inferior al subte

- Al ir en superficie tiene fácil accesibilidad y posibilita notablemente la intermodalidad con los otros medios.

- Se caracteriza por tener una aceptable velocidad.

- Mantiene la regularidad, seguridad y fiabilidad característica de los medios ferroviarios. Además del desarrollo de una red tranviaria en la Ciudad, la electrificación de los ómnibus (colectivos) de todo el AMBA es inexorable, ya que su principal fuente es el combustible diésel, es decir, el gasoil de los colectivos, que afectan gravemente la salud de los habitantes, en forma invisible.

También en la producción de ruidos los motores diésel y las motocicletas con motores de dos tiempos son los principales productores del mal.

Estudios recientes ubican a Buenos Aires entre las diez metrópolis con mayor nivel de ruido, casi 80 decibeles durante el día. Según





Mapas de ruido diurno y nocturno

la Organización Mundial de la Salud, los sonidos que superan los 70 decibeles son dañinos, sobre todo si se trata de una exposición a largo plazo, y recomienda como deseable los 50 decibeles. De esta manera Buenos Aires es la octava ciudad más ruidosa del mundo y es la única latinoamericana que integra el top ten mundial, Entre las causas principales está el transporte público.

PROPUESTA DE ELECTRIFICACIÓN DEL TRANSPORTE URBANO: LOS COLECTIVOS.

La electrificación del transporte es un paso relevante en la transición energética. No solo es importante la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, GEI, producida al reemplazar los combustibles fósiles consumidos en los motores de combustión interna por electricidad de bajo contenido de carbono, sino también por el impacto en el medio ambiente de la disminución de material particulado. También en las grandes ciudades se debe reducir la contaminación sonora.

Esta transición involucra la expansión de la generación eléctrica, pudiendo llegar hasta un aumento del 40% sobre la potencia existente hoy, principalmente con energías renovables. Requiere además el crecimiento de las redes de transmisión eléctricas, el manejo

de las llamadas “smart grids”, y la instalación de redes de estaciones de carga de baterías. Es importante resaltar que no solo veremos una reducción en la emisión de GEI sino que también habrá un aumento importante en la eficiencia energética del transporte. Se requerirá menos energía primaria por kilómetro recorrido, por las mayores eficiencias derivadas de la generación eléctrica, su transporte y consumo en un motor eléctrico comparado con la eficiencia energética de un motor a explosión.

De un total de 28 millones de viajes/día en el AMBA el transporte público por colectivos es el más importante con 9.5 millones de pasajeros/día, alrededor del 60 %. El 40 % restante de los viajes se distribuye entre autos, a pie, bicicletas, taxis y motos, en ese orden decreciente.

El total de líneas de colectivos en el AMBA es de alrededor de 340 con más de 17.000 colectivos en circulación. Esta cifra incluye las líneas que solo circulan en la Ciudad de Buenos Aires, las líneas que comunican la ciudad con el conurbano, las líneas que recorren más de un partido del conurbano y las que circulan solo dentro de un partido.

Entre los colectivos que solo circulan en la ciudad de Buenos Aires y los que entran del conurbano tenemos alrededor de 10.000 colectivos, aproximadamente el 60 % del total

de colectivos del AMBA. Los colectivos son y serán el principal modo de transporte público (75 % de pasajeros en colectivos, 10 % en metro, y 15 % en ferrocarril).

En las principales ciudades del mundo, es en el transporte público donde comienza la introducción de vehículos con cero emisiones. En el último informe del Banco Mundial (World Bank) "Support to the Development of an Electric Mobility Strategy for Buenos Aires City. Technical Report 1 - Benchmark and electric mobility scenarios" publicado el 21/12/2323, se presentan las estrategias y acciones desarrolladas por cinco ciudades, Londres, París, Oslo, Portland y Ciudad de México. En todas ellas fue el área del transporte por colectivos, donde comenzaron los procesos de electrificación del transporte, a pesar de las diferencias de nivel de ingresos en sus poblaciones. En todos los casos siempre se maximizan el crecimiento de la red de transporte público.

En origen de la electrificación de los colectivos (buses) siempre está en las regulaciones adoptadas por los gobiernos, ya sea, por ejemplo, comprando directamente los colectivos eléctricos o estableciendo requerimientos obligatorios de electrificación en el caso de líneas concesionadas. Por supuesto, esto último está asociado a subsidios directos, exención de impuestos y/o subsidios operativos, si fuera necesario.

Los distintos planes y programas de movilidad sostenible de Argentina, ya sean a nivel provincial o nacional, no han podido pasar de

meros enunciados, sin haberse materializados en acciones específicas.

El proyecto de ley presentado en el Congreso Nacional en el año 2022, "Proyecto de ley de Movilidad Sostenible", perdió status parlamentario en 2023, al no haberse tratado nunca.

En noviembre de 2022 se aprobó el "Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático al 2030". En él se propone la renovación de la flota de vehículos públicos y el reemplazo progresivo de los combustibles fósiles, entre otros objetivos.

En general, la electrificación del transporte público ha comenzado con proyectos piloto seguidos luego por una etapa de crecimiento importante en la velocidad de reemplazo de los colectivos diésel. La velocidad depende de la disponibilidad de recursos fiscales.

En el trabajo desarrollado por el Banco Mundial, en un escenario intermedio se llega a un stock de 2.470 vehículos eléctricos en 2030 y 10.500 en 2050. Teniendo los recursos disponibles, se podría llegar a electrificar todo el sector de colectivos al año 2037.

La electrificación del transporte aumentará la demanda eléctrica. En el caso específico de los colectivos, el análisis del impacto de las distintas modalidades del funcionamiento y las inversiones necesarias a realizar para la recarga de las baterías de los colectivos en sus estaciones terminales, dependerá del tipo de carga adoptada, en función del recorrido entre terminales y el número de kilómetros recorridos diariamente.

Buses	2030			2050		
	Low Scenario	Medium Scenario	High Scenario	Low Scenario	Medium Scenario	High Scenario
Stock EVs (units)	550	2,470	3,650	10,500	12,900	12,900
Stock EVs (% of the park for its segment)	4.5%	20.1%	29.6%	80.5%	100%	100%

Table 17 – Forecast of stock of electric buses

FUENTE: The World Bank Group, Support to the Development of an Electric Mobility Strategy for Buenos Aires City. Technical Report 1 - Benchmark and electric mobility scenarios

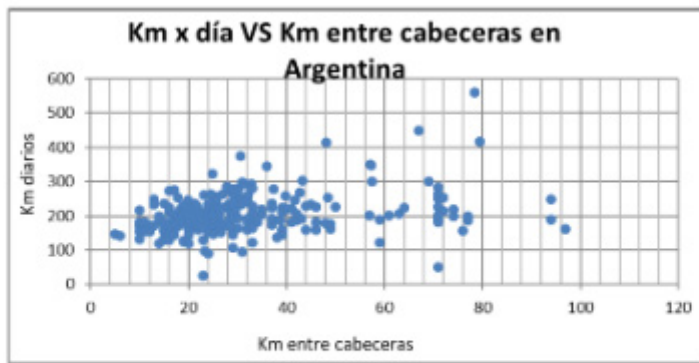


Gráfico 6: Dispersión del resultado de la muestra analizada
Fuente: Elaboración propia con datos de operadoras nacionales

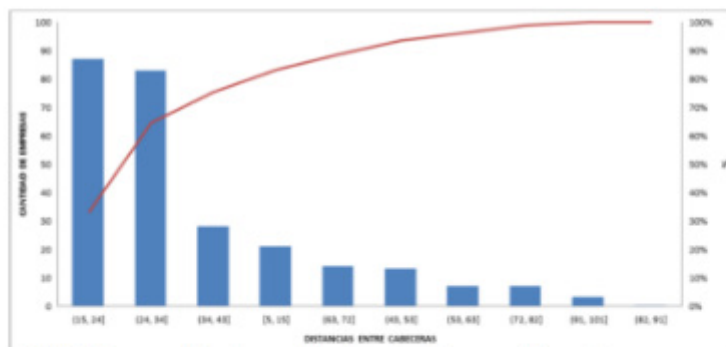


Gráfico 7: Diagrama de Pareto con distancias entre cabeceras más frecuentes
Fuente: Elaboración propia con datos de operadoras nacionales

Fuente: Priano, Patricio; Chaab, Mariela; Chazarreta, Joaquín, “Análisis de factibilidad de la producción nacional de buses urbanos 100% eléctricos” Tesis FIUBA.

Los colectivos de Buenos Aires recorren alrededor de 50 km promedio entre cabeceras y aproximadamente 200 km por día. El 96 % recorre más de 40.000 km por año.

Argentina tiene una rica tradición histórica en la producción de vehículos livianos, medianos y comerciales. La industria automovilística mundial está comenzando un importante proceso de reconversión para la fabricación de vehículos eléctricos, abandonando el motor a explosión. La transición es compleja y de difícil ejecución.

La electrificación de los colectivos ofrece una excelente oportunidad para comenzar este proceso en Argentina. En el caso de los colectivos, hay suficiente capacidad instalada que cubre la demanda de reemplazo de las unidades diésel. En Buenos Aires la vida media de los colectivos de acuerdo a la normativa vigente es de 10 años. Se han importado colectivos eléctricos y se ha fabricado un prototipo local, que se encuentran circu-

lando hoy en Buenos Aires y en la Ciudad de Mendoza, para probar las características y viabilidad de su funcionamiento.

En Latinoamérica, Chile (Santiago), Colombia (Bogotá, Medellín y Cali) y Ciudad de México ya tienen en funcionamiento cientos de colectivos eléctricos y Brasil tiene planes para electrificar su flota de colectivos diésel, teniendo el caso de la Ciudad de San Pablo, que este año va a incorporar 2600 colectivos eléctricos. En total circulan hoy en Latinoamérica 3716 colectivos eléctricos.

Hay que destacar que China es el país más avanzado en la fabricación de vehículos eléctricos y baterías, con un especial liderazgo en el área de colectivos. Es el principal proveedor del mercado latinoamericano, con importantes inversiones planeadas, en ejecución en Brasil.

La conversión industrial de los colectivos diésel implica fundamentalmente el reemplazo del tren de tracción como motor y caja, por

un motor eléctrico, una batería, fuente de alimentación eléctrica, y un sistema de control electrónico de la potencia y del control de la batería, (Battery Management System - BMS). El chasis debe adaptarse según el peso de las baterías, que son el principal componente del costo del vehículo. La tecnología hoy en uso se basa en baterías de litio-hierro-fosfato.

Si bien hoy el costo del colectivo eléctrico es mayor que el de un diésel (más del doble), el costo de operación es menor considerando la vida útil de los mismos y el costo total tiende a igualarse. Además, la probable reducción del costo de las baterías a futuro, como se ha observado en los últimos años, más la introducción de nuevas tecnologías en desarrollo, hace que el costo de fabricación de los colectivos eléctricos disminuya gradualmente.

Siendo nuestro país uno de los principales productores mundiales de litio, a pesar de que el mercado mundial está hoy concentrado en pocos productores de baterías, como gene-

ralmente las fábricas de baterías acompañan a las plantas de montaje de vehículos, la disponibilidad del litio más la presencia local de centros de investigación y desarrollo alrededor de esta tecnología, deberían favorecer la reconversión local de la industria automotriz, comenzando con la fabricación de colectivos eléctricos, no solo para el mercado argentino sino también para el mercado sudamericano, donde también jugará un rol importante la industria automotriz brasilera.

Algunas compañías argentinas han buscado alianzas con productores chinos, primero para importar colectivos y para pasar luego al montaje local.

En cuanto a la reducción de las emisiones de CO₂, NO_x y material particulado (PM), que tienen origen en la reconversión eléctrica de los colectivos, los siguientes gráficos muestran su impacto en distintos escenarios de velocidad de conversión de los colectivos diésel en Buenos Aires.

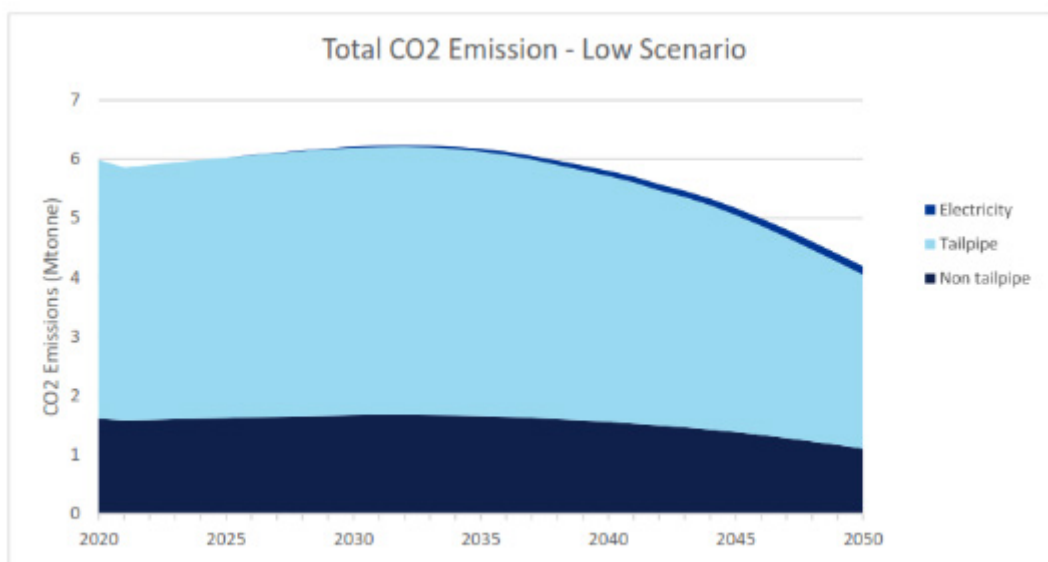


Figure 77 – Low scenario – Total CO₂ Emissions

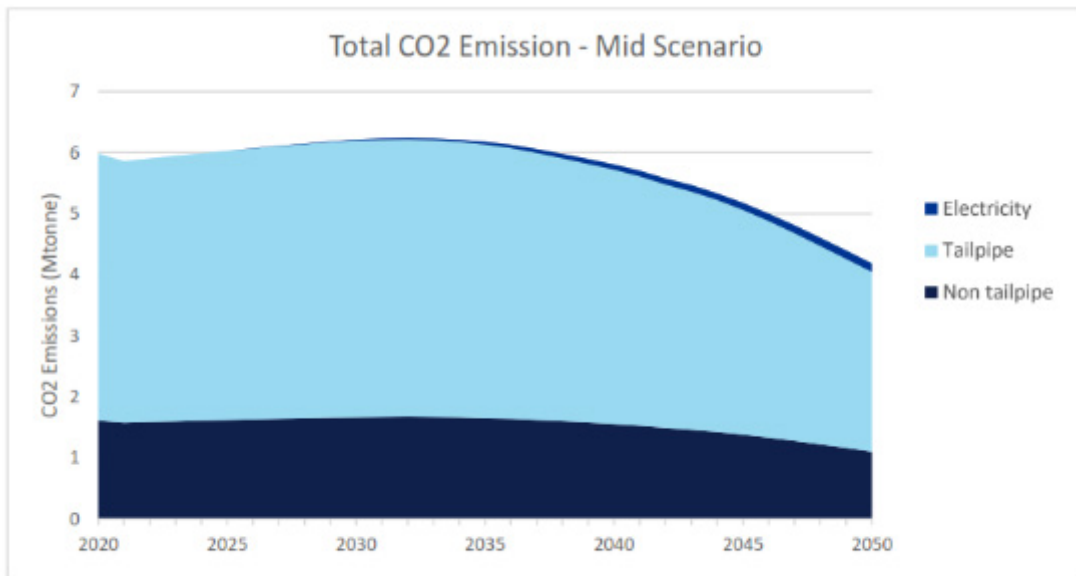


Figure 78 – Mid scenario – Total CO₂ Emissions

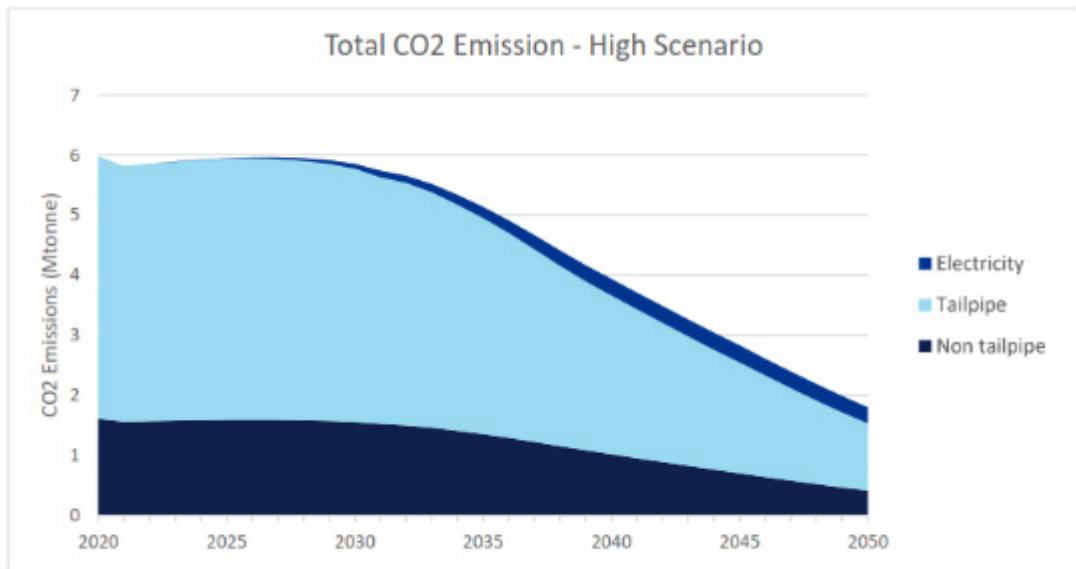


Figure 79 – High scenario – Total CO₂ Emissions

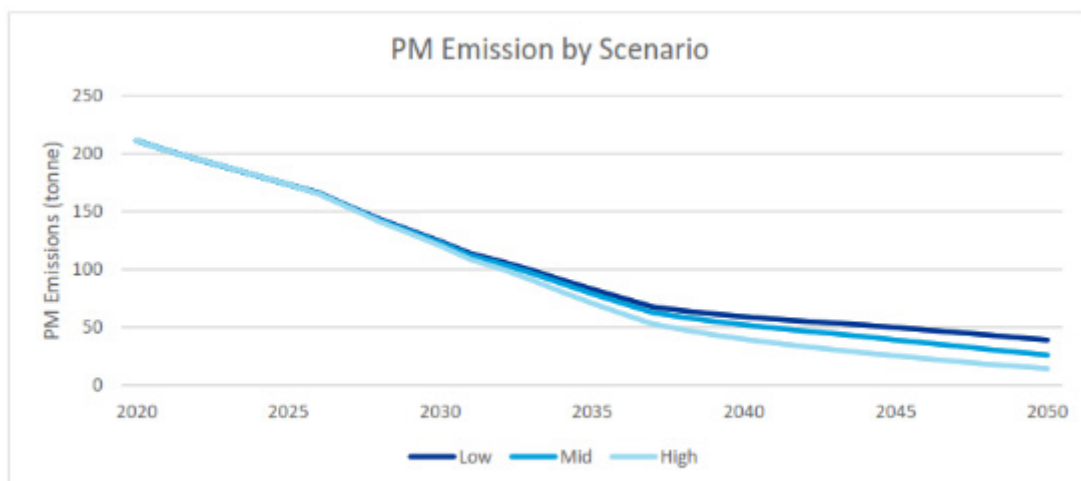


Figure 84 - PM emission by scenarios

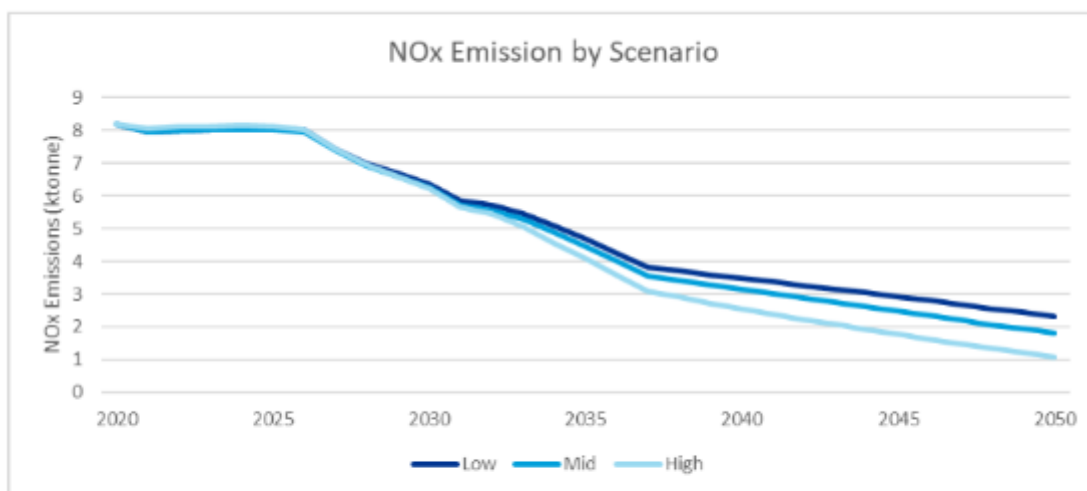


Figure 86 - NOx emission by scenarios

Fuente: The World Bank Group, Support to the Development of an Electric Mobility Strategy for Buenos Aires City . Technical Report 1 - Benchmark and electric mobility scenarios

En resumen, en el caso de la electrificación considerada se puede decir que:

Hay una reducción importante de las emisiones de CO₂, NO_x y PM. En particular la mejora de la calidad del aire asociada a estos dos últimos contaminantes, causantes de problemas pulmonares y cancerígenos, justifica de por sí la electrificación de los motores diésel de los colectivos

Es un proyecto piloto que hace uso de recursos limitados de acuerdo a la situación económica financiera del país. Pero por su impacto en la transición energética tiene altas posibilidades de conseguir financiamiento de entidades de crédito internacionales.

Puede impactar positivamente para iniciar y facilitar la reconversión de la industria automotriz, incluido su sector autopartista.

Tendrá un efecto positivo para favorecer la elección de este medio de transporte y de esa manera indirectamente disminuir el uso del automóvil en áreas urbanas congestionadas.

DESCARBONIZACIÓN Y CERO EMISIONES EN EL AREA TIC.

ING. ARMANDO DE GIUSTI

ACADÉMICO TITULAR DE LA ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA
Y DE LA ACADEMIA DE INGENIERÍA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES.
PROFESOR TITULAR FACULTAD DE INFORMÁTICA UNLP.



Análisis del Reporte “*Towards Low-GHG Emissions From Energy Uses in selected Sectors*” » desarrollado por el International Council of Academies of Engineering and Technological Sciences (CAETs) en lo referido al sector de *Information and Communication Technologies* (Capítulo 7 del Reporte 2022 de CAETs).

<https://www.newcaets.org/wp-content/uploads/2023/02/CAETS-ENERGY-REPORT-2022-22-January-2023.pdf>

Se presenta una síntesis de los contenidos de este capítulo del Reporte, con anotaciones y datos relacionados con Argentina.

Este capítulo, luego de un resumen ejecutivo presenta 3 secciones:

A. Introducción.

B. Centros de datos: la perspectiva especial que ofrece la experiencia irlandesa.

C. Mensajes clave y Recomendaciones.

A. INTRODUCCIÓN

El consumo global de energía de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y su consiguiente impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) sigue siendo un tema controvertido, sobre el cual expertos y organizaciones a menudo expresan opiniones divergentes.

Dos factores contribuyen significativamente a tal divergencia de opiniones:

La falta de una definición precisa de qué es un sistema TIC. ¿Incluye o no entretenimiento en el hogar o tecnología financiera (Fintech), por ejemplo?

La falta de datos de medición sistemática en los diferentes países.

En la Figura 1 se ofrece una descripción simplificada de los amplios límites de los sistemas de TIC. Describe principalmente el tipo de hardware involucrado.

Los usuarios finales, por otro lado, normal-

mente cuentan con sus únicos dispositivos (hardware) y numerosas aplicaciones (software). Sin embargo, el consumo de energía de las TIC depende del hardware del sistema en general y de la energía (a menudo subestimada) utilizada para fabricar ese mismo hardware.

Por esto se muestra un esquema sintético centrado en la comunicación vía Internet (o mecanismos alternativos) con procesadores y bases de datos remotos (“en la nube”) y se marcan algunos de los ejes del consumo energético.

Hay que considerar que la fabricación de componentes “TIC” consume tanta electricidad como las operaciones de TIC, lo mismo que la energía requerida para la extracción de minerales y la producción de materiales necesarios para fabricar componentes y sistemas de TIC.

En esta figura se ve la importancia de las redes y comunicaciones en el consumo energético (Comunicaciones móviles / Redes / Routers, etc.). Estas comunicaciones se extienden desde los sensores y lo que denominamos “internet de las cosas” (IoT) que se utiliza en la industria y también en la vida diaria.

Sobre todo, este “hardware” se montan aplicaciones, en particular sistemas “inteligentes” cuyo consumo eléctrico es significativo. Las conexiones que menciona la figura 1 pueden ser por cable, fibra óptica e inalámbricas (tanto terrestres como espaciales).

Hacer computación sobre servidores (locales o en la nube) y conectar datos administrados en forma centralizada o distribuida, se combina hoy con el cómputo “en la niebla” (Fog computing) y “en los bordes” (Edge computing”), buscando minimizar la latencia en el movimiento de datos y facilitar el procesamiento local.

Lo concreto es que el procesamiento de datos y el movimiento de los mismos a través de redes constituyen uno de los puntos más significativos del consumo eléctrico “TIC” y por ende de la generación de CO2 resultante. Por otro lado sobre la misma Internet tenemos millones de usuarios finales que

Information and Communications Technologies

Algunas fuentes de Consumo de Energía

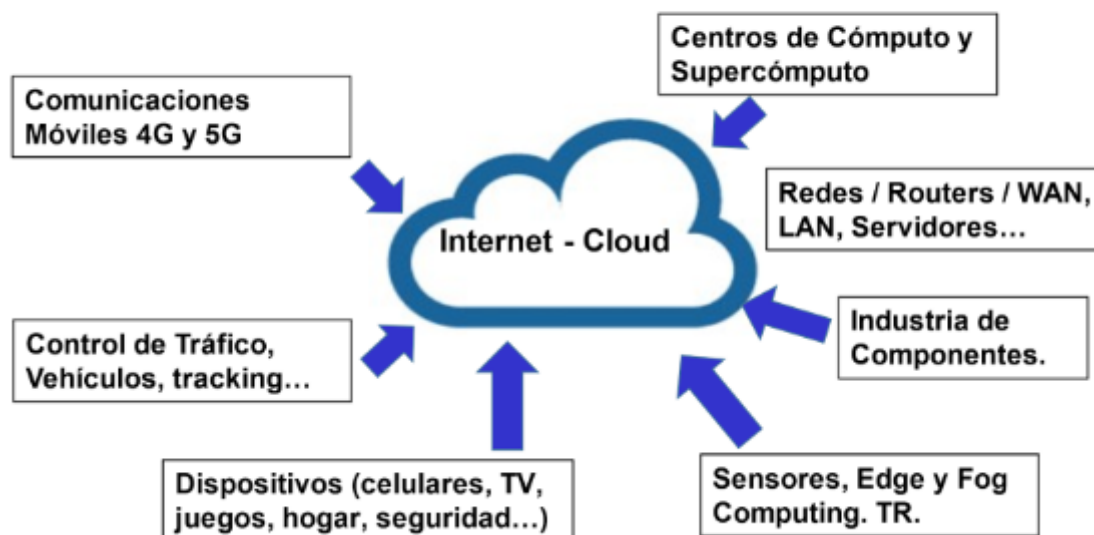


Figura 1 : Una visión sintética de las fuentes de consumo de energía en las TICs

emplean aplicaciones (locales o remotas) relacionadas con salud, entretenimiento, servicios, etc. Notar que desde las estaciones de carga de automóviles hasta el alquiler de bicicletas, el E-commerce o los sistemas bancarios, funcionan a través de Internet.

A.1 El desafío de medir el consumo eléctrico de las TICs y su impacto en el CO2

Aunque desde un punto de vista técnico puede ser posible detallar la electricidad que consumen las TIC a nivel mundial, desde un punto de vista práctico no lo es, dados los muchos miles de millones de dispositivos en uso y la dificultad de recoger, almacenar y procesar los enormes conjuntos de datos involucrados (lo que a su vez incrementaría el consumo eléctrico en forma significativa). Los grandes operadores de TIC, como los centros de datos y los operadores de redes de comunicaciones, monitorean e informan sobre su consumo de energía; sin embargo,

esto no es posible para todos los miles de millones de dispositivos que se utilizan y están conectados a las redes.

En general la performance de los procesadores asociados con redes y centros de cómputo ha mejorado sensiblemente en los últimos años, lo cual resulta en un menor consumo de energía para una respuesta determinada. Pero al mismo tiempo, a más performance hay más demanda de servicios sobre procesadores y redes, con lo cual el consumo energético global tiende a crecer y con ello también crece la generación de GEIs.

Un punto a considerar es que dada la complejidad del sistema mostrado en la Figura 1 y el movimiento de datos críticos entre los puntos que vinculan "procesamiento" y "usuarios", proteger las redes TIC ha provocado aumentos significativos en el consumo de energía, por difícil que sea medirlos. Se produce un notable aumento del consumo de electricidad durante lo que se conoce como "ciberataques".

Una estimación actual es que aproximadamente el 10% de la capacidad de los equipos de TIC se dedica a la ciberseguridad y que el 20% de las operaciones de los sistemas de TIC se emplean de manera similar, con lo que tendríamos que el consumo anual global de energía en ciberseguridad es de unos 300 TWh. Según la reciente estimación de la Agencia Internacional de Energía (AIE) de 485 g de CO₂ por kWh, el total de emisiones mundiales de CO₂ por este tema asciende aproximadamente a 150 millones de toneladas de CO₂.

Sin embargo, teniendo en cuenta que la mayoría de las operaciones utilizadas para la banca y los pagos en línea están relacionadas con procesos de autenticación y seguridad, es probable que la cantidad de electricidad realmente utilizada para proteger nuestros sistemas TIC sea significativamente mayor.

A.2 Hay evidencia que a mayor empleo de TICs se reduce el impacto de emisiones de CO₂?

La industria informática suele afirmar que la creciente eficiencia de los equipos digitales reduce las emisiones de GEI. A su vez quienes se preocupan por la sostenibilidad destacan el aumento proyectado del consumo de energía por parte de las TIC, así como el uso cada vez mayor de materiales raros y contaminantes para la fabricación de dispositivos y chips digitales significan un crecimiento en estas emisiones.

Presentar las TIC como medio para obtener ahorros en el consumo de energía, con la consiguiente reducción de las emisiones de GEI tiene poca evidencia científica. Los datos disponibles indican que los países con los niveles más altos de emisiones de GEI en todo el mundo son también aquellos con las mayores proporciones de penetración de TIC en sus economías.

El "Índice Bech" es una medida del volumen de actividad económica entre empresas en TIC por país. Está claro que algunos países, que han pasado de la manufactura a una economía más basada en los servicios, han

visto cómo su consumo de energía primaria y electricidad se ha mantenido estable o ha disminuido ligeramente. Al mismo tiempo, ha aumentado el "impacto del CO₂ importado" de estos países, debido a sus importaciones de productos manufacturados.

Si bien las "tareas" y la "educación en el hogar" basadas en Internet han reducido la necesidad de transporte, las actividades en el hogar, por otro lado, pueden haber aumentado el consumo de energía doméstica procedente de la calefacción o la refrigeración. Un análisis cuidadoso de los datos sobre el consumo de energía y el impacto del CO₂ durante el período Covid-19 seguramente resultará esclarecedor a este respecto.

Sin embargo, en conjunto, y sobre una base agregada país por país y a nivel mundial, hasta la fecha no hay pruebas contundentes que sugieran que la mayor penetración de las TIC haya reducido realmente el consumo general de energía o electricidad y el impacto del CO₂.

En la Tabla 1 tratamos de mostrar este fenómeno:

Economías con > desarrollo TIC		Países más contaminantes en CO2			
<u>PAIS</u>	% Desarrollo TIC MUNDIAL		<u>PAIS</u>	MTn CO2	%
CHINA	19.22 %	1	CHINA	12.0 MTn	30.9 %
USA	16.36 %	2	USA	5.0 MTn	13.3 %
INDIA	8.02 %	3	INDIA	2.8 MTn	7.1 %
<u>JAPON</u>	4.05 %	4	RUSIA	2.1 MTn	5.3 %
ALEMANIA	3.16 %	5	<u>JAPON</u>	1.17 MTn	2.8%
RUSIA	2.96 %	6	BRASIL	1.14 MTn	2.7 %
BRASIL	2.49 %	7	<u>IRAN</u>	1.13 MTn	2.7%
INDONESIA	2.43 %	8	INDONESIA	1.11 MTn	2.65%
UK	2.39 %				
FRANCIA	2.29 %	9	ALEMANIA	0.80 MTn	1.9 %
		10	ARABIA Saudita	0.76 MTn	1.8%
<u>MEJICO</u>	1.77 %	11	COREA del SUR	0.75 MTn	1.7%
ITALIA	1.64 %	12	CANADA	0.66 MTn	1.5%
COREA del SUR	1.61%				
TURQUIA	1.60 %	13	TURQUIA	0.53 MTn	1.2%
ESPAÑA	1.38 %	14	<u>SUD AFRICA</u>	0.53 MTn	1.2%
<u>CANADA</u>	1.36 %	15	<u>MEJICO</u>	0.48 MTn	1.1%
ARABIA Saudita	1.25 %	16	AUSTRALIA	0.48 MTn	1.1 %
AUSTRALIA	0.99 %	17	UK	0.40 MTn	0.9%
<u>IRAN</u>	0.94 %	18	ITALIA	0.40 MTn	0.9%
EGIPTO	0.93 %	19	POLONIA	0.40 MTn	0.9%
TAIWAN	0.93 %	20	FRANCIA	0.40 MTn	0.9%

NOTA: Esta tabla es muy similar a la original del Capítulo 7 del Reporte de CAETs, aunque está actualizada con los últimos datos publicados.

NOTA2: Argentina genera unas 180 MTn de CO2, según el Inventario Nacional de GEI del año 2021.

Tabla 1: Economías con > desarrollo TIC y países más contaminantes en CO2

A.3 Consumo mundial de electricidad por las TICs e impacto en las emisiones de CO2

de Energía de 2019 donde se estima el consumo de las TICs en el 8.5% del total:

En la Tabla II se presenta una tabla del reporte con datos de la Agencia Internacional

Total del Consumo mundial	Aprox. 23.500 TWh
Total del Consumo de las TICs	Aprox. 2.000 TWh
Centros de Cómputo	Aprox. 200 TWh
Redes e Internet	Aprox. 250 TWh
Usuarios finales	Aprox. 550 TWh
Fabricación de Componentes TICs	Aprox. 1.000 TWh

Tabla II: Datos de la Agencia Internacional de Energía- 2019.

Durante la última década, las TIC han aumentado sustancialmente su participación general en el consumo de electricidad, pasando del 4-5% hace una década al 8-10% de la producción total de electricidad en la actualidad. Debido al Covid-19, los años 2020 y 2021 son atípicos en cuanto a estimaciones energéticas.

Traducir el consumo de energía en emisiones de GEI indica que las emisiones de TIC son muy similares a las generadas por los viajes aéreos. Claramente esto depende de la fuente de generación de energía. Por esto ciertos sectores de la industria de las TIC privilegian la compra de energía de fuentes bajas en carbono para mejorar sus emisiones de CO₂.

Si bien esto alienta a los productores de energía eléctrica a aumentar sus suministros de energía baja en carbono, también puede alentar la producción o transferencia de fuentes de energía no bajas en carbono hacia otros sectores de la economía o hacia países vecinos.

Canadá, que produce casi el 60% de su electricidad a partir de fuentes bajas en carbono como la hidroelectricidad o la energía eólica y solar, es un ejemplo interesante: por un lado, parte de esta energía se utiliza para extraer el gas y el petróleo de esquisto que posteriormente exporta y por otro lado, también exporta energía hidroeléctrica a los Estados Unidos de América.

Si bien esto deja a algunos sectores internos dependiendo de fuentes no bajas en carbono, también mejora el tipo de energía consumida en Estados Unidos.

Un estudio prospectivo 2015-2030 sobre el aumento de la demanda de centros de datos en Canadá, encontró que cubrir esa demanda reduciendo las exportaciones hidroeléctricas puede obligar a los EE. UU. a aumentar su propia generación de electricidad sin bajas emisiones de carbono, lo que sugiere la necesidad de optimización a nivel global. Las emisiones de carbono por kWh de electricidad varían mucho de un país a otro dependiendo de las fuentes primarias de energía que se utilizan. Países como Bélgica y Francia, que generan la mayor parte de su electricidad a partir de plantas nucleares, tienen una emisión promedio de CO₂ muy baja: muy por debajo de 100 g por kWh de electricidad.

Es interesante ver el caso de Argentina, donde la matriz energética tiene al gas como el componente principal (y creciente) y al petróleo en segundo lugar (y decreciente). Los planes de empleo de energías renovables se han ido cumpliendo lentamente, sin que su incidencia llegue al 15% al momento. Asimismo la generación eléctrica por las centrales nucleares se mantiene constante desde hace más de una década.

Otra preocupación medioambiental relacionada con las TIC, rara vez mencionada, es que los chips digitales utilizan actualmente casi dos tercios de los elementos de la tabla periódica, muchos de los cuales requieren energía para extraerse y también pueden contaminar cuando se desmantelan los equipos de TIC.

Nuevamente si miramos la situación actual

de Argentina, el crecimiento de la explotación del Litio (que es el componente fundamental de las baterías de la industria) conduce a una disminución de los GEIs por el empleo de baterías en electromovilidad con menor emisión de CO₂. Sin embargo hay otros impactos ambientales de la explotación del Litio (en particular por el empleo de grandes volúmenes de agua) que no están en el alcance de este análisis.

A.4 El efecto de las tecnologías emergentes.

Desde su origen en la década de 1940, la investigación y la industria de las TIC han perseguido y logrado constantemente mayores niveles de rendimiento, mayores velocidades de procesamiento y de transmisión de datos. Estos avances han ido acompañados de un aumento constante de la penetración de las TIC en todos los sectores de la sociedad y la economía y, en general, han ofrecido grandes beneficios en materia de bienestar social.

Sin embargo, esto también ha ido acompañado de un aumento constante del consumo de energía asociado y de las emisiones de GEI derivadas de las TIC.

Dos importantes evoluciones tecnológicas actuales dan como resultado mayores aumentos en el consumo de energía de las TIC:

- La adopción de estándares 5G para redes móviles
- El uso cada vez mayor de Edge Computing.

Ambas transiciones son buenos ejemplos de la manera en que evoluciona el consumo de energía de las TIC. La Asociación del Sistema Global para Operadores Móviles (GSMA) indica que entre el 20% y el 40% de los gastos operativos de los operadores de red corresponden actualmente a electricidad, y que 5G puede causar un aumento sustancial (hasta de 4 a 5 veces) de consumo de energía en las redes.

Las generaciones posteriores de tecnología 5G bien pueden incluir avances técnicos para reducir este aumento en el consumo

de energía. Sin embargo, esto todavía es un tema de investigación.

La expansión de los dispositivos Fog y Edge, que acompañan la penetración de 5G para satisfacer las necesidades de baja latencia de las aplicaciones móviles al hacer que grandes conjuntos de datos y videos estén disponibles en las proximidades de las estaciones base móviles, también es una fuente potencial de mayor consumo de electricidad. Sin embargo, los equipos perimetrales también duplican parcialmente la nube, ya que también se necesitan repositorios permanentes seguros en la nube. Por lo tanto, podemos esperar que la electricidad necesaria para fabricar y operar los equipos Edge adicionales puede superar el consumo de electricidad que de todos modos se utilizaría para fabricar y operar servidores en la nube. Por otro lado, transferencias de datos de corta distancia más frecuentes entre dispositivos Edge y dispositivos móviles de los usuarios, para reemplazar las transferencias de larga distancia con la nube, bien pueden ahorrar electricidad "operativa" en la red.

Es interesante considerar que la tecnología 5G en sí misma consume MENOS energía que la tecnología 4G. Sin embargo, el crecimiento de la demanda por las posibilidades de transferencia de datos que da el 5G conduce a un análisis actual que indica que el consumo de energía de una estación base 5G es de 2 a 3 veces mayor que el de una instalación 4G similar que proporcione la misma área de cobertura.

Además, en estaciones base de longitudes de onda más cortas, de hasta 25 micrones, se necesitarán varias estaciones base 5G para cubrir un área similar a una única estación base 4G.

Esto implica un aumento significativo en el consumo de energía para un área de cobertura similar.

Una fuente indiscutible del reciente aumento en el consumo de electricidad por parte de las TIC es la expansión de las criptomonedas (incluidas tanto la "minería" como las ventas) y, de manera más general, el uso de

“blockchain” con transacciones distribuidas para mayor seguridad y garantizar acuerdos contractuales.

Estas tecnologías dependen crucialmente de una gran cantidad de transacciones distribuidas simultáneas en miles de servidores. Generan un tráfico intensivo y millones de transacciones distribuidas en diferentes países/regiones.

Por ende, generan un alto consumo eléctrico por procesamiento y por comunicaciones.

B. CENTROS DE DATOS: LA PERSPECTIVA ESPECIAL QUE OFRECE LA EXPERIENCIA IRLANDESA.

B.1 Background

Irlanda es un país pequeño (potencia pico de demanda anual <7 GW). El desarrollo económico del país ha sido impulsado durante muchos años por la inversión extranjera en alta tecnología, particularmente de empresas estadounidenses como Microsoft, Intel, Google, Amazon, Facebook, etc.

Se ha percibido que la industria eléctrica irlandesa ofrece un servicio confiable, aunque algo costoso. El sistema eléctrico está conectado con el sistema eléctrico del Reino Unido. Actualmente, la generación se realiza principalmente a gas.

Está previsto que la generación a carbón se elimine progresivamente en un plazo de cinco años y ha habido una rápida expansión de la generación eólica terrestre durante la última década.

Para la próxima década se prevé un nuevo aumento rápido de la energía eólica marina, pero estos planes pueden no ser realistas.

El objetivo actual de descarbonización para la industria energética se fija en un 80% de generación con bajas emisiones de carbono para 2030.

El Capítulo 7 del Reporte CAETs indica que este objetivo se sustenta en una planificación poco creíble.

B.2 Centros de Cómputo (Data centers)

Los centros de datos comenzaron a surgir como una carga importante para el sistema irlandés hace seis años. Hay dos factores para esto:

- Radicación en Irlanda de muchas sedes europeas de empresas de alta tecnología;
- Costo de conexión relativamente bajo.

El costo del crecimiento de la red eléctrica está socializado en Irlanda y se requiere que la empresa de red (EirGrid) atienda cualquier demanda. Esto ha llevado a una necesidad significativa de nuevas inversiones en transmisión, con una significativa oposición social. Prácticamente no hay perspectivas de ubicar más cargas de servicio importantes en la zona de Dublín, la capital de Irlanda, donde ya se encuentran la mayoría de los centros de datos existentes. Este problema del suministro de energía a los nuevos centros de datos fue identificado por primera vez por la Academia Irlandesa de Ingeniería en 2019.

La cuestión se ha politizado mucho en Irlanda y muchos piden que se detenga la expansión de los centros de datos, pero la política industrial continúa apoyando la expansión de los mismos para los grandes inversores multinacionales en tecnología existentes.

Uno de los centros de datos más recientes está configurado para que la empresa china Byte Dance soporte su aplicación TikTok. La inversión de capital se estima en 420 millones de euros y la planta tendrá una demanda de energía de 60 MW. Es sólo uno de varios proyectos de este tipo.

El Operador Nacional del Sistema de Transmisión, EirGrid, ha elaborado recientemente proyecciones de demanda que muestran una rápida expansión de la demanda de electricidad para 2030, casi toda la cual se debe a la expansión del centro de datos.

Se estima que, en un escenario de expansión mediana, el 28 % de la demanda de electricidad irlandesa se originaría en centros de datos para 2031. Proyecciones más

agresivas muestran un posible aumento del 31 % para 2027.

Los problemas en la zona de Dublín se deben principalmente a la falta de capacidad de transmisión de energía. Estos problemas no pueden resolverse ni a corto ni a medio plazo y muy posiblemente ni siquiera a largo plazo.

La Comisión Irlandesa para la Regulación de Servicios Públicos (CRU) ha emitido recientemente nuevas regulaciones.

- No se permitirán más centros de datos en el área de Dublín (se procesarán las solicitudes existentes)
- La generación de reserva del centro de datos debe estar disponible en caso de que surjan problemas de suministro. EirGrid puede desconectar los centros con un aviso de 1 hora.
- Se permitirán futuros centros de datos donde puedan acomodarse fácilmente en la red de transmisión.

B.3 El tema de la Generación Eléctrica

Además de los problemas de transmisión localizados, existen importantes interrogantes sobre la necesidad de que la nueva generación satisfaga el aumento de la demanda en un momento en que Irlanda ha adoptado una política de descarbonización muy ambiciosa para su industria energética.

El Gobierno ha adoptado un objetivo anual formal de un 80% de generación con bajas emisiones de carbono (principalmente eólica) para 2030. Irlanda ya tiene la penetración no síncrona del sistema (SNSP) más alta del mundo, un logro significativo para un sistema eléctrico semiaislado. A medida que el país avanza hacia un objetivo de 80% de bajas emisiones de carbono, las barreras técnicas se vuelven cada vez más altas y aumentan tanto los riesgos de resiliencia como de adecuación.

La industria de los centros de datos ha expresado su voluntad de colaborar con grandes inversores de bajas emisiones de carbono (mediante acuerdos de compra de

energía) como muestra de apoyo a las políticas gubernamentales.

El Capítulo 7 del Reporte CAETs indica que "La Academia Irlandesa de Ingeniería (IAE) no comprende cómo tales acuerdos ayudarán a alcanzar los objetivos de descarbonización durante la próxima década".

B.4 Decisiones y Desarrollos recientes

La guerra en Europa del Este ha impactado a todas las industrias energéticas de Europa. La industria energética de Irlanda no es una excepción. Los precios han aumentado rápidamente debido al aumento del precio del combustible primario.

Ésta es ahora una cuestión económica y política importante, como de hecho lo es en el resto de Europa. Irlanda no tiene instalaciones de importación de gas natural licuado (GNL) y carece de instalaciones de almacenamiento de gas a gran escala.

Por lo tanto, ahora parece probable que el cierre previsto de la planta generadora de carbón de 900 MW de Irlanda en Moneypoint en 2025 no se lleve a cabo; Esta planta bien podría funcionar durante cinco años más después de su fecha de cierre prevista.

Se están preparando planes para racionar el suministro de gas si fuera necesario y cambiar varias unidades generadoras alimentadas por gas por combustible destilado. El IAE ha publicado recientemente un breve informe de asesoramiento sobre las medidas de emergencia que pueden ser necesarias. Sigue habiendo una contradicción fundamental entre el apoyo de Irlanda a la expansión de los centros de datos (una cuestión de política de desarrollo industrial) y los muy ambiciosos (aunque quizás poco realistas) objetivos de descarbonización de Irlanda.

Se han presentado como solución propuestas para "acuerdos corporativos de compra de energía" entre centros de datos y productores de energía con bajas emisiones de carbono.

El Capítulo 7 del Reporte CAETs indica que "La Academia no está de acuerdo con esta solución y considera que tales acuerdos proporcionan quizás el 40% de las necesi-

dades de energía del centro de datos a partir de fuentes bajas en carbono y el resto a través de generadores convencionales que emiten carbono.”

C. MENSAJES CLAVE Y RECOMENDACIONES.

Si bien el impacto ambiental de otras industrias ha sido objeto de estudios y serias preocupaciones durante décadas, el impacto de CO₂ de la industria de las TIC solo ha surgido en los últimos años debido a la omnipresencia de Internet y la tecnología inalámbrica en la sociedad, con una participación creciente de las TIC en el consumo eléctrico a nivel mundial.

Debido a la complejidad de las redes informáticas y de telecomunicaciones, sin la disponibilidad de conocimientos expertos, es difícil comprender las interacciones entre las aplicaciones, el uso, la infraestructura y el consumo de energía.

Además, las TIC gozan de una reputación positiva entre los usuarios y debido a que satisfacen la necesidad esencial de la sociedad de tener comunicaciones eficientes, por lo que el sector rara vez es considerado un contaminador a los ojos de los gobiernos y el público en general.

Por el contrario, a menudo se proponen las TIC como una solución importante para evitar el impacto medioambiental de otros sectores como la aviación y el transporte.

Mensaje clave

Las TIC son y seguirán siendo un gran facilitador de mejoras sociales y de reducción del impacto ambiental de otros sectores. La sociedad depende cada vez más del desempeño y la evolución de las TIC.

Al mismo tiempo las economías más desarrolladas del mundo incluyen muchas naciones que son las más avanzadas en el despliegue de las TIC y las que emiten la mayor cantidad de GEI.

De hecho, el crecimiento exponencial continuo en el sector de las TIC trae consigo la

tendencia de la “inteligencia en todas partes”, el crecimiento de Internet de las cosas (IoT), nuevas aplicaciones de realidad virtual, realidad aumentada, realidad extendida así como la omnipresencia de los algoritmos de inteligencia artificial y la popularización de las criptomonedas se suman a nuestra vida cotidiana, implicando un alto precio en términos de consumo de energía de las TIC y emisiones de CO₂.

Por lo tanto, los gobiernos, las industrias y los expertos deberían comenzar a prestar mucha atención a las soluciones de compensación que se necesitan para que se desarrolle un sector de TIC exitoso y sostenible.

Dado el estado actual y la probable evolución del sector TIC, las recomendaciones de este capítulo se centran en lo que consideramos los cuatro temas más relevantes en función de su impacto a largo plazo: consumo de energía de los centros de datos, expansión de 5G, computación en el borde y la necesidad de mejorar las métricas de consumo energético de las TIC sin olvidar la sustitución óptima de los equipos TIC para reducir las emisiones en su ciclo de vida.

Recomendaciones

C.1. Consumo de energía del centro de datos

La eficacia del uso de energía (PUE: Power Usage Effectiveness) es una métrica que se utiliza para determinar la eficiencia energética de un centro de datos. El PUE se obtiene dividiendo la cantidad total de energía que ingresa a un centro de datos por la energía utilizada para hacer funcionar los equipos de TI que contiene.

El PUE ha ido cayendo constantemente durante la última década pero, a pesar de ello, el consumo general de energía de los centros de datos ha aumentado a medida que la expansión de las instalaciones superó las mejoras en la eficiencia.

Existe una amplia variabilidad en las emisiones de GEI del centro de datos dependiendo de la fuente de suministro eléctrico. Las emisiones de los centros de datos alimen-

tados con energía hidroeléctrica o nuclear serán órdenes de magnitud menores que las de instalaciones similares alimentadas con electricidad basada en combustibles fósiles. Informes recientes indican que una gestión eficiente, incluida la reparación y actualización correcta y planificada de los equipos existentes dentro de los centros de datos, puede aumentar en gran medida la eficiencia energética general de una instalación. Se considera que las prácticas de gestión eficaces reducen a la mitad el uso total de energía en determinadas situaciones. Por ello el Capítulo 7 del Reporte CAETs recomienda:

- Aplazar en el tiempo los cálculos de las máquinas del centro de datos para favorecer el cambio de carga, el reparto de carga, la reducción de los picos de energía y el uso máximo de fuentes de electricidad con bajas emisiones de carbono;
- Mayores esfuerzos para mejorar el PUE del centro de datos;
- Minimizar las operaciones innecesarias del centro de datos; reparar y actualizar el equipo en lugar de reemplazarlo siempre que sea posible.

C.2 Consumo de energía de la tecnología 5G y más allá

La tecnología de red celular 5G se está implementando a escala global. Se espera que este despliegue se acelere en el corto plazo. El consumo de energía de una estación base 5G es de 2 a 3 veces mayor que el de una instalación 4G similar que proporcione la misma área de cobertura. Además, en estaciones base de longitudes de onda más cortas, de hasta 25 micrones, se necesitarán varias estaciones base 5G para cubrir un área similar a una única estación base 4G. Esto implica un aumento significativo en el consumo de energía para un área de cobertura similar.

Ante esta realidad el Capítulo 7 del Reporte CAETs recomienda:

- Debe haber una gestión activa de la ener-

gía de las estaciones base, y debería integrarse en la planificación de optimización para dejar margen para futuras operaciones energéticamente eficientes;

- Los operadores de 5G deberían compartir infraestructura y reducir la duplicación del consumo de energía;
- Los proveedores de infraestructura deberían interactuar con las empresas eléctricas para reducir el impacto de CO₂ de la electricidad suministrada a las estaciones base 5G y también ayudar a reducir los picos;
- La investigación debería intentar mejorar la eficiencia energética de los dispositivos y transmisiones 5G, y debería introducirse una métrica relevante tipo PUE para comparar diferentes sistemas.

C.3 Computación de borde

Edge Computing es una tecnología que reduce las comunicaciones de red al instalar el procesamiento y almacenamiento de datos cerca del usuario.

Reduce drásticamente la latencia para aplicaciones 5G “en tiempo real”, como automóviles, juegos o vídeos conectados, y también reduce las transferencias de datos de larga distancia que utilizan grandes cantidades de energía.

Sin embargo, también conlleva la incorporación de numerosos centros de datos pequeños que no sustituyen completamente a la nube, pero que no se benefician de la optimización energética de las instalaciones a gran escala.

El Capítulo 7 del Reporte CAETs recomienda:

- Llevar a cabo más investigaciones para aclarar las compensaciones entre el rendimiento, el consumo de energía y las emisiones de GEI entre los sistemas Edge y los servidores en la nube. Esto es particularmente importante en el contexto de nuevas aplicaciones que explotan los sistemas 5G, futuros 6G, Edge y Cloud.
- Desarrollar métricas de tipo PUE apropiadas para futuros sistemas integrados de computación de borde y basados en centros de datos.

- Estos deberían estar relacionados con los aspectos de baja latencia y transferencia de datos de alto volumen de las arquitecturas futuras.

C.4 Estadísticas de energía y CO2 de las TIC

Es notoriamente difícil encontrar datos fiables y específicos para evaluar el consumo de energía de las TIC en general y de tecnologías o aplicaciones específicas. En algunos casos, los datos disponibles siguen siendo confidenciales para unas pocas partes interesadas.

La falta de estandarización dificulta además la realización de comparaciones válidas. A menos que se aborden estas cuestiones, seguirá siendo extremadamente difícil llegar a conclusiones válidas sobre el impacto de las TIC en las emisiones de GEI.

El Capítulo 7 del Reporte CAETs recomienda:

- Establecer requisitos y estándares públicos para la compilación, retención y publicación de datos sobre el consumo de energía de las TIC y las emisiones de GEI.

C.5 Reemplazo óptimo de Equipos TIC para Mejorar su Impacto Ambiental

Dado que el consumo de energía para la fabricación de TIC representa el 50% del total, y debido al alto impacto ambiental del desmantelamiento de las TIC, es importante desarrollar políticas sensatas sobre cuándo desmantelar los equipos operativos existentes o reemplazarlos por otros equipos para lograr una mejor energía, eficiencia, mejor rendimiento y confiabilidad.

Los equipos fuera de servicio a menudo pueden repararse, mejorarse y utilizarse en diferentes contextos útiles.

REFLEXIONES FINALES

La utilidad del Capítulo 7 del Reporte está fuera de discusión y forma parte de un documento de gran importancia a nivel internacional. Claramente el tema de las TIC y su impacto en la generación de GEI es un tema que requiere más datos y más investigación y análisis de los mismos. Estos estudios son relevantes por la velocidad de desarrollo del equipamiento y las aplicaciones relacionadas con las TICs.

En Argentina, la matriz energética actual nos permite un camino “razonable” en la transición energética con el crecimiento del empleo de gas sobre el petróleo en la generación de energía. Quedan muchos pasos por dar en el empleo de energía renovable para alcanzar los objetivos fijados para 2025 y 2030 en los planes del país.

En particular la generación hidroeléctrica ha ido perdiendo peso relativo en el total de generación energética.

Asimismo, la discusión sobre nuevas centrales nucleares es un tema pendiente que merece analizarse en relación con el “costo-beneficio” de las mismas y el dominio de la tecnología que puede tener Argentina.

BIBLIOGRAFÍA INCLUIDA EN EL REPORTE

1. H. Ferreboeuf et al. Lean ICT: Towards Digital Sobriety. The Shift Project, March 2019, https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/03/lean-ict-report_the-shift-project_2019.pdf
2. G. Kamiya. Data Centers and Data Transmission Networks. International Energy Agency, Paris, June 2020, <https://www.iea.org/reports/data-centers-and-data-transmission-networks>
3. Giorgos Fagas, John P. Gallagher, Luca Gammaitoni and Douglas J. Paul, "Energy Challenges for ICT", Submitted: March 31st, 2016 Reviewed: November 2nd, 2016 Published: March 22nd, 2017, [DOI10.5772/66678](https://doi.org/10.5772/66678)
4. P. Fröhlich, E. Gelenbe, J. Fiołka, J. Chęcinski, M Nowak, and Z. Filus, "Smart SDN Management of Fog Services to Optimize QoS and Energy", Sensors Vol. 21 (<https://doi.org/10.3390/s21093105>), p. 3105, MDPI, 2021, Open Access Creative Common CC BY
5. O. H. Abdelrahman and E. Gelenbe, "Signalling storms in 3G mobile networks", 2014 IEEE International Conference on Communications (ICC), 2014, pp. 1017-1022, doi: [10.1109/ICC.2014.6883453](https://doi.org/10.1109/ICC.2014.6883453).
6. Hans Peter Bech, "And the Winners Remain CHINA and INDIA", May 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.10093.41440, <https://www.researchgate.net/publication/341599907>
7. G. Kamiya. Data Centers and Data Transmission Networks. International Energy Agency, Paris, June 2020, <https://www.iea.org/reports/data-centers-and-data-transmission-networks>
8. E. Gelenbe and Caseau, "The Impact of Information technology on energy consumption and carbon emissions", ACM Ubiquity Vol. 15, Issue June, Article 1, pp. 1-15, <https://doi.org/10.1145/2755977>
9. Assoc. for Comp. Machinery Tech. Council: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3483410>
10. T. Dandres, N. Vandromme, G. Obrekht, A. Wong, K.K. Nguyen, Y. Lemieux, M. Chéret and R. Samson, "Consequences of Future Data Center Deployment in Canada on Electricity Generation and Environmental Impacts. A 2015-2030 Prospective Study". Journal of Industrial Ecology, vol 21, n.5, 2016.
11. GSMA. Energy Efficiency. <https://www.gsma.com/futurenetworks/wiki/energy-efficiency-2/>
12. Assoc. for Comp. Machinery Tech. Council: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3483410>
13. <https://www.moneysupermarket.com/gas-and-electricity/features/crypto-energy-consumption/>
14. <https://www.technologyreview.com/2019/06/06/239031/training-a-single-ai-model-can-emit-as-much-carbon-as-five-cars-in-their-lifetimes/>
15. E. Gelenbe, J. Domanska, P. Fröhlich, M. P. Nowak and S. Nowak. "Self-Aware Networks that Optimize Security, QoS, and Energy", Proceedings of the IEEE, vol. 108, no. 7, pp. 1150-1167, July 2020, doi: [10.1109/JPROC.2020.2992559](https://doi.org/10.1109/JPROC.2020.2992559)
16. P. Fröhlich, E. Gelenbe, J. Fiołka, J. Chęcinski, M Nowak, and Z. Filus "Smart SDN Management of Fog Services to Optimize QoS and Energy", Sensors Vol. 21 (<https://doi.org/10.3390/s21093105>), p. 3105, MDPI, 2021. Reproduced with Permission
17. <http://iae.ie/wp-content/uploads/2019/08/Data-Centres-July-2019.pdf>

18. Tik Tok to open €600m European data centre in Ireland (irishtimes.com)

19. <http://iae.ie/publications/europes-energy-crisis-implications-for-ireland/>

20. <http://www.ldescouncil.com/assets/pdf/LDES-brochure-F3-HighRes.pdf>

21. S. Boiardi, A. Capone and B. Sansò, "Planning for energy-aware wireless networks", in IEEE Communications Magazine, vol. 52, no. 2, pp. 156-162, February 2014, doi: [10.1109/MCOM.2014.6736757](https://doi.org/10.1109/MCOM.2014.6736757)

22. ACM TechBrief: Computing and Climate Change, ACM Technology Policy Council, Issue 1, November 2021

BIBLIOGRAFÍA ADICIONAL CONSULTADA

A. Ubiquity Symposium . Digital Economy Electricity Consumption by ICT: Facts, trends, and measurements by Erol Gelenbe IEEE publication – Agosto 2023

B. ICT sector electricity consumption and greenhouse gas emissions – 2020 outcome Jens Malmödin A*, Nina Lövehagen A*, Pernilla Bergmark A, and Dag Lundén B A Ericsson AB, 164 83 Stockholm, Sweden: pernilla.bergmark@ericsson.com, B Telia Company AB, 169 94 Solna, Sweden: dag.lunden@teliacompany.com

C. Electric Transmission and Distribution Network Air Pollution Saverio De Vito , Antonio Del Giudice and Girolamo Di Francia *

E. ENEA—Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development, P.le E. Fermi, 1, 80055 Napoli, Italy; saverio.devit

D. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. 2021. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Argentina.

E. Review on cyber-physical and cyber-security system in smart grid: Standards, proto-

cols, constraints, and recommendations Mohammad Kamrul Hasan , Ahasan Habib, Zarina Shukur, Fazil Ibrahim, Shayla Islam, Md Abdur Razzaque Journal of Network and Computer Applications Volume 209, January 2023, 103540

F. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/informe_litio_-_octubre_2021.pdf <https://www.seai.ie/publications/Energy-in-Ireland-2022.pdf>

G. https://www.eirgridgroup.com/site-files/library/EirGrid/EirGrid_SONI_Ireland_Capacity_Outlook_2022-2031.pdf

H. [https://www.enerdata.net/estore/energy-market/ireland/#:~:text=Power%20Consumption&text=Services%20are%20the%20largest%20electricity,\(21%25\)%20\(2022\).](https://www.enerdata.net/estore/energy-market/ireland/#:~:text=Power%20Consumption&text=Services%20are%20the%20largest%20electricity,(21%25)%20(2022).)

I. <https://www.iea.org/energy-system/buildings/data-centres-and-data-transmission-networks>

J. https://www.researchgate.net/figure/Trends-for-ICT-electric-power-overall-2018-to-2030-Generally-the-values-for-2018-are_fig2_331047520

K. <https://climate.selectra.com/en/carbon-footprint/most-polluting-countries>

L. <https://world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/carbon-dioxide-emissions-from-electricity.aspx>

M. <https://www.cowi.com/about/news-and-press/comparing-co2-emissions-from-different-energy-sources>

N. <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022>

O. https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2023

P. <https://wisevoter.com/country-rankings/co2-emissions-by-country/#argentina>

SUPERASFALTO EN EL RECICLADO DE PAVIMENTOS CON ALTAS TASAS DE RAP



UNIDAD DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO EN INGENIERÍA
CIVIL -UIDIC

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL - FACULTAD DE
INGENIERÍA - UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



Durante las últimas décadas, el mundo ha tomado conciencia de la importancia del cuidado de los recursos naturales y del medio ambiente por lo tanto ha intentado paulatinamente reducir la huella de carbono. La industria vial, no es ajena a esta situación, pero, a su vez, tiene un gran desafío, debido a que la mayoría de los materiales que se utilizan en la construcción de carreteras de pavimento flexible, son recursos no renovables, como por ejemplo los agregados (piedra), y por sobre todo el asfalto. Como si eso fuera poco, dichos materiales son utilizados en cantidades exorbitantes, en comparación con las usadas en otras áreas de las construcciones civiles. Es por tal motivo, que el reto que se presenta, es aún mayor.

La incorporación de RAP (Reclaimed Asphalt Pavement, por su sigla en inglés) en altas tasas, es una de las alternativas que se ha presentado en pos de aprovechar la reutilización de los materiales al final de la vida útil de un pavimento, en particular usando altas tasas. La misma, resulta una práctica muy interesante, ya que se reaprovechan tanto los agregados, como el asfalto presente. Pero, lo que puede ser una solución, no siempre lo es: Esta alternativa, se encuentra condicionada por el asfalto original utilizado, el cual, generalmente, al final de la vida útil del pavimento, ha sufrido su proceso de envejecimiento. Además de ello, el crecimiento del tránsito puede requerir la utilización de asfaltos de altas prestaciones (con la incorporación de polímeros), lo que habitualmente conlleva al reemplazo total del material.

Recientemente, desde la UIDIC (Unidad de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Civil – Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de La Plata), se ha estado estudiando el mezclado de asfaltos altamente modificado o HiMA (Highly Modified Asphalt, por sus siglas en inglés). Este tipo de ligantes, posee una elevada concentración de polímero, la que, al ser mezclado con un betún convencional (sin incorporación de polímeros), presenta un comportamiento muy apto para altas solicitaciones del tránsito. En otras

palabras, lo que se busca es incorporar una pequeña cantidad de asfalto denominado HiMA, de manera de aprovechar al máximo el asfalto presente en el RAP, pero que, a su vez, puedan lograrse las prestaciones requeridas para las altas solicitaciones del tránsito. Esto resulta en un concepto innovador, que no ha sido muy estudiado a nivel mundial, y que, por lo tanto, ubica a la UIDIC como pionera en la utilización de estos materiales.

Para la realización del presente estudio, por un lado, se procedió a la toma de muestra de RAP con asfalto convencional de distintas rutas de la Provincia de Buenos Aires. Posterior a ello, y mediante la utilización de evaporador rotatorio para la destilación del ligante (Norma IRAM 6851-1), se procedió a la caracterización del asfalto proveniente de dicho RAP mediante ensayos de performance. Pudo constatarse que se trataba efectivamente de un asfalto convencional y envejecido por el efecto del paso del tiempo en su vida en servicio.

A su vez, y en laboratorio, se procedió a realizar la fabricación del asfalto HiMA (Figura 1). El mismo se realiza mediante la incorporación de una alta tasa de polímeros del tipo SBS (Estireno – Butadieno – Estireno) a un asfalto convencional base (CA-10, según la clasificación de la Norma IRAM-IAPG-6835). Una vez realizado esto, se procedió a la elaboración, a escala de laboratorio, de las mezclas asfálticas a estudiar. Por un lado, se elaboró con agregados vírgenes dos mezclas de control del tipo densas (CAC D19), una con asfalto convencional CA-30 y otra con asfalto modificado AM3, según IRAM-IAPG- 6596, (las cuales representarían la utilización de material completamente virgen, en un reemplazo total de una capa de pavimento). Por otro lado, se elaboró una mezcla densa, también del tipo CAC D19, pero con la incorporación de RAP (40 %) y asfalto HiMA (2,7 % del asfalto total), representando la reutilización del material, mejorando las prestaciones mediante la utilización de un “superasfalto”, denominado así por las altísimas prestaciones reológicas que presenta.



Figura 1. Fabricación de asfalto HiMA

A partir de ello, y mediante la realización de ensayos de performance, se procedió al estudio de estos materiales, fundamentalmente su comportamiento reológico, a las deformaciones permanentes y daño por humedad, y a la fisuración, las cuales son los motivos del comportamiento y de falla del material en servicio. Los materiales estudiados fueron denominados como:

- Mezcla densa con agregados vírgenes y un ligante convencional CA30 (Control CA30).
- Mezcla densa con agregados vírgenes y un ligante Modificado con polímeros (Control AM3)
- Mezcla densa con 40 % de RAP y como ligante virgen un asfalto Altamente Modificado (AM-RAP)

En referencia al estudio de ahuellamiento y daño por humedad, se moldearon placas para la realización de ensayos de rueda cargada de Hamburgo (norma AASHTO T324). El estudio busca determinar tanto el daño por humedad como las deformaciones permanentes del material. Consiste en aplicar una carga de 705 N mediante una rueda metálica, a una temperatura de 50 °C, bajo agua, durante 20.000 ciclos. A partir de allí se observa la deformación permanente (Dn). Además, en caso de presencia de un punto de in-

flexión en los resultados obtenidos, previos a los 10.000 ciclos, se estaría en presencia de un material con problemas de adherencia árido – ligante. Cabe destacar que se utilizó un equipo SMARTRACKER, de la firma MATEST (ver Figura 2). En la Figura 3, se presenta una gráfica comparativa con los resultados obtenidos para cada material. Puede observarse que la mezcla de Control CA30, no sólo presenta grandes deformaciones, sino que se ha evidenciado un punto de inflexión, el cual se condice con el descubrimiento de la película de ligante de los agregados. Por otro lado, la mezcla de AM-RAP, presenta un comportamiento muy similar al de la mezcla de Control AM3. Esta situación, implica que la mezcla AM-RAP, presenta un comportamiento análogo a una mezcla con AM3.

Por otro lado, se procedió al estudio de la fisuración del material, mediante las leyes de fatiga de cada material. Para ello, se moldearon vigas de mezcla asfáltica para cada una de las mezclas antes mencionadas. Las mismas fueron sometidas a cargas repetidas a distintas deformaciones (Norma EN 12697-24) mediante el equipo SA4PT fabricado por la firma Cooper Research Technologies (Figura 4). Cabe destacar que un material suele considerarse apto si alcanza el 50 % de su módulo de rigidez inicial (Stiffness) para una cantidad de ciclos de 1×10^6 ciclos, cuando



Figura 2. Utilización del equipo SMARTTRACKER, de la firma MATEST

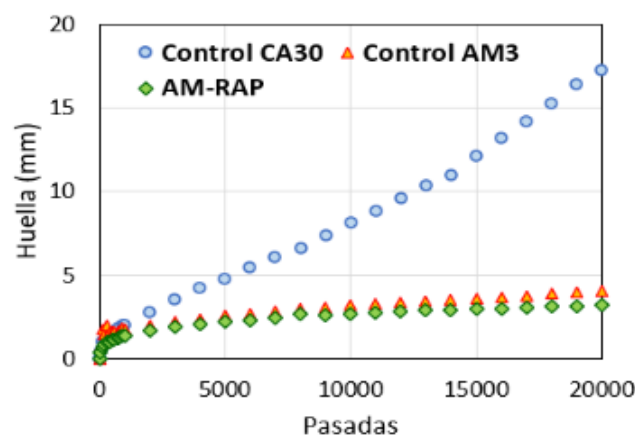


Figura 3. Resultado de ensayo de Hamburgo.



Figura 4. Realización de ensayos para el estudio de la fatiga.

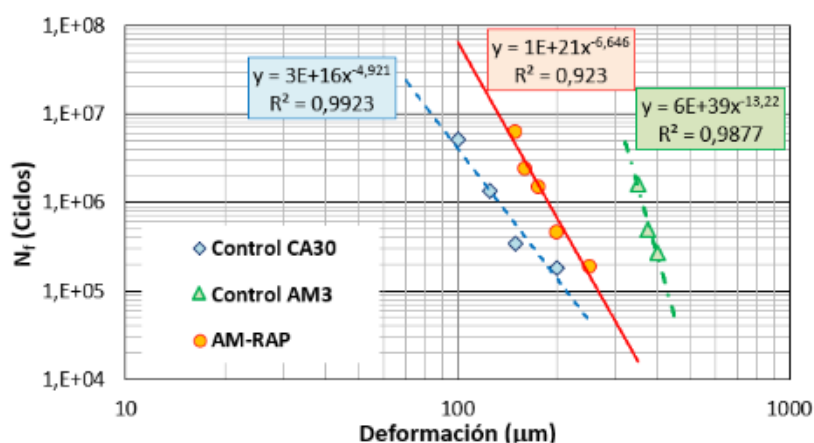


Figura 5. Leyes de fatiga de las mezclas estudiadas

es sometido a una deformación de 90 μm . En caso de que el material, obtenga para la cantidad de ciclos mencionada un módulo inferior al 50%, será considerado no apto.

En la Figura 5, se observan las leyes de fatiga obtenidas. Si bien, en primera instancia puede observarse que los tres materiales cumplen con la condición de fisuración, como era de esperarse la mezcla de Control-CA30, es la que peor comportamiento presenta. Por otro lado, la mezcla AM-RAP, no alcanza el comportamiento de la mezcla de Control AM3. Este fenómeno, se debe a la alta tasa de material reciclado (del 40%), tiende a generar la rigidización de la mezcla. Más allá de ello, la mezcla AM-RAP, satisface ampliamente lo establecido como requisito a cumplir frente a la fisuración.

Como parte del análisis de este trabajo se realizó una recuperación controlada y caracterización del ligante de la mezcla con material reciclado (AM-RAP). En la Tabla 1 se vuelcan resultados de propiedades típicas y mediciones reológicas en un reómetro de corte dinámico (DSR), ver Figura 6, del ligante recuperado de la mezcla con material reciclado y el asfalto altamente modificado. Se muestran comparativamente las propiedades en comparación a de los ligantes vírgenes de este estudio. Se observa como el ligante Altamente modificado HIMA (AM) le brinda al ligante AM-RAP muy buenas prestaciones en cuanto a retorno elástico (Torsional a 25°C como

en el MSCR a 60 y 76 °C). Asimismo, se ve que el ligante AM-RAP presenta muy buenos valores del parámetro $J_{nr3.2}$ a 60 °C. Ya se observa que este ligante potencialmente le brindara a la mezcla un mejor desempeño al ahuellamiento que el ligante convencional y similar al del ligante modificado con polímero más tradicional (AM3). Es de destacar que el ligante AM representa solo el 60 % del ligante de la mezcla AM-RAP (2,7% sobre el 4,5% de ligante en mezcla). Por tanto, un ahorro económico en un material costoso como es el asfalto y el plus de la utilización de una alta tasa de material reciclado en una mezcla asfáltica de altas prestaciones que puede utilizarse para carpeta de rodamiento.

Como puede observarse a través de los ensayos de performance, la incorporación en pequeñas cantidades de un asfalto altamente modificado, o "superasfalto" para dar una idea de las mejoras en el comportamiento reológico que se consiguen en este asfalto, permite alcanzar un muy buen desempeño en materiales reciclados y con altas tasas de RAP. Esta situación, resulta beneficiosa, ya que dicha reutilización, permite reducir notablemente el uso de materiales no renovables y una baja en costos de obra.

Actualmente, en nuestro país, y a partir de los estudios impulsados por la UIDIC, existe el proyecto de realización de un tramo de prueba con el uso de este "Superasfalto", para su evaluación en escala real.

Ligante		CA30	AM3	AM	AM-RAP	
Modificador		-	SBS			
Penetración	(dmm)	55	70	-	41	
Punto de Ablandamiento	(°C)	52,4	70,8	79,7	73,6	
Retorno Elástico torsional	(%)	-	71,0	83	51	
Viscosidad rotacional (dPa.s)						
60	(°C)	3388	-	-		
135	(°C)	7,6	50,4	55,5	25,3	
150	(°C)	3,7	16,1	22,3	9,9	
Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) AASTHO M332						
T	(°C)	-	76	82	76	60
R0,1	(%)	-	90,2	95,6	47,9	61,6
R3,2	(%)	-	60,9	89,2	19,6	51,0
Jnr0,1	(1/kPa)	-	0,20	0,13	0,93	0,13
Jnr3,2	(1/kPa)	-	0,90	0,32	1,77	0,18
Grado PG de alta		64(S)	76(V)	82(E)	76(H)	60(E)

Tabla 1. Principales propiedades de los ligantes.



Figura 6. Reómetro de corte dinámico DSR.

¿ES EL AGUA DE MAR EL DESTINO FINAL DEL ANHÍDRIDO CARBÓNICO CAPTURADO?

ING. CARLOS OCTTINGER

ACADÉMICO TITULAR DE LA ACADEMIA DE INGENIERÍA
DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES



El CO₂ es el gas de efecto invernadero (GEI) responsable de la mayor parte del cambio climático al acumularse en la atmósfera e impidiendo que el calor del sol que rebota en la superficie terrestre se disipe. El mundo está abocado a disminuir drásticamente la emisión de GEI y en el caso del CO₂ reemplazando los combustibles fósiles, sea por remplazo de estos por fuentes renovables o por la captura y almacenaje del CO₂, evitando así su emisión a la atmósfera.

Una de las principales fuentes de CO₂ son las usinas eléctricas que queman carbón, fuel oíl o gas natural (ordenados estos combustibles según el volumen de CO₂ emitidos por MW generado). Existen otras fuentes industriales que emiten también cantidades importantes de GEI, tales son la industria del acero, la del cemento, la refinación de petróleo y la petroquímica. Todas estas industrias realizan grandes esfuerzos de mejorar su eficiencia energética, pero de todas formas la emisión de CO₂ no puede evitarse. El camino encontrado para eliminar o minimizar la emisión de anhídrido carbónico es la captura y almacenaje seguro del mismo en forma segura por muy largo plazo.

Una vez capturado el CO₂ la solución más simple es la utilización de pozos de extracción de hidrocarburos agotados y cavernas naturales subterráneas. Pero lamentablemente las cavernas no abundan y los pozos agotados no están cerca de los puntos de emisión de CO₂.

Actualmente se captarían 37MM de toneladas y se debe llegar a capturar y almacenar 13,6 Gtons anuales de CO₂ para el 2050, para así alcanzar los objetivos del acuerdo de París para ese año. Obtener estas metas requerirán altos niveles de inversión, más un fuerte compromiso político y financiero y estímulos económicos para concretarlos.

Siguiendo una década en la que el número de plantas operativas ha crecido muy lentamente y muchos proyectos se han puesto a invernadero o fueron abandonados. Los proyectos en desarrollo si se completan, solo capturarían 160 millones de toneladas de CO₂.

Un equipo científico generó una estimación

actualizada de la absorción anual de CO₂ oceánica mediante observaciones infrarrojas por satélite combinadas con una nueva corrección aplicada a mediciones realizadas desde buques.

Este estudio nuevo sugiere que la magnitud de carbono atmosférico que absorben los océanos cada año podría ser mayor que lo inferido previamente a partir de las mediciones de la superficie oceánica realizadas desde barcos. Las estimaciones anteriores indicaban que los océanos absorbían alrededor de una cuarta parte de las emisiones antropogénicas, es decir, más de 2 gigatoneladas de CO₂ al año. Otras fuentes estiman que los océanos absorben un 13% mayor de CO₂ de lo que se estimaba.

La Figura 1 muestra la variación histórica del CO₂ atmosférico.

Según una publicación de la revista *Biogeoscience España*, investigadores del CSCIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas el Atlántico absorbe por proceso naturales 54 Gigatoneladas en lugar de las 47 estimadas con anterioridad, (Esto es 15% más). Es dable estimar que esto también ocurre en el resto de mares y océanos. Existen estimaciones más optimistas que llegan a estimar que el 33% del CO₂ liberado a la atmósfera. Se estima que en la actualidad los océanos tendrían 40.000 billones de toneladas de Carbón. Pero también otros estudios alertan que el calentamiento global aumentaría la temperatura superficial del agua de mar disminuyendo su capacidad natural de absorber CO₂. No obstante, es necesario prestar atención a la acidificación progresiva del agua de mar y su impacto sobre la biota marina. El CO₂ atmosférico absorbido por el agua de mar reacciona con ésta formando ácido carbónico el que a su vez se disocia en ion carbónico CO₃⁻ y 2 H⁺.

DIFERENTES MÉTODOS DE ALMACENAJE DE CO₂

La Figura 2 presenta los diferentes métodos de almacenaje del CO₂ capturado:

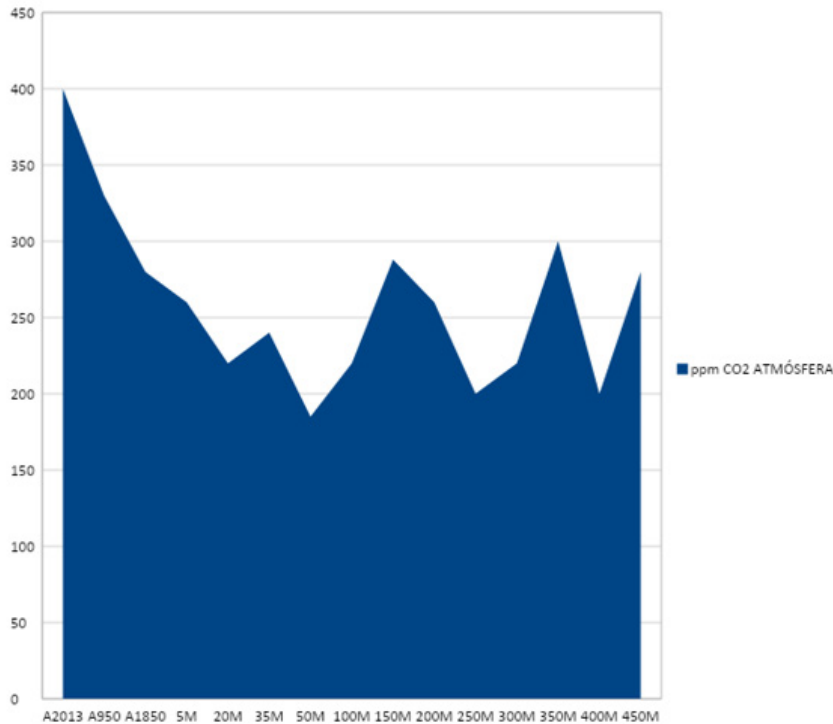


Figura 1

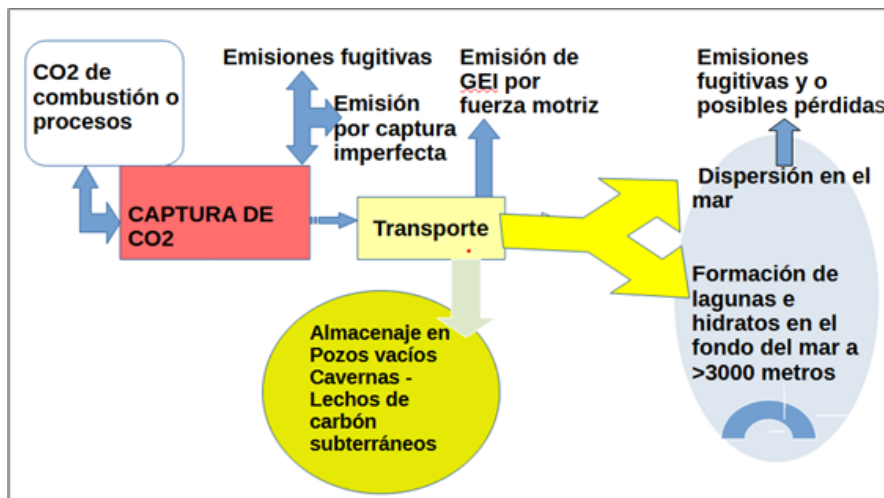


Figura 2

- Utilizar los pozos de gas y petróleo agotados
- Utilizar el CO2 Capturado para recuperación de petróleo
- Carbonatación con sales minerales alcalinas
- Depósitos en cavernas subterráneas como la de Mont Belview que almacenan gas natural.
- Aprovechar los "Coal beds" bajo tierra
- Dispersar en los océanos a media profundidad

- Almacenarlo en los océanos a grandes profundidades

ALMACENAJE EN LOS OCÉANOS

Estimaciones de hace varios años atrás estimaban que un 25% del CO2 se absorbía naturalmente de la atmósfera, Esto implica que de los 15.300 millones de toneladas anuales de

CO₂ emitidos cerca de 4000 millones de toneladas se absorben en la superficie marina. Existiría una acción buffer de los océanos, la zona costera sería responsable de la absorción de CO₂ y una especie de bomba continental lo lleva al océano profundo. La descomposición de la materia orgánica existente en los mares resulta un medio alcalino que reacciona con el CO₂ el que sería responsable del 60% de la captura natural de CO₂. Por otra parte, el suelo marino rico en calcita puede reaccionar con el CO₂ disuelto naturalmente o capturado y descargado en los océanos.

ALMACENAJE DEL CO₂ CAPTURADO

La opción de disponer el CO₂ capturado en los océanos sería válida, pero se requieren adaptaciones sociales, económicas, ambientales y políticas. La Figura 3 muestra los dos modos de disponer del CO₂ capturado en los océanos:

- Disolverlo a profundidades medias, quizás agregando un medio alcalino para mitigar la acidificación.
- Formando lagunas de CO₂ líquido en el fondo del mar a más de 3000 metros de profundidad, donde este tiene mayor densidad que el agua de mar. El almacenaje del CO₂ por disolución a más de 1000 metros de profundidad se puede realizar por medio de un caño

que llega desde la costa hasta zonas con la profundidad adecuada o transportado por un barco que se encarga de dispersarlo.

Ante el problema de la acidificación y su impacto sobre la biota marina se ha pensado en dispersar compuestos alcalinos como los carbonatos de sodio o de calcio, con lo que se formaría un buffer estabilizando el PH.

Algunas experiencias de laboratorio han analizado el impacto que la disolución del CO₂ en la vida marina, se ha observado que a poca profundidad se producirían daños a organismos marinos. No se ha estudiado sobre el impacto de los depósitos de CO₂ líquido a grandes profundidades

El modo más prometedor es el depósito en forma líquida en el fondo del mar a más de 3000 metros. Esto se podría realizar desde plataformas marinas que recibirían el CO₂ líquido desde un caño o un barco, dado que la densidad de éste es mayor que la del agua de mar, por lo que formaría lagunas estables de CO₂ o hidratos, ambas formas serían muy estables que pueden quedar retenidos por centurias, especialmente porque el anhídrido carbónico reaccionaría con los materiales que forman el fondo marino que son normalmente alcalinos como silicatos sódicos o potásicos y carbonatos sódicos y potásicos calcáreos, cuarzo y feldspatos; estas reacciones permitirían retener el CO₂ por milenios en los fondos marinos de gran profundidad.

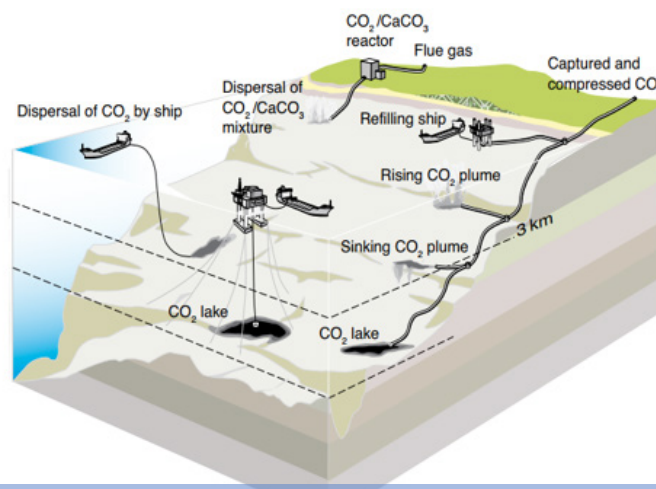


Figura 3

Hasta el momento ambas tecnologías se encuentran en fase experimental, una prueba de un experimento realizado en el fondo marino se puede ver en la figura 2, mientras que la figura 1 representa las dos maneras posibles de disponer del CO2 en el mar.

Los océanos pueden ser una solución, ya que la reacción del CO2 con los fondos marinos sería técnicamente posible y además la reacción de éste con los fondos marinos alcalinos podría fijar el CO2 por cientos de años. Por otra parte, se ha verificado que el CO2 líquido depositado en el fondo del mar forma hidratos muy estables que actuarían como barrera para el escape de CO2+La imagen siguiente muestra las diferentes alternativas para disponer del CO2 capturado en el agua de mar.

Ciertos experimentos indican que estos cambios afectarían a la vida marina en superficie. Depositar el CO2 bajo tierra, es un fenómeno geológico con depósito de CO2 en reservorios. Desde hace mucho tiempo se aprovecha el CO2 para recuperación terciaria de hidrocarburos. Esto indica que es factible almacenar en formaciones geológicas Es posible almacenarlo y ya se practica en pozos de gas o petróleo agotados. Se estima que el 99% del CO2 se puede retener por 1000 años. Inclusive es químicamente factible que el CO2 reaccione con los minerales alcalinos presentes en la formación.

EFFECTOS SOBRE LOS OCÉANOS

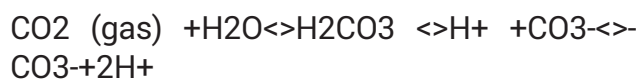
El CO2 debe transportarse de los centros de recuperación a los de almacenaje o disposición., entre ambos pueden existir grandes distancias, para este transporte se utilizan gasoductos, uno de los requisitos es el contenido de agua, ya que el ácido carbónico es corrosivo.

En su uso más habitual, mediante el término biótico se designa al conjunto de especies de plantas, animales y otros organismos que ocupan un área dada. Se dice, por ejemplo, biótico europea para referirse a la lista de especies que habitan en ese territorio. El término biótico puede desglosarse en flora y

en fauna, según los límites establecidos en Botánica y en Zoología. El concepto puede extenderse para designar al repertorio de especies de un compartimento del ecosistema, como el suelo, la rizosfera o el fondo de un ecosistema acuático.

INYECCIÓN MARINA DE CO2

La disolución del CO2 en aguas de formación puede representarse por las siguientes reacciones químicas. La disolución del CO2 disminuye con la temperatura y la salinidad del agua



La fotosíntesis se produce casi exclusivamente en los primeros 200 metros, donde hay luz, nutrientes y oxígeno. La fotosíntesis es la base de la cadena alimentaria marina, pero algo de esta materia orgánica se sumerge a grandes profundidades disuelta o como materia orgánica en suspensión, y es lo que sostiene a la biota submarina, por ello es necesario investigar a fondo el efecto que tendría el CO2 en forma de lago a 3000 metros o disuelto a 1000 o 1500 metros sobre el PH del agua salada y éste sobre la vida marina. Estas investigaciones están en curso.

La inyección de unas pocas Giga toneladas de CO2, puede producir cambios mensurables en la zona de inyección, pero podrían producir cambios en los océanos a largo plazo. Es posible un cambio de PH de 0.4. en el 1% del volumen del océano, aunque la absorción marina del CO2 atmosférico produciría un cambio de PH de 0.2

Las plantas de cemento son una fuente importante de emisión de CO2, a nivel global son responsables del 6% del anhídrido carbónico emitido. Por un lado, está el combustible, de ser posible gas natural, pero al mismo tiempo es común la quema de desechos de plantas químicas, por lo que muchas reciben un pago. El proceso requiere muy altas temperaturas ergo mucha energía, Pero además la transformación de Carbonato de Calcio

(CO₃Ca) en CaI (CAO) libera CO₂.

No se han realizado experimentos controlados sobre el impacto a grandes profundidades

Parte del material de esta presentación proviene de un Reporte Especial Sobre Captura y Almacenaje de CO₂ y fue producido por el Grupo III del IPCC (Panel Intergubernamental Sobre Cambio Climático establecido en 1998 por la WHO y La UN)

Pero además en la etapa de dispersión o almacenamiento, en los océanos se pueden utilizar caños sumergidos o barcos de transporte de CO₂ líquido. Los caños submarinos se utilizan para dispersar y disolver el CO₂ en la gran masa del océano. Los barcos pueden utilizarse para dispersar a profundidades de 800 a 1000 metros el CO₂ en el agua salada o para llegar a plataformas desde donde se deposita a grandes profundidades donde el CO₂ en estado líquido forma lagos, que se espera que permanezcan por muchos años. El efecto de estos métodos de disposición, requiere todavía mucha más investigación, sobre la biota marina.

La Figura 4 muestra un experimento realizado a 3600 metros de profundidad el CO₂ líquido forma un charco sobre el fondo marino, con el tiempo el CO₂ líquido reacciona con el agua de mar para formar un hidrato sólido, también con el tiempo ocurrirían reacciones con el fondo alcalino del mar prolongando la vida del depósito por miles de años.

ASPECTOS ECOLÓGICOS DE LA INYECCIÓN DE CO₂ EN LOS OCEANOS

Análisis de observación de los océanos y modelos por computadora concuerdan que el CO₂ puede permanecer aislado de la atmósfera por centurias, en especial si la inyección del mismo se hace a grandes profundidades. Sin embargo, existen opiniones que sostienen que la inyección de Gigatoneladas de CO₂ produciría un cambio mensurable en la química de la zona de inyección, es más los ecologistas opinan que si se inyectan cientos de Giga toneladas de CO₂, eventualmente podría producir cambios mensurables en todo el océano. Es más, recientemente sectores ecologistas han cuestionado la disolución natural del CO₂ atmosférico, ante el riesgo de que la acidificación del agua de mar puede dañar a organismos marinos que viven cerca de la superficie. Faltan estudios del depósito a grandes profundidades. Estos efectos se podrían mitigar, si se incrementa la alcalinidad disolviendo en la zona de inyección carbonatos minerales.

Se ha comprobado que los animales de superficie con exoesqueleto calcáreo sufrirían descalcificación si están expuestos permanentemente a altas concentraciones de CO₂, no se ha estudiado aún que ocurre con este tipo de animales a grandes profundidades. Se han hecho extrapolaciones que indicarían que 5000ppm de Co₂ podría afectar al calamar, mientras que los peces soportarían



Figura 4

de 13000 a 40000 ppm. En la actualidad los océanos contienen 50 veces el carbón contenido en la atmósfera y 20 veces el contenido en las plantas y en el suelo terrestre.

La liberación del CO₂ almacenado en los océanos sería gradual a lo largo de cientos de años. Dependiendo de la profundidad y la ubicación de la fracción retenida sería, según los modelos utilizados, entre 65% y 100% después de 100 años y 30% a 85% después de 500 años. El mayor porcentaje se refiere a inyección a más de 3000 metros y el menor a la dispersión a 1000 metros.

Una de las conclusiones es que la dispersión del CO₂ desde un caño fijo sería peligrosa para la vida marina, no ocurriendo lo mismo si la dispersión se hace desde un buque en movimiento.

ASPECTOS ECONÓMICOS

En 2002 se estimaba que el costo de dispersión en los océanos costaría 5U\$/T, mientras que la dispersión a grandes profundidades que requiere buques dedicados y plataformas submarinas el costo subiría a 30U\$/T. Se trató de actualizar estos valores por dos índices el Chemical Engineering Plant Cost Index y por los precios de productos químicos Producer price index for chemical and allied products economic data de la Reserva Federal de USA. Se tomó un promedio de ambos índices para traer esos valores a 2022, El costo de ella la dispersión por caño sería del orden de 12 U\$/Ton mientras que el depósito en lagos a grandes profundidades sería del orden de 71U\$/Ton.

REGULACIONES LEGALES

Existen algunas regulaciones para operaciones bajo el mar que podrían aplicarse al almacenaje marino del CO₂. Pero muy pocos países han dictado normas legales o regulatorias para el almacenaje de largo plazo del Anhídrido Carbónico.

Tampoco existe ni interpretaciones formales que acuerden bajo qué condiciones se podría depositar CO₂ en el suelo oceánico

a grandes profundidades. Los tratados existentes se escribieron sin consideración específica al almacenaje de CO₂.

Existen todavía huecos en el conocimiento de las técnicas de almacenaje marino están aún en la etapa de investigación. La ciencia básica se ha entendido pero la tecnología parece estar aún en la etapa del diseño conceptual y ensayos de laboratorio. Aunque como se monstro más arriba se han realizado ensayos a pequeña escala.

BIBLIOGRAFÍA

- Parte del material de esta presentación resume un Reporte Especial Sobre Captura y Almacenaje de CO₂ y fue producido por el Grupo III del IPCC (Panel Intergubernamental Sobre Cambio Climático establecido en 1998 por la WHO y La UN)
- Tecnoeconomics metrics of carbon utilization Part 1 Loris Mestras, Mark Kearni and Risik Attwood KBC Yokogawa
- Shell in CCS descarbonización solutions septiembre 2022
- Sedimentos carbonatados Brooks, Cole, Thomson, 2005
- Executive Summary The race to a zero-carbon future is on. Global oil and gas, petrochemical and chemical companies Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022), <https://www.ipcc.ch/sr15/2>
- POWER's August 2022 recent survey of carbon capture projects
- Cullinane, J.T. and Rochelle, G.T. Carbon dioxide absorption with aqueous potassium carbonate promoted by piperazine. Chemical Engineering Science, 2004, 59,3619-3630
- Captura y almacenaje de anhídrido carbónico (CCS) Fuente Comité intergubernamental sobre el cambio climático IPCC



Carreras POSTGRADO

20
_24

CARRERAS PRESENCIALES

DOCTORADO

Ciencias Informáticas

MAESTRÍAS

Ingeniería de Software

Redes de Datos

Tecnología Informática Aplicada en Educación

Cómputo de Altas Prestaciones

Inteligencia de Datos Orientada a Big Data

ESPECIALIZACIONES

Ingeniería de Software

Redes y Seguridad

Tecnología Informática Aplicada en Educación

Cómputo de Altas Prestaciones y Tecnología Grid

Computación Gráfica, Imágenes
y Visión por Computadora

Inteligencia de Datos Orientada a Big Data

Tecnología, Diseño y Evaluación de
Interacciones Humano-Computadora

Bioinformática

CARRERAS A DISTANCIA

MAESTRÍAS

Ingeniería de Software

Tecnología Informática Aplicada en Educación

Gestión y Tecnología de Ciudades Inteligentes

Transformación Digital

ESPECIALIZACIONES

Ingeniería de Software

Tecnología Informática Aplicada en Educación

Cómputo de Altas Prestaciones y Tecnología Grid

Computación Gráfica, Imágenes
y Visión por Computadora

conocé nuestra
oferta académica

postgrado.info.unlp.edu.ar



POSTGRADO
FACULTAD DE INFORMÁTICA



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

LABORATORIO DE COMUNICACIONES DIGITALES: 30 AÑOS DE FORMACIÓN, INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN TECNOLÓGICA

JORGE M. FINOCHIETTO, MARIO R. HUEDA, CARMEN E. RODRIGUEZ
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES (FCEFYN),
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA, ARGENTINA



INTRODUCCIÓN

El Laboratorio de Comunicaciones Digitales (LCD), dependiente del área de ingeniería de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, comenzó sus actividades en 1991. Este laboratorio fue creado para realizar investigación, desarrollo, servicios, docencia y extensión en el campo de las comunicaciones digitales, una disciplina que en aquel entonces no estaba presente en la Facultad e incipiente a nivel nacional, y que prometía ser una tecnología emergente con un gran potencial para la innovación y el desarrollo a nivel global. Es así que se vislumbra una oportunidad única para desarrollar desde Argentina una tecnología clave en los futuros años.

En esa época, el crecimiento de la electrónica digital, especialmente aplicada a las comunicaciones, mostraba fuertes indicios de convertirse en uno de los principales motores de crecimiento de lo que después se denominaría Tecnología de la Información y las Comunicaciones (TIC). En este contexto, resultaba estratégico formar recursos humanos idóneos y altamente especializados en el área que pudiesen llevar adelante proyectos innovadores de investigación y desarrollo cuyos resultados pudiesen ser transferidos a soluciones tecnológicas. En estas premisas se inició la primera fase de conformación del LCD enfrentando el reto de formar recursos humanos altamente cualificados mediante capacitación de posgrado – maestrías y doctorados – en la materia. Esto requirió un esfuerzo considerable porque, al tratarse de una temática no existente en la oferta académica de postgrado de la Facultad, exigió recurrir a capacitadores de otras Universidades y laboratorios de prestigio tanto del país como del exterior. Así, una vez obtenidos los primeros doctores propios, se cumplió la primera fase y se abrió la puerta para las etapas subsiguientes: formación sustentable de recursos humanos futuros, producción de científica con recursos humanos propios y colaborativos con otros centros de investigación, transferencia de tecnología a sectores

productivos, participación en proyectos de gran envergadura nacionales e internacionales y demás actividades propias del sector.

Uno de los primeros campos de investigación que se abordaron en el LCD fue el de los sistemas de comunicaciones inalámbricas. Específicamente, las primeras tesis doctorales realizadas en el LCD contribuyeron significativamente con algoritmos para la transmisión confiable de vídeo a través de canales inalámbricos, así como con esquemas de recepción en sistemas de acceso múltiple. Durante esta fase de formación de recursos humanos calificados en el LCD, se alcanzaron importantes avances. Se destaca entre ellos las primeras publicaciones en revistas y conferencias internacionales por parte de los tesisistas de posgrado. Este logro marcó un hito excepcional que suscitó un notorio interés entre los estudiantes de grado por este nuevo campo de estudio dentro de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Con un importante esfuerzo de divulgación por parte de los investigadores y docentes del LCD, se logró incorporar a estudiantes de grado para realizar sus trabajos finales de carrera en el área de comunicaciones digitales. Esta tarea de formación de estudiantes fue fundamental para consolidar el trabajo realizado durante los primeros años del LCD y, así, iniciar nuevas líneas de investigación siempre relacionadas con el procesamiento digital de señales y las comunicaciones.

En las secciones siguientes, se detallan algunos de los logros más destacados en los más de 30 años de existencia del Laboratorio de Comunicaciones Digitales. Resulta importante destacar que estos logros combinaron de forma efectiva la formación de recursos humanos con proyectos de investigación y de vinculación tecnológica, suscitando numerosas colaboraciones con empresas nacionales e internacionales. De esta forma, se pudo alcanzar un modelo de desarrollo sostenible en el tiempo y de impacto a nivel local e internacional.



Figura 1. Miembros del LCD: profesores, investigadores, administrativos, profesionales, y estudiantes de grado y posgrado

SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR FIBRA ÓPTICA

En el año 2002 se inició una de las líneas de investigación en la que más contribuciones se han realizado desde los inicios del LCD son los sistemas de comunicaciones por fibra óptica. Estos sistemas evolucionaron rápidamente con la incorporación del procesamiento digital de señales (DSP) como mecanismo para compensar distorsiones en la señal recibida. Inicialmente, el foco estuvo en las fibras multimodo donde la dispersión multimodal representaba un desafío significativo.

Con el tiempo, el interés se trasladó hacia las fibras monomodo, que si bien eliminan los problemas de dispersión modal, presentan otros desafíos como la dispersión cromática y la dispersión de modo de polarización (PMD). Estas nuevas complicaciones exigieron un enfoque más sofisticado en el DSP. Desde el Laboratorio de Comunicaciones Digitales se desarrollaron técnicas avanzadas de ecualización adaptativa y filtros que permitieron compensar estas distorsiones

específicas, mejorando significativamente la calidad de la señal en sistemas de fibra monomodo.

Una transición crucial en la evolución de estas tecnologías fue el paso de los sistemas de detección directa a sistemas coherentes. Los sistemas coherentes utilizan técnicas de modulación tanto en amplitud como en fase en un formato bidimensional, lo cual, combinado con el DSP avanzado, mejora la sensibilidad del receptor y la capacidad para compensar distorsiones complejas. Este cambio fue fundamental porque permitió incrementar las distancias de transmisión y las tasas de transmisión de datos desde unos 10 Gbps iniciales hasta las actuales capacidades que alcanzan los 800 Gbps.

En el contexto de los sistemas coherentes, las contribuciones se centraron en el desarrollo de técnicas de ecualización multidimensional que son cruciales para los sistemas de transmisión de alta dimensión utilizados en comunicaciones ópticas coherentes.

Estas técnicas permiten un ajuste más preciso y adaptativo de los parámetros del DSP en

respuesta a las dinámicas cambiantes de la señal a través de la fibra óptica. Además, la introducción de algoritmos avanzados para la gestión de la fase y la polarización dentro del dominio eléctrico ha simplificado significativamente la implementación de los sistemas coherentes. Estos avances en DSP han eliminado muchas de las barreras que inicialmente dificultaban la implementación de sistemas coherentes a gran escala, abriendo la puerta a mejoras en capacidad y alcance. La integración de técnicas de multiplexación por división espacial (SDM) ha sido otra área de innovación reciente, impulsada por el desarrollo de un DSP avanzado. Este enfoque ha permitido incrementar aún más la capacidad del sistema al agregar dimensiones espaciales a la transmisión de fibra, lo que facilita múltiples flujos de datos a través de un único medio óptico. Los avances en DSP son fundamentales para gestionar la complejidad introducida por la interacción entre los múltiples modos o núcleos de las fibras utilizadas en SDM. Finalmente, el uso de técnicas de aprendizaje automático en DSP está emergiendo como un campo prometedor para mejorar aún más la compensación de no linealidades y otras complejidades de los sistemas de fibra óptica. Estas técnicas permiten que los sistemas de DSP se adapten y optimicen de manera autónoma basándose en el comportamiento real de la señal transmitida, lo que resulta en una mejora continua del rendimiento del sistema.

Uno de los aspectos más destacados de esta línea de trabajo fue el surgimiento en Córdoba de la empresa ClariPhy Argentina S. A. en 2006 a partir de recursos humanos formados en el LCD. Esta empresa se orientó inicialmente al diseño de arquitecturas de DSP para sistemas de comunicaciones por fibra óptica, las cuales pudieran ser implementadas en circuitos integrados de aplicaciones específicas (Application-Specific Integrated Circuit, ASIC). En este contexto, el LCD jugó un papel clave en la continua formación de recursos humanos en el área quienes podían desarrollar sus carreras profesionales en una empresa de tecnología de punta y de impacto internacional. Por otro lado, se llevaron adelante proyectos de colaboración específica entre el LCD y la empresa, pudiendo generar una fuerte sinergia entre ambas partes. En la actualidad, la empresa ha atravesado diferentes transformaciones y procesos de fusiones y adquisiciones, pero continúa desarrollando tecnología para sistemas de comunicaciones desde Córdoba al mundo empleando a más de 150 ingenieros, siendo una parte significativa aquellos formados en la órbita del LCD.

Si bien la línea de trabajo en DSP para comunicaciones por fibra óptica es la de mayor trayectoria, permitió el desarrollo de otra línea afín relacionada al modelado de redes de transporte óptico, las cuales integran el procesamiento de protocolos de comunicación para el transporte de datos. Inicialmente,

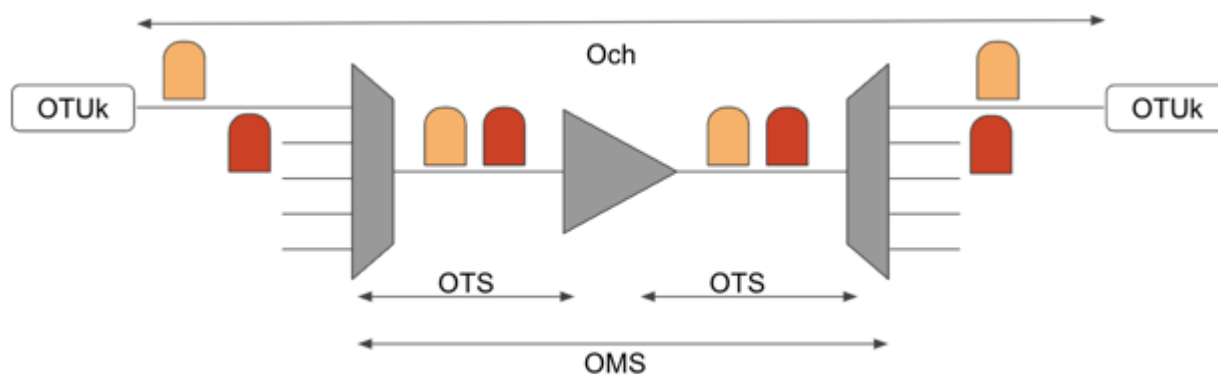


Figura 2. Modelo genérico de red óptica: representación de un sistema de comunicaciones (Och) con sus etapas de transporte (OTUk), multiplexación (OMS) y amplificación (OTS)

esta línea de trabajo permitió complementar la línea de trabajo en DSP, formando recursos humanos especializados en el procesamiento de protocolos además de señales digitales. Esto permitió fortalecer la colaboración con la empresa ClariPhy y de esta forma diseñar arquitecturas de procesamiento más complejas y de mayor integración vertical. Por otro lado, el trabajo en esta línea permitió alcanzar un profundo conocimiento del funcionamiento de las redes ópticas actuales y de sus problemáticas más frecuentes, tales como el diseño de redes robustas ante fallas y del dimensionamiento de sus capacidades ante el aumento del tráfico de datos.

En 2015 se presentó la oportunidad de colaborar con la empresa Ceragon Argentina S. A. quien llevaba adelante proyectos de ingeniería y operación en redes de comunicaciones por fibra óptica desplegadas en diferentes países de Latinoamérica. Una de las problemáticas iniciales que se trabajó fue en el análisis de la respuesta de la red frente a fallas como cortes en la fibra óptica, evaluando la posibilidad que parte de la red pudiera quedar aislada y sin servicio. En este contexto, el LCD desarrolló diferentes modelos de análisis y diseño de redes utilizando técnicas de programación mixta (lineal y entera) que permitieron ofrecer soluciones a la problemática. A partir de ese momento, se inició una vinculación con la empresa que sigue vigente en la actualidad, y a través de la cual se pudieron analizar diferentes problemáticas y avanzar sobre el diseño de herramientas de análisis de redes cada vez más complejas.

DISEÑO DE CIRCUITOS INTEGRADOS

En el año 2010, el LCD dio inicio a la investigación en microelectrónica, centrándose en arquitecturas de convertidores analógico-digitales y digitales-analógicos utilizados en sistemas de comunicaciones digitales. Este trabajo fue llevado a cabo por tesis de posgrado en colaboración con investigadores de la Universidad Nacional del Sur en Bahía Blanca.

Uno de los primeros logros fue la fabricación

de un circuito integrado que incorporaba un convertidor analógico-digital y todos los componentes necesarios para implementar una plataforma experimental. Esta plataforma permitió la validación en laboratorio de nuevos esquemas de compensación de imperfecciones en los convertidores diseñados por los tesis, cuyos resultados fueron publicados en reconocidas revistas internacionales. Actualmente, esta línea de investigación sigue vigente con la participación de varios tesis de doctorado y maestría. El grupo está enfocado en desarrollar esquemas de compensación de imperfecciones en los convertidores mediante técnicas de "backpropagation" ampliamente utilizada en aplicaciones de aprendizaje automático, las cuales permiten optimizar el rendimiento de los sistemas de comunicaciones. En los últimos años, se han realizado numerosas publicaciones con contribuciones significativas que han captado el interés de la comunidad científica y de la industria.

SISTEMAS DE COMUNICACIONES SATELITALES

En 2011, el Laboratorio de Comunicaciones Digitales participó en una reunión clave con la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) y la empresa Servicios Tecnológicos Integrados S.R.L. (STI), donde se discutió el innovador proyecto de Arquitectura Segmentada (AS). Este proyecto apunta a la creación de una nueva generación de satélites e instrumentos, distribuidos en múltiples plataformas pequeñas y autónomas (segmentos). Estos segmentos, satélites de órbita baja (LEO) que pesan entre 100 kg y 250 kg, pueden comunicarse entre sí para compartir recursos como instrumentos y almacenamiento de datos.

Una de las características principales de esta nueva arquitectura es la conectividad esporádica entre pares de segmentos debida al movimiento relativo dada su dinámica orbital. Esto implica que la comunicación entre dos segmentos se presenta sólo bajo ciertas condiciones de distancia, orientación y energía

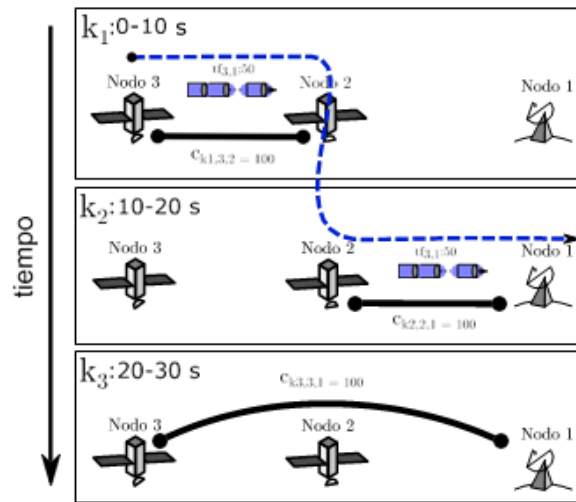


Figura 3. Flujo de Tráfico en una red DTN: Es posible aprovechar los contactos diferidos entre el nodo 3 y 2, y el nodo 2 y 1 para transportar tráfico. En una red tradicional, sólo se utilizaría el contacto entre el nodo 3 y el 1.(TS)

entre ambos. Estos intervalos de contacto, aunque predecibles, utilizando métodos de propagación orbital a partir del conocimiento de sus posiciones, son limitados en el tiempo (unos pocos minutos en la práctica), lo que impone una restricción significativa a los métodos de comunicación convencionales.

Particularmente, la conectividad de extremo a extremo entre cualquier par de segmentos se ve fuertemente limitada cuando se utilizan protocolos de comunicaciones similares a los empleados en Internet, como TCP/IP. Estos protocolos suponen la disponibilidad continua de todos los contactos en la ruta de datos entre dos segmentos, una suposición inviable en este contexto de operación segmentada. Resulta así necesario el uso de protocolos de comunicaciones que puedan utilizar rutas de datos con interrupciones temporales debido a la conectividad esporádica entre segmentos.

Para abordar esta problemática, se propuso adoptar para la Arquitectura Segmentada un paradigma conocido en la literatura como Redes Tolerantes a Disrupciones (en inglés Disruption Tolerant Networks, DTN), en el cual se permite a los nodos de una red de comunicaciones (segmentos) el almacenamiento temporal de datos y su posterior transmisión

cuando se establece un contacto adecuado. Las DTN superan las interrupciones en la comunicación mediante un esquema de almacenamiento y reenvío de mensajes, similar al sistema postal. A diferencia de los nodos de Internet, que tienen poca capacidad de almacenamiento y requieren conectividad constante, los nodos DTN pueden retener información por períodos prolongados hasta que sea posible su transmisión.

Esta estrategia impulsó una nueva línea de investigación en el Laboratorio de Comunicaciones Digitales, generando aportes significativos tanto en la esfera científica como tecnológica, y promoviendo una primera cooperación con la CONAE a través de la empresa STI durante aproximadamente 5 años. En este periodo de trabajo, se desarrolló y provisionó a la CONAE con un simulador de comunicaciones satelitales orientado al concepto de la Arquitectura Segmentada, a través del cual se analizaron diferentes escenarios de operación para definir con mayor detalles sus especificaciones y sus funcionalidades. Uno de los hallazgos más destacados de este trabajo consistió en identificar la necesidad de optimizar los planes de contactos de la red de segmentos a los fines de aprovechar adecuadamente sus capaci-

dades y sus recursos. Si bien el simulador resultó la herramienta tecnológica de mayor impacto a una necesidad por parte de la CONAE, fue además posible hacer contribuciones al estado del arte en el campo de las DTN realizando numerosas publicaciones en congresos internacionales y en revistas de alto impacto. Esto permitió además integrar al LCD a la comunidad internacional del área, interactuando con investigadores de reconocida trayectoria y participando de eventos científicos a nivel mundial. Por último, este período resultó en un fuerte impulso a la formación de recursos humanos en ingeniería tanto a nivel de grado en las carreras de Ingeniería en Electrónica, Ingeniería en Telecomunicaciones y en Ingeniería en Computación como a nivel de posgrado en el Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, formando a 2 nuevos doctores quienes actualmente llevan adelante una carrera científica destacada contribuyendo al campo de las DTN.

Un componente clave en la eficacia de las DTN es el Bundle Protocol (BP), que fue inicialmente propuesto en la RFC 5050 en 2007. Este protocolo facilita la transmisión de datos en redes con conectividad intermitente, al permitir que los mensajes se almacenen en nodos intermedios hasta que puedan ser enviados al siguiente nodo disponible. Reconociendo las limitaciones de la primera versión del Bundle Protocol, y en respuesta a la necesidad de mejorar la eficiencia y la seguridad, se revisó y actualizó este protocolo en la RFC 9171 en 2022. Esta nueva versión ofrece una implementación más práctica y eficiente, incorporando avances en la seguridad y la configuración de la red que son cruciales para las operaciones en entornos extremos y variados. La relevancia de BP dentro de las DTN llevó al LCD a realizar investigaciones sobre su funcionamiento, profundizando en particular, los mecanismos de enrutamiento necesarios para transportar los mensajes del protocolo de un nodo de origen al de destino. Uno de estos algoritmos de enrutamiento es conocido como Contact Graph Routing (CGR) el cual utiliza un grafo de contactos para calcular el mejor enrutamiento; sin em-

bargo, su complejidad es elevada en la práctica. En esta área el LCD realizó numerosas contribuciones a través de publicaciones en conferencias y revistas internacionales, demostrando alternativas que podrían reducir su complejidad e introducir en ciertos escenarios mayor robustez. Además del trabajo de simulación que requirió esta actividad, se logró ganar experiencia y un fuerte dominio de algunas implementaciones existentes del BP tal como la desarrollada por el Jet Propulsion Laboratory (JPL) de la NASA, pudiendo construir bancos de pruebas y desarrollar experimentos valiosos que permitieron validar la factibilidad de los resultados de los trabajos de investigación.

En 2019 se presentó una nueva oportunidad de cooperación pero esta vez con una empresa startup radicada en Estados Unidos, Skyloom, que buscaba desplegar una red óptica de transporte de datos en el espacio aprovechando satélites de retransmisión geoestacionarios (GEO) livianos para proporcionar servicios de transporte de datos de baja latencia y alta capacidad para constelaciones de satélites en órbita terrestre baja (LEO). En este escenario nuevamente surgía la problemática de las interrupciones pero ahora entre satélites GEO y LEO, siendo necesario modelar la red considerando el paradigma DTN. A partir de un convenio entre el LCD y Skyloom se trabajó durante 2 años en el análisis y diseño de una red óptica de transporte de datos con características DTN, es decir, con la capacidad de almacenar datos temporalmente ante interrupciones en la conectividad. A las interrupciones por la propia dinámica orbital entre LEOs y GEOs, se sumaba una nueva causa de interrupciones en este caso entre GEO y el segmento terreno: la atmósfera. Esto se debe a que las condiciones de nubosidad pueden impedir la comunicación de datos. Este proyecto permitió continuar con el desarrollo de modelos de simulación pero más avanzados que tuvieron en cuenta condiciones climáticas para optimizar el transporte de datos.

En 2021 se identificaron nuevos desafíos que el proyecto de CONAE de Arquitectura

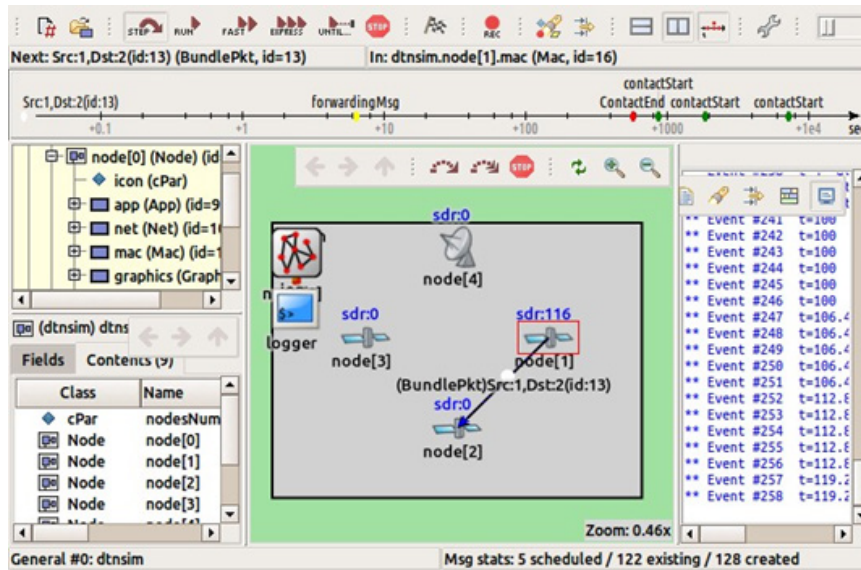


Figura 4. Simulador DTN: ejemplo de la parte gráfica de una herramienta de simulación de redes DTN desarrollada en el LCD.

Segmentada debía afrontar, en particular, la necesidad de poder planificar múltiples misiones sobre una misma plataforma satelital como la AS, requiriendo una optimización y coordinación de sus capacidades y recursos. A diferencia de las misiones espaciales tradicionales donde una misión suele estar asociada a un plataforma satelital, en la AS se pretende realizar múltiples misiones compartiendo una misma plataforma. Esto implica que cada segmento (satélite) puede llevar adelante tareas de diferentes misiones y que las tareas de una misión pueden estar distribuidas en múltiples segmentos. Esta problemática dió a luz un nuevo concepto denominado Orquestador de Misiones (OM) capaz de modelar cada misión a realizar y asignar las tareas necesarias a los diferentes segmentos con el fin de cumplir los objetivos de cada misión. A través de un convenio entre la CONAE y el LCD se comenzó a trabajar en el diseño de un OM y su demostración tecnológica. Este trabajo permitió investigar diferentes modelos de optimización de misiones en el ámbito de la AS y obtener una primera solución al problema. En la actualidad el proyecto continúa en marcha y se encuentra en la etapa de demostración de esa primera solución propuesta. Las Redes Tolerantes a Disrupciones (DTN)

no solo enfrentan desafíos debido a la intermitencia y la alta latencia de las comunicaciones, sino que también la seguridad se convierte en un aspecto crítico en estos entornos. Dada la naturaleza de las operaciones espaciales y otras aplicaciones críticas, garantizar la integridad y confidencialidad de los datos transmitidos es esencial. En los últimos años, este aspecto ha despertado gran interés por parte de las agencias espaciales del mundo que están proyectando el uso de DTN en diferentes proyectos. En la actualidad, proyectos como LunaNet de la NASA y Moonlight de la Agencia Espacial Europea (ESA) representan aplicaciones pioneras de las DTN en el espacio cislunar y en comunicaciones lunares. LunaNet busca establecer una red de nodos que faciliten la comunicación robusta y la navegación precisa para una variedad de misiones lunares, mientras que Moonlight se concentra en desarrollar una infraestructura de comunicación y navegación sostenible alrededor de la Luna que pueda soportar futuras operaciones humanas y robóticas. En estos proyectos la seguridad resulta de gran relevancia e impacto. En 2022 el LCD inició el estudio de mecanismos de seguridad en DTN con el fin de dar respuesta a esta necesidad. En esta oportunidad se estableció una colaboración con

la empresa Osmium europea radicada en España e Italia para investigar amenazas y vulnerabilidades en las DTN y proponer mecanismos de mitigación apropiados. Con el fin de abordar estas preocupaciones de seguridad en las DTN, se realizaron estudios de un nuevo protocolo conocido como BPSec (Bundle Protocol Security), oficializado en la RFC 9172 en 2022. BPSec es un protocolo diseñado para proporcionar medidas de seguridad robustas integradas directamente en el BP. Mientras que el BPI facilita la transmisión de datos en entornos con conectividad limitada o intermitente, BPSec añade capas esenciales de seguridad a estos datos durante su almacenamiento y reenvío. BPSec permite la implementación de mecanismos de seguridad en tres niveles principales: confidencialidad, integridad y autenticación.

Esta nueva línea de investigación, en colaboración con la empresa Osmium, permitió además la interacción con la Agencia Espacial Europea. En particular, el trabajo realizado en conjunto se orientó al análisis de amenazas en escenarios satelitales que comprenden segmentos LEO y otros escenarios que incluían comunicaciones con la Luna. Uno de los hallazgos más relevantes fue la necesidad de definir lenguajes suficientemente específicos y expresivos para definir las políticas de seguridad en cada uno de los nodos de la red, aspecto que el protocolo BPSec no presenta suficientes definiciones y queda abierto a la implementación. Por otra parte, esta línea de trabajo permitió continuar con la actividad experimental en el uso de implementaciones reales de protocolos DTN a través de la construcción de bancos de prueba donde fue posible evaluar diferentes escenarios y amenazas de seguridad.

CONSIDERACIONES FINALES

A lo largo de los años el LCD ha tenido un rol activo en la conformación de un centro de excelencia en las comunicaciones digitales. Este objetivo puede sintetizarse en tres planos de actuación: académico, investigación y extensión.

Así, en lo académico, sus miembros han sido formadores de estudiantes, tanto de grado como de postgrado, dirigiendo tesis y tesis e incorporándolos a los proyectos de desarrollo e investigación para facilitar su posterior praxis profesional. El Laboratorio es soporte de las ingenierías electrónica, en computación y biomédica donde, amén de poner a disposición el equipamiento, se realiza la formación integral de los alumnos. Adicionalmente, les brinda la posibilidad de continuar sus estudios postgrado e insertarse en el sistema científico dentro de su ámbito.

En investigación se cuenta con un grupo sólido y competente, experimentado en enfrentar desafíos en tecnología de punta, con una formación de equipo que permite llevar a cabo proyectos de envergadura y de innovación tecnológica. El producto de estas actividades a lo largo de los años cuenta con la validación nacional e internacionalmente a través de publicaciones científicas y a través de la participación en programas acreditados por instituciones científicas reconocidas. Y, si se atiende a su inserción social, siempre se ha tratado de seguir el principio virtuoso expuesto en el "triángulo de Sábato", esto es, tener como objetivo de la ciencia la de ser base de progreso de la sociedad. La generación de tecnología de punta con recursos capacitados ha tenido resultados públicamente visibles. Un ejemplo de ello es la generación en Córdoba de una empresa de base tecnológica de gran relevancia como lo es ClariPhy Argentina S. A. (hoy Marvell Argentina S.A.U.), fundada integralmente por miembros del laboratorio. Además, el LCD es y ha sido proveedor de desarrollos avanzada en informática y telecomunicaciones de empresas tales como Servicios Tecnológicos Integrados (STI) S. R. L., Skyloom, Ceragon Argentina, CONAE, Osmium, entre otros.

Siempre ha existido en el LCD el convencimiento de que seguir este ciclo virtuoso convierte a la ciencia argentina en el motor de un desarrollo, un desarrollo que es de alto valor agregado y que potencia productivamente a nuestro país en beneficio de la sociedad en su conjunto.



XII JORNADAS DE CLOUD COMPUTING, BIG DATA & EMERGING TOPICS

25 al 27 de junio

2024



Ponencias

Ponencias científicas y de empresas. Fomentando la interacción entre la academia y los sectores productivos



Conferencias y paneles

Relacionados con la disciplina. Participan académicos y profesionales



Consorcio

Consorcio de I+D+I en Cloud Computing, Big Data & Emerging Topic



INTELIGENCIA ARTIFICIAL VS. INTELIGENCIA NATURAL: ¿UN DILEMA PARA LA EDUCACIÓN?



DR. ING. URIEL CUKIERMAN

**DIRECTOR DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN
E INNOVACIÓN EDUCATIVA (CIIE-UTN.BA)**

**INTEGRANTE INSTITUTO DE EDUCACIÓN DE INGENIERÍA
(ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA)**



INTRODUCCIÓN

A fines del año 2022, la empresa OpenAI puso a disposición del público la aplicación ChatGPT, que consiste en un robot conversacional (chatbot) basado en inteligencia artificial, y desde entonces se ha generado una especie de fiebre que pareciera afectar todos los campos de la actividad humana, especialmente el laboral y el educativo. Sin embargo, este tema no es para nada nuevo y sus implicancias se vienen analizando y evaluando desde hace mucho tiempo. En efecto, en el año 1950 el genial Alan Turing, uno de los padres de la ciencia de la computación y precursor de la informática moderna, ya se formulaba la pregunta acerca de si las máquinas podían pensar. En este artículo se describirá brevemente la evolución que ha seguido esta temática a lo largo de los años, se describirán los conceptos asociados y, finalmente, se hará un análisis crítico de su potencial impacto en la educación.

HISTORIA Y CONCEPTOS INVOLUCRADOS

Como ya se mencionó en la introducción, fue Alan Turing el primero que planteó la posibilidad de que una máquina fuera capaz de pensar, de hecho, en el último párrafo de dicho artículo plantea la siguiente hipótesis: “Podemos esperar que las máquinas lleguen a competir con los hombres en todos los campos puramente intelectuales.” (Turing, 1950). Unos pocos años después se publica un artículo en el que se menciona por primera vez el concepto de Inteligencia Artificial (IA). Dicho trabajo es considerado la piedra basal de este nuevo campo y en él los autores se refieren a la IA de la siguiente manera:

Se intentará encontrar cómo hacer que las máquinas utilicen el lenguaje, formen abstracciones y conceptos, resuelvan tipos de problemas que ahora están reservados para los humanos y se mejoren a sí mismos. [...] Para el propósito actual, se considera que el problema de la inteligencia artificial consiste en hacer que una

máquina se comporte de una manera que se llamaría inteligente si un humano se comportara de esa manera.

(McCarthy, Minsky, Rochester, & Shannon, 1955)

Desde entonces y hasta la actualidad se han desarrollado una gran variedad de tecnologías y aplicaciones que utilizan o están relacionadas con la IA. No es el objetivo de este artículo realizar una descripción detallada de ellas, pero sí resulta pertinente mencionar algunos conceptos que surgieron a lo largo de estos años. Uno de ellos es el Aprendizaje Automático o Machine Learning (ML)¹, descrito por primera vez por Arthur Samuel en el año 1959 (Samuel, 1959) entendido como el uso y desarrollo de sistemas informáticos que son capaces de aprender y adaptarse sin seguir instrucciones explícitas, mediante el uso de algoritmos y modelos estadísticos para analizar y sacar inferencias a partir de patrones en los datos (Oxford English Dictionary, s.f.). Otro de dichos conceptos es el de Aprendizaje Profundo o Deep Learning (DL) que es un subconjunto de métodos del ML que se basan en redes neuronales artificiales. “Estos métodos han mejorado drásticamente el estado del arte en reconocimiento de voz, reconocimiento visual de objetos, detección de objetos y muchos otros dominios como el descubrimiento de fármacos y la genómica” (LeCun, Bengio, & Hinton, 2015). Para finalizar este somero repaso conceptual, cabe mencionar los Datos Masivos o Big Data (BD), que se refiere al manejo de grandes volúmenes de información facilitado por la accesibilidad y la conectividad que provee Internet. “El Internet de las Cosas (Internet of Things, IoT), es un efecto derivado de esta conectividad y un factor clave en la proliferación de los datos. La conectividad entre dispositivos y entre humanos y dispositivos genera una cantidad de datos considerable, nunca antes imaginada, que supone una oportunidad

¹ Se utilizan las siglas según los términos en Inglés

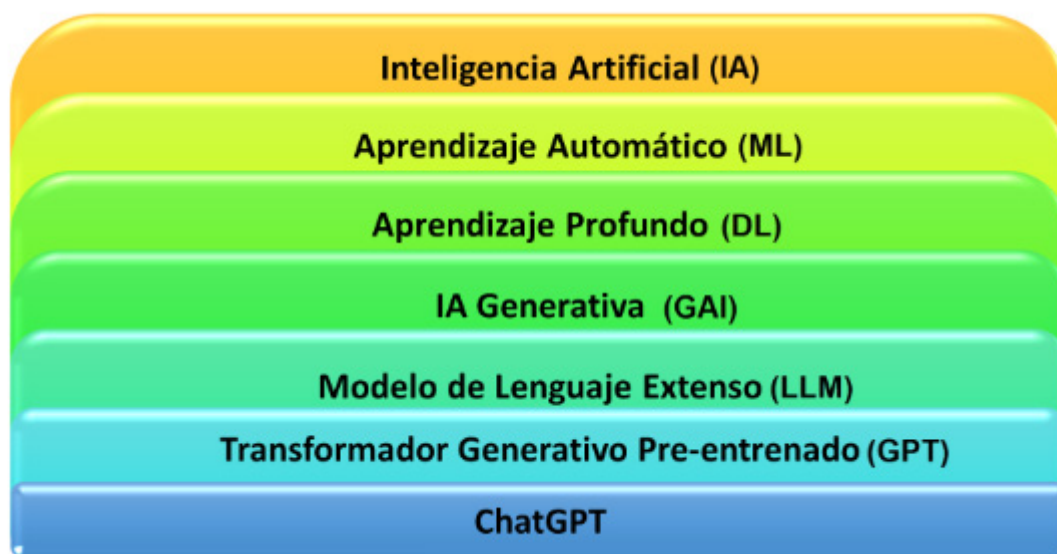


Figura. 1 Relación entre conceptos

en lo que respecta a su análisis y la toma de decisiones asociada” (Cukierman & Vendrell Vidal, 2020).

Cabe incluir en este racconto los conceptos de IA generativa o Generative AI (GAI), que consiste en la aplicación de la IA para crear contenidos, tales como texto, imágenes, sonidos, video e, inclusive, código de computación y los Modelos de Lenguaje Extenso o Large Language Models (LLM), que son modelos de ML que pueden entender, predecir y generar lenguaje humano. Finalmente, y como resultado de la aplicación de estas técnicas, surge el concepto de Transformador Generativo Pre-entrenado o Generative Pre-trained Transformer (GPT). El ChatGPT, mencionado en la introducción, es un chatbot basado en LLM desarrollado por la empresa OpenAI² y presentado públicamente el 30 de noviembre de 2022. Fue diseñado para comprender y generar texto en conversaciones en lenguaje natural, abarcando una amplia gama de temas y aplicaciones.

En la Figura 1 se muestra una representación gráfica de la relación entre todos los conceptos hasta aquí descriptos.

Cabe preguntarse entonces por qué el tema ha ganado tanta popularidad ahora, siendo que no es ninguna novedad. Se le hizo la consulta al propio sistema ChatGPT y esta fue la respuesta que ofreció:

Aunque es cierto que las herramientas de inteligencia artificial llevan mucho tiempo en el mercado, el impacto de modelos como ChatGPT suele atribuirse a la combinación de sus capacidades avanzadas, su escala y la forma en que se han hecho accesibles a un público amplio, fomentando la creatividad y la exploración de posibles aplicaciones.

Otra respuesta a este interrogante puede encontrarse en una fuente más tradicional, tal como lo es un artículo publicado a pocos días del lanzamiento de ChatGPT en el prestigioso Harvard Business Review:

Aunque hace tiempo que existen versiones de GPT, este modelo ha cruzado un umbral: Es realmente útil para una amplia gama de tareas, desde crear software a generar ideas de negocio o escribir un brindis de boda. Aunque las generaciones anteriores del sistema podían hacer técnicamente estas cosas, la calidad de los resultados era muy inferior a la producida por

² <https://openai.com/>

un humano medio. El nuevo modelo es mucho mejor, a menudo sorprendentemente. (Mollick, Harvard Business Review, 2022)

De lo que no cabe duda es que ésta es una tecnología que ha revolucionado al mundo. Prueba de ello es que ChatGPT alcanzó los 100 millones de usuarios en tan solo dos meses, lo que resulta muy llamativo comparado con los 9 meses que le llevó a la aplicación TikTok o los dos años y medio de Instagram (Hu, 2023) y es por eso por lo que amerita tenerla muy en cuenta y analizar su impacto en las diferentes áreas del quehacer humano y, en este caso en particular, en la educación. Cabe aquí mencionar lo que el reconocido historiador y escritor israelí Yuval Noah Harari dijo acerca del tema: “La IA ha hackeado el sistema operativo de la civilización humana” (Harari, 2023).

LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LA EDUCACIÓN

La utilización de la IA en el ámbito educativo tampoco es algo nuevo. Conceptos tales como Analíticas de Aprendizaje o Aprendizaje Adaptivo ya se vienen utilizando desde hace 20 años. “El primero de ellos deriva directamente de lo que se llama “Inteligencia de Negocios” y también de lo que se conoce como “Analíticas Web”, en ambos casos se trata de recolectar y analizar grandes volúmenes de información para facilitar la toma de decisiones y/o comprender el comportamiento de los usuarios” (Cukierman & Vendrell Vidal, 2020). Mucha investigación se ha realizado en estos años sobre la efectividad de las técnicas antes mencionadas. Así lo prueba una búsqueda en la base del Instituto de Ciencias de la Educación de los EUA³ que devuelve, para los conceptos “Adaptive learning” y “Learning analytics”, 815 y 1941 resultados respectivamente. Estas técnicas se han venido utilizando en general incorporadas en aplicaciones educativas o en entornos virtuales de enseñanza y aprendizaje del

tipo Moodle o BlackBoard con mayor o menor efectividad, pero claramente no alcanzaron el impacto y la trascendencia que están generando las aplicaciones de GAI. Así lo expresa también el reporte anual elaborado por EDUCAUSE (EDUCAUSE, 2023) el cual, en su edición de este año, ubica en el tope de la lista de tecnologías y prácticas claves que tendrán un impacto significativo en el futuro de la enseñanza y el aprendizaje postsecundario a las aplicaciones de la GAI y otras basadas en IA.

Ahora bien, cuando se analizan las primeras reacciones del mundo educativo, en particular de los docentes y las instituciones, frente a la aparición del ChatGPT y las demás herramientas similares, lo que se observa es miedo, y hasta pánico, tal como se describe claramente en decenas de publicaciones recientes (Heaven, 2023) (Mollick & Mollick, Why All Our Classes Suddenly Became AI Classes, 2023) (Bjork, 2023) (García-Peñalvo, 2023). Esta reacción se genera como consecuencia de la rápida adopción de esta herramienta por parte de los estudiantes que encuentran en ella una forma de elaborar sus tareas escolares sin esfuerzo y obteniendo resultados que satisfacen los estándares requeridos para su aprobación. Pero esta actitud tampoco es nueva, comportamientos similares se evidenciaron con el acceso a Internet, con el uso de la Wikipedia o con los variados sitios web tales como “Rincón del vago” o “monografías.com”, claro que ahora la facilidad de uso y los resultados superan con creces los de los anteriores recursos. En realidad, siempre la aparición de nuevas tecnologías ha generado este tipo de reacciones en los ámbitos educativos. Quien escribe este artículo recuerda claramente el revuelo que causó la aparición de las calculadoras electrónicas en la década del 70, o los teléfonos celulares en la década del 90 y las reacciones iniciales siempre fueron de rechazo y prohibición. Pareciera que todavía no se ha terminado de comprender que el problema no es la herramienta, sino su relación con el contenido y con el proyecto que le da sentido (Educ.ar, 2013). En líneas generales, las

³ <https://eric.ed.gov/>

preocupaciones de los docentes se refieren a la posibilidad de que los estudiantes “hagan trampa” al ser evaluados mediante el uso de la tecnología, ya sea con una calculadora, con un teléfono o, como se hacía cuando no existían las tecnologías digitales, por medio de los más sofisticados “machetes”, que podrían ser descriptos como una “tecnología analógica”. En síntesis, “El problema no es la tecnología, sino el uso que se hace de ella” (Palazzi, 2015) y la evaluación pareciera ser el “talón de Aquiles” de la educación ya que se trata nada más que de una instancia de verificación, en lugar de una oportunidad para seguir aprendiendo, utilizando la tecnología de la manera más apropiada. En palabras de Mariana Maggio,

Si queremos continuar educando cuando evaluamos y que los estudiantes sigan aprendiendo, entonces la evaluación tiene que dejar de ser una instancia de verificación de que lo que enseñamos parece haber sido aprendido para convertirse en una propuesta que genere consideraciones para mejorar nuestras prácticas (Maggio, 2018, pág. 93).

En este punto resulta crítico analizar el sentido último de la tarea docente, cual es preparar a los estudiantes “no para una vida de pruebas, sino para las pruebas de la vida” (Costa & Kallick, 2004, págs. 173, citado por Furman, 2021). Retomando el tema de la IA, cabe preguntarse entonces qué aportes puede realizar esta tecnología para el desarrollo de las habilidades de pensamiento, propias de los seres humanos y, en particular, del pensamiento crítico. Según Jenna Lyle, funcionaria del Departamento de Educación de la Ciudad de Nueva York, “si bien la herramienta puede proporcionar respuestas rápidas y fáciles a las preguntas, no desarrolla habilidades de pensamiento crítico y resolución de problemas, que son esenciales para el éxito académico y de por vida” (Heaven, 2023).

INTELIGENCIA NATURAL VS. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Tal como expresa Kate Crawford en su libro, “la IA no es artificial ni inteligente” (Crawford, 2022, pág. 29) y es por eso por lo que resulta imprescindible, especialmente en el ámbito de la Educación Superior, entender a qué nos referimos con inteligencia. En el mismo libro la autora cita a Dreyfus quien señala que “la inteligencia y la pericia humanas dependen en gran medida de muchos procesos, inconscientes y subconscientes, mientras que las computadoras requieren que todos los procesos y los datos sean explícitos y estén formalizados” (Greenberger, 1962, págs. 315, citado por Crawford, 2022). En este artículo, al mencionar la “inteligencia natural” se hace referencia a la inteligencia humana que involucra varios tipos diferentes de inteligencias, tal como describe Gardner en su Teoría sobre las Inteligencia Múltiples (Gardner, 2014). Desarrollar dichas inteligencias es la tarea primordial de la educación y para ello es factible, y casi se diría que inevitable en la realidad actual, valerse de la IA. Lo primero que no debe hacerse es prohibir su uso, como se hizo muchas veces con otras tecnologías en el pasado, con resultados siempre negativos. Lo segundo es aprender a utilizarla, mediante la lectura de fuentes apropiadas, la propia práctica en su uso, la colaboración entre docentes y, por qué no, en conjunto con los estudiantes. Además, es necesario comprender que, como toda tecnología, no es neutral y puede incorporar sesgos e inexactitudes de todo tipo.

“La IA no solo es una parte del proceso de replantear e intervenir el mundo, sino una forma fundamentalmente política de hacer el mundo, aunque rara vez se la reconozca como tal. Este proceso es no democrático, dominado por las grandes casas de la IA, que constan de media docena de compañías que dominan la computación planetaria a gran escala.” (Crawford, 2022, pág. 43)

En efecto, los resultados que ofrecen aplicaciones como ChatGPT están basados en datos que están sesgados o se analizan con

algoritmos inadecuados, y por lo tanto los sesgos originales y quizás no identificados pueden hacerse más notorios y tener un mayor impacto (UNESCO, 2021).

Una manera sencilla y práctica para ayudar a determinar en qué casos es seguro usar ChatGPT, consiste en realizar el análisis recomendado en un documento de la UNESCO (UNESCO, 2023) y que se reproduce traducido en la Fig. 2 (Tiulkanov, 2023)

Es menester entonces encontrar la forma en que la IA sea puesta al servicio del desarrollo de la inteligencia natural y, en ese sentido, es fundamental que la educación promueva el pensamiento crítico, que requiere de las siguientes habilidades:

- Buscar activamente todas las facetas de un argumento⁴

⁴ Argumento entendido como "Razonamiento para probar o demostrar una proposición, o para convencer de lo que se afirma o se niega." (Definición de la RAE)

- Probar la solidez de las afirmaciones realizadas
- Probar la solidez de la evidencia utilizada para respaldar las afirmaciones

La pregunta sería entonces, cómo hacer para poner las herramientas de IA al servicio del pensamiento crítico, como camino para el desarrollo de la inteligencia natural. Por lo tanto, el dilema planteado en el título de este artículo no es tal ya que, si se admitiera que la inteligencia natural o humana fuera reemplazada por la IA, entonces sí se habría cumplido la profecía de Harari respecto del hackeo del sistema operativo de la civilización humana.



Figura. 2 Cuándo es seguro usar ChatGPT

No es el objeto de este artículo describir estrategias específicas para utilizar la IA en el ámbito educativo. De hecho, ya se han publicado varias y muy valiosas guías que pueden ser utilizadas como referencia, tales como:

- [UNED \(España\)](#)
- [Ministerio de Educación \(Chile\)](#)
- [Tecnológico de Monterrey \(México\)](#)
- [UNESCO 1](#)
- [UNESCO 2](#)
- [UNAM \(México\)](#)

Una de las claves de una educación efectiva, es que los estudiantes aprendan a hacer buenas preguntas más que a dar las respuestas correctas. “Si queremos que los alumnos sigan potenciando su curiosidad, construyan pensamiento crítico y habilidades de reflexión e investigación, necesitamos dar lugar a sus inquietudes, y también enseñarles a plantear buenas preguntas.” (Furman, 2021, pág. 150). Y es esa una de las estrategias claves para la apropiada utilización de la IA en las aulas. La calidad de la respuesta que ofrecen los sistemas de GAI depende en gran medida de cómo se realice la pregunta, lo que en la jerga técnica se conoce como “prompt”, y que se puede describir como cualquier forma de texto, pregunta, información o codificación que se le plantea a la IA para obtener la respuesta que se está buscando. Dependiendo de la forma en que se expresa la pregunta o “prompt”, la IA podría proporcionar respuestas diferentes. He ahí la importancia de aprender a hacer las preguntas correctas. La IA es una tecnología más y, como cualquier otra tecnología, puede ser utilizada para el bien o para el mal. El gran desafío es entonces entender y aprender a utilizarla en beneficio de la humanidad. La inteligencia natural es lo que caracteriza a los seres humanos y, si se permitiera que esta característica quede a cargo de las máquinas, entonces los seres humanos estarían condenados a ser reemplazados por ellas.

REFERENCIAS

- Bjork, C. (2023, Abril 5). The Conversation. Retrieved Noviembre 20, 2023, from <https://theconversation.com/dont-fret-about-students-using-chatgpt-to-cheat-ai-is-a-bigger-threat-to-educational-equality-202842>
- Costa, A. L., & Kallick, B. (2004). *Assessment Strategies for Self-Directed Learning*. Corwin Press.
- Crawford, K. (2022). *Atlas de la Inteligencia Artificial*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Cukierman, U., & Vendrell Vidal, E. (2020). *Aprendizajes reales en ambientes virtuales. El rol de la tecnología en la era de la Inteligencia Artificial y el Big Data*. Cuaderno de Pedagogía Universitaria, 17(34), 59-67.
- Educ.ar. (2013, Octubre 21). Portal Educ.ar. Retrieved Noviembre 20, 2023, from <https://www.educ.ar/recursos/120640/edith-litwin-los-desafios-y-los-sinsentidos-de-las-nuevas-te>
- EDUCAUSE. (2023). *2023 EDUCAUSE Horizon Report | Teaching and Learning Edition*. Boulder. Retrieved Noviembre 20, 2023, from <https://library.educause.edu/-/media/files/library/2023/4/2023hrteachinglearning.pdf>
- Furman, M. (2021). *Enseñar distinto*. Buenos Aires: Siglo veintiuno editores.
- García-Peñalvo, F. J. (2023). La percepción de la Inteligencia Artificial en contextos educativos tras el lanzamiento de ChatGPT: disrupción o pánico. *Education in the Knowledge Society*, e31279, 24. doi:<https://doi.org/10.14201/eks.31279>
- Gardner, H. (2014). *Inteligencias Múltiples - La Teoría En La Práctica*. Buenos Aires: Paidós.
- Greenberger, M. (1962). *Management and the Computer of the Future*. New York: John Wiley and Sons.

- Harari, Y. N. (2023, Abril 28). The Economist. Retrieved Noviembre 19, 2023, from <https://www.economist.com/by-invitation/2023/04/28/yuval-noah-harari-argues-that-ai-has-hacked-the-operating-system-of-human-civilisation>
- Heaven, W. D. (2023, Mayo/Junio). The education fo ChatGPT. MIT Technology Review, pp. 42-47.
- Hu, K. (2023, Febrero 2). Reuters. Retrieved Noviembre 19, 2023, from <https://www.reuters.com/technology/chatgpt-sets-record-fastest-growing-user-base-analyst-note-2023-02-01/>
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton , G. (2015). Deep learning. Nature, 521, 436-444.
- Maggio, M. (2018). Reinventar la clase en la universidad. Buenos Aires: Paidós.
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. (1955, Agosto 31). Stanford university. Retrieved Noviembre 15, 2023, from <http://jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf>
- Mollick, E. (2022, Diciembre 14). Harvard Business Review. Retrieved Noviembre 19, 2023, from <https://hbr.org/2022/12/chatgpt-is-a-tipping-point-for-ai>
- Mollick, E., & Mollick, L. (2023, Febrero 9). Why All Our Classes Suddenly Became AI Classes. Must Reads. Harvard Business Publishing Education , pp. 26-32.
- Oxford English Dictionary. (n.d.). Retrieved Noviembre 15, 2023, from <https://www.oed.com/>
- Palazzi, C. (2015, Abril 2). Faro de Vigo. Retrieved Noviembre 20, 2023, from <https://www.farodevigo.es/salud/2015/04/02/problema-tecnologia-16932218.html>
- Querci della Rovere, E. (2023, Noviembre). LinkedIn. Retrieved Noviembre 19, 2023, from https://www.linkedin.com/posts/edoardoquercidellarovere_spesso-mi-capita-di-leggere-e-sentire-conversazioni-activity-7126095949738721280-amQI?utm_source=share&utm_medium=member_desktop
- Samuel, A. L. (1959). Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers. IBM Journal of Research and Development, 3(3), 210-229.
- Tiulkanov, A. (2023, Enero 19). LinkedIn. Retrieved from https://www.linkedin.com/posts/tyulkanov_a-simple-algorithm-to-decide-whether-to-use-activity-7021766139605078016-x8Q9?utm_source=share&utm_medium=member_desktop
- Turing, A. M. (1950). Computinh Machinery and Intelligence. Mind, 49, 433-460.
- UNESCO. (2021). Inteligencia artificial y educación. Guía para las personas a cargo de formular políticas. París.
- UNESCO. (2023). ChatGPT and Artificial Intelligence in Higher Education. Caracas.

CONFERENCIAS Y PANELES

CONFERENCIA DE LA ING. MARÍA BEATRIZ BARBIERI.

El miércoles 25 de octubre de 2023, en la Sala de Conferencias del Departamento de Electrotecnia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, se realizó el acto de incorporación formal de la Ing. Beatriz Barbieri, como Miembro Titular de la Academia de la Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires.

La Académica Presidente, Ing. Patricia Arnera, realizó la apertura de la sesión pública y la presentación de la Ing. Barbieri, quien previo a brindar la conferencia “La transición energética, los sistemas eléctricos y la integración de las renovables”, realizó una semblanza del Ing. Luis Julián Lima, sitio que ha elegido ocupar.

La Ing. María Beatriz Barbieri es Ingeniera en Telecomunicaciones (1984) de la UNLP. Especialista en Sistemas Eléctricos de Potencia. Es miembro del Instituto de Investigaciones Tecnológicas para Redes y Equipos Eléctricos (IITREE). Se dedica al análisis y estudio de Sistemas Eléctricos de Potencia en sus distintas condiciones de funcionamiento. Realizó en 1989 una estancia en el Centro Electrotécnico Sperimentale Italiano (CESI), Milán, Italia participando en estudios de Transitorios de redes de transmisión eléctrica y pruebas de altas corrientes. Ha realizado numerosos trabajos informados en más de 700 documentos para las principales empresas de servicios eléctricos e industrias de Argentina y otros países de la región latinoamericana. Es profesora Titular en la Facultad de Ingeniería de la UNLP.



Ing. María Beatriz Barbieri

Link a la conferencia:

<https://www.youtube.com/watch?v=dvIJZ5CXk-I&t=16s>

Resumen:

Los sistemas eléctricos juegan un papel fundamental en la transición energética ya que integran a las energías renovables a su matriz más fácilmente y pueden transformarse casi completamente en un sistema "verde". Hoy la energía eléctrica representa el 22% del consumo total de energía y solo el 28% es renovable, hacia el año horizonte de la transición año 2050 representará alrededor del 50% y la matriz energética tendrá alrededor del 90% de energías renovables, de los cuales el 70% serán solar fotovoltaica y eólica.

La Generación Sincrónica es la base de los Sistemas Eléctricos interconectados actuales. Se usa desde hace más de 100 años, es una tecnología madura. La generación eólica, solar fotovoltaica y las baterías se conectan a la red en su gran mayoría a través de inversores. A medida que se siga reemplazando la Generación Sincrónica por Inversores, o sea que la penetración de Inverso-

res sea cada vez mayor, se perderá la fortaleza de la red y es necesario cambiar los sistemas de control de los inversores para que pasen de Seguidores de Red a Formadores de Red. Los operadores de red y los fabricantes en el mundo están tratando de establecer los requerimientos necesarios para los sistemas Formadores de Red, de modo que en los Sistemas de Potencia Interconectados pueda existir una penetración de generación renovable del orden del 100% y puedan soportar establemente los disturbios sin que colapse el sistema.

La Ing. Barbieri expuso sobre los principios de funcionamiento y fortaleza de los sistemas eléctricos actuales y el desafío que se presenta para los operadores de la red en cuanto a los requerimientos de los nuevos sistemas de generación en base a inversores



CONFERENCIA DEL DR. ING. OSVALDO AGAMENNONI

El miércoles 8 de mayo de 2024, en la Sala de Conferencias del Departamento de Electrotecnia de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, se realizó el acto de incorporación formal del Dr. Ing. Osvaldo Agamennoni, como Miembro Correspondiente de la Academia de la Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires. Luego de la apertura de la sesión pública realizada por la Ing. Patricia Arnera, El Académico Dr. Ing. Carlos Muravchik realizó la presentación del Dr. Ing. Osvaldo Agamennoni, quien acto seguido brindó la conferencia "Una visión sistémica de nuestro cerebro".

El Dr. Agamennoni es Ing. Electricista (1979) y Dr. En control de Sistemas (1991) de la Universidad Nacional del Sur. Profesor Emérito de la Universidad del Sur (2023). Investigador superior jubilado de la CIC (2022). Senior Member del IEEE (2000). Mención de Honor al Valor Científico del Honorable Senado de la Nación Argentina (2017). Autor y coautor de 174 presentaciones en Congresos científicos. 63 publicaciones en revistas, 10 capítulos de libros y un libro. 12 trabajos de transferencia tecnológica. Uno de ellos realizado para la I.C.I. (Imperial Chemical Industries) recibió el "ICEE Award" del año 1993 a la mejor innovación tecnológica de ese año en todo el conglomerado de la I.C.I. Del grupo de investigación a su cargo en la UNS surgió el start up ViewMind convertido hoy en una empresa internacional.

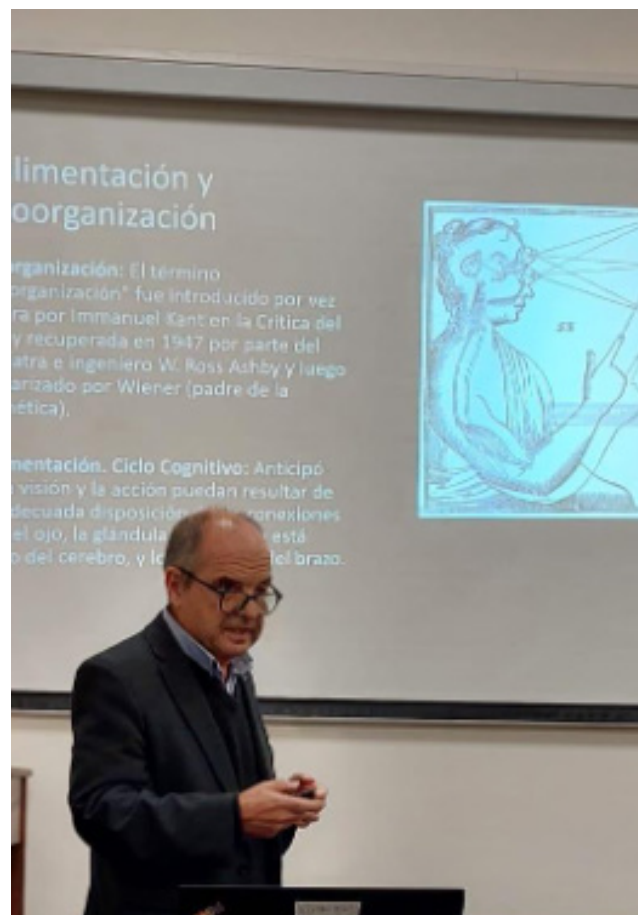


Dr. Ing. Osvaldo Agamennoni



Resumen:

El comportamiento dinámico de nuestro cerebro es uno de los más complejos y fascinantes conocidos. En la charla, el Dr. Agamennoni abordó el sistema nervioso humano, en especial el cerebro, desde una perspectiva sistémica que permite aproximarse mejor a su funcionamiento. En particular Expuso de qué manera las herramientas de los sistemas de control realimentado y de los sistemas autoorganizados nos facilita el abordaje. Realizó una breve revisión histórica de los diversos enfoques sistémicos más conocidos. También presentó algunos estudios llevados a cabo en su laboratorio vinculados con el análisis de diversas capacidades cognitivas vinculadas con el funcionamiento cerebral, finalizando con la descripción del diagnóstico de posibles dolencias que pueden detectarse tempranamente.





ACADEMIA DE LA INGENIERIA
DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

DECLARACIÓN DE LA ACADEMIA DE LA INGENIERIA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

La Academia de la Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires, en su carácter de institución científico-técnica que nuclea a profesionales de la Ingeniería, desea manifestar su convicción de que la Ciencia y la Tecnología resultan pilares fundamentales para el desarrollo del país.

Asimismo, la capacidad de formar profesionales de calidad y generar conocimiento desde las Universidades resultan elementos estratégicos para afrontar los grandes desafíos de la sociedad actual, en todo el mundo.

En particular en las Universidades públicas, se brinda un acceso equitativo a la educación, se suele abordar la investigación enfocada a desafíos locales y globales, siendo motores económicos en sus comunidades, atrayendo talento, inversión y oportunidades de empleo.

Por todo lo anterior, esta Academia insta a las autoridades estatales, a mantener y potenciar los diferentes programas e instituciones cuyo objetivo es consolidar la calidad de los profesionales que se forman en las Universidades, a la generación de conocimiento (teórico y aplicado) que es la base para la solución de problemas concretos del país, así como fortalecer la capacidad científica y tecnológica de la República Argentina para competir en un mundo basado en el conocimiento, en el dominio de la tecnología y en la capacidad de agregar valor a los recursos naturales del país.



RELACIONES INSTITUCIONALES DE LA ACADEMIA

REUNIÓN CON EL DR. ROBERTO SALVAREZZA, PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

El 11 de abril de 2024, la Ing. Patricia Arnera y el Ing. Armando De Giusti, Presidente y Vicepresidente de la Academia de la Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires, fueron recibidos por el Dr. Roberto Salvarezza, actual Presidente de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires, institución con la cual la Academia posee un convenio de cooperación mutua que fuera firmado en el año 2016.

En un ámbito de gran cordialidad, la conversación se desarrolló señalando la importancia de la ingeniería en el desarrollo económico de la sociedad. A través de ella se logra la mejora de infraestructura y soluciones tecnológicas que permite el aumento de la riqueza y del nivel de vida de la población. El Dr. Salvarezza señaló las áreas temáticas, vinculadas a la ingeniería, que resultan de gran interés para la CIC, la mayoría de las cuales coinciden con temas tratados por

nuestra Academia en ediciones anteriores de In-Genium, como han sido Agua, Energía, Desarrollo Sostenible y Formación de Recursos Humanos.

Sobre este último tema, se coincidió en la necesidad de realizar campañas de difusión en las cuales se encuentren involucrados y estén destinadas a los jóvenes, con el fin de despertar mayor cantidad de vocaciones tempranas que se vinculen a las áreas de ciencia y tecnología.

En el encuentro se evaluaron las posibilidades de desarrollar trabajos en común que permitan fortalecer los lineamientos estratégicos de ambas instituciones, proponiendo generar una agenda en común para los próximos 12 meses.



FIRMA DE CONVENIO MARCO ENTRE ISTECS Y ACADEMIA DE LA INGENIERÍA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

El 3 de abril de 2024, se reunieron la Dra. Marisa R. de Giusti, Presidenta del Consorcio Iberoamericano para la Educación en Ciencia y Tecnología (ISTEC Ibero-American Science & Technology Education Consortium) y la Ing. Patricia L. Arnera, Presidenta de la Academia de la Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires.

Este encuentro tuvo como objetivo principal la firma de un convenio marco entre ambas instituciones. El propósito de este acuerdo es impulsar actividades conjuntas y programas de trabajo para la generación, difusión y aplicación de conocimiento científico y tecnológico en sectores productivos y sociales, así como promover las carreras de Ingeniería en diversos ámbitos.

Esta colaboración estratégica entre ISTECS y la Academia de la Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires, a través de la compartición de datos y tareas comunes, apunta a fortalecer el desarrollo científico y tecnológico en

nuestra región, y su sinergia a impactar de manera positiva en la sociedad, destino último de tales quehaceres.

El Consorcio Iberoamericano para Educación en Ciencia y Tecnología (ISTEC por sus siglas en inglés) es una organización sin fines de lucro, surgida en Iberoamérica y basada en una filosofía de cooperación y socialización que rige todas sus prácticas. Creado en 1990 como un facilitador entre la academia, las empresas y los organismos nacionales e internacionales vinculados a la ciencia y la tecnología impactó fuertemente en la comunidad académica, no sólo por su concepción de vinculación tripartita sino por su modo operativo a través de iniciativas creadas para suplir las debilidades y aprovechar oportunidades. La visión del ISTECS es constituirse en una fuerza líder en impulsar el cambio socioeconómico y educativo en Iberoamérica, creando prosperidad y mejorando la calidad de vida en la región.



INSTITUCIONES CON LAS CUALES SE HAN FIRMADO CONVENIOS

 <p>Istec IBERO AMERICAN SCIENCE & TECHNOLOGY EDUCATION CONSORTIUM</p>	<p>Consortio Iberoamericano para Educación en Ciencia y Tecnología (ISTEC: Ibero-American Science & Technology Education Consortium)</p> <p>03.04.2024. istec.org</p>	 <p>UTN.BA</p>	<p>Universidad Tecnológica Nacional Regional Buenos Aires - UTN-FRBA</p> <p>17.03.2022. frba.utn.edu.ar</p>
 <p>UTN AVELLANEDA</p>	<p>Universidad Tecnológica Nacional Regional Avellaneda - UTN-FRA</p> <p>28.09.2023. fra.utn.edu.ar</p>	 <p>UNICEN Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires</p>	<p>Universidad Nacional del Centro UNICEN</p> <p>01.02.2022. unicen.edu.ar</p>
 <p>ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERIA ANI</p>	<p>Academia Nacional de Ingeniería ANI</p> <p>08.05.2023. acading.org.ar</p>	 <p>UNLZ</p>	<p>Universidad Nacional de Lomas de Zamora - UNLZ</p> <p>29.09.2021. unlz.edu.ar</p>
 <p>UNSAdA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO DE ARECO</p>	<p>Universidad Nacional de San Antonio de Areco - UNSAdA</p> <p>15.03.2023. unsada.edu.ar</p>	 <p>UNLaM</p>	<p>Universidad Nacional de La Matanza - UNLAM</p> <p>16.09.2021. unlam.edu.ar</p>
 <p>LEMIT LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO PARA LA INVESTIGACION TECNOLÓGICA</p>	<p>Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica LEMIT-CIC</p> <p>15.02.2023. lemit.gov.ar</p>	 <p>UNS UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR</p>	<p>Universidad Nacional del Sur UNS</p> <p>29.12.2020. uns.edu.ar</p>
 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL de MAR DEL PLATA</p>	<p>Universidad Nacional de Mar del Plata - UNMDP</p> <p>09.09.2022. mdp.edu.ar</p>	 <p>UNNOBA UNIVERSIDAD NACIONAL NOROESTE BUENOS AIRES</p>	<p>Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires UNNOBA</p> <p>03.12.2020. sitio.unnoba.edu.ar</p>
 <p>Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Mar del Plata</p>	<p>Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata - FI-UNMDP</p> <p>03.05.2022. fi.mdp.edu.ar</p>	 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA</p>	<p>Universidad Nacional de La Plata UNLP</p> <p>23.10.2020. unlp.edu.ar</p>
 <p>UTN La Plata</p>	<p>Universidad Tecnológica Nacional Regional La Plata - UTN-FRLP</p> <p>26.09.2022. frlp.utn.edu.ar</p>	 <p>CIC COMISIÓN DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS</p>	<p>Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires - CIC</p> <p>28.06.2016. cic.gba.gov.ar</p>
 <p>UTN FACULTAD REGIONAL DELTA</p>	<p>Universidad Tecnológica Nacional Regional Delta - UTN-FRD</p> <p>08.07.2022. frd.utn.edu.ar</p>		

HOMENAJE A UNA PERSONALIDAD

DESTACADA EN LA INGENIERÍA

ING. CARLOS JOSÉ ROCCA

PRESIDENTE HONORARIO DE ESTA ACADEMIA

CARLOS JOSÉ ROCCA, distinguido profesional de la Ingeniería Argentina por su extensa trayectoria tanto en el ámbito del estado como del sector privado, fue un hombre sumamente interesado en el bien común, un intelectual inquieto que sentó la base de su actuación en el conocimiento científico y el compromiso con la sociedad.

Nació el 8 de septiembre de 1923, creció en el ámbito de una familia humilde, de clase trabajadora, y perteneció a la generación en la que el acceso a la educación pública y gratuita le permitió su ascenso social. Su paso por el Colegio Nacional de la UNLP le permitió conocer el saber de ilustres profesores como Henriquez Ureña, Martínez Estrada, F.Charola, F.Maffei, J.C.Romero Brest; J. A. Rodríguez Cometa, H.Magliano, Loedel Palumbo entre otros. Ya en la Facultad de Ingeniería, desarrolla una intensa actividad como miembro del Consejo Académico, y de la Asamblea Universitaria, cuando conoce a Alejandro Korn, Alfredo Palacios y otras figuras relevantes del pensamiento filosófico y de la política universitaria. Y como activo militante estudiantil socialista en la Federación Universitaria, vocación que continuó dentro del Socialismo Democrático y que lo llevó a las elecciones de 1973 como candidato a Intendente de La Plata.

Entre los años 1947 y 1953 se graduó en la Universidad Nacional de La Plata como Agri-

mentor, Ingeniero Civil e Ingeniero Hidráulico, formación de base que fue ampliada con la realización de cursos de posgrado en la Facultad de Ciencias Económicas de la UNLP y de Arquitectura de la UCALP. Profundizó sus conocimientos en materia de planificación a través de becas de perfeccionamiento ganadas por concurso realizadas en el exterior del país. Una, otorgada por la Organización de Estados Americanos O.E.A. realizada durante el año 1966 en el Centro de Estudios Cooperativos y Laborales de Jerusalén en Israel, sobre el tema de "Planificación y Urbanización de zonas". La otra realizada durante el año 1967, en el Instituto Bauwcentrum de Rotterdam en Holanda sobre el tema "Planificación de viviendas. Ministerio de Obras Públicas". Sendas experiencias, que derivaron hacia nuevos campos temáticos y a la gestión pública factibles de implementar en el MOPBA, le permitieron adentrarse en el conocimiento interdisciplinario y la práctica de la Planificación como herramienta de la política para el desarrollo, modelo desarrollista imperante en América Latina en los años 60, inspirado en las estrategias de reconstrucción de Europa en la posguerra.

Ya en el ámbito del Estado, inició su carrera laboral como calculista geodésico en el Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires como jefe del Departamento Geodésico -Topográfico de la Dirección



de Geodesia del MOP entre los años 1957 y 1967, donde condujo la edición de Cartas y Planos Topográficos entre los cuales se destaca la Carta de la Provincia de Buenos Aires a escala 1:400.000 de 1962. Entre otras acciones, durante su gestión en el Departamento de Geodesia implementó el Primer Gabinete Fotogramétrico de la Provincia, y comenzaron los levantamientos sistemáticos encuadrados en el Plan Cartográfico Provincial organizándose los servicios de Fotointerpretación y de cartas satelitarias. En su labor en la administración pública supo combinar los desarrollos técnicos con la capacitación permanente y participación como delegado del MOP en Congresos, Seminarios y reuniones de expertos organizadas por el Instituto Panamericano de geografía e historia (1956-66). Preocupado por la divulgación de los trabajos y avances realizados en los distintos temas de su actuación fundó en el

año 1967 la “Revista de Geodesia” que pasó a ser una publicación técnica especializada de la Dirección de Geodesia del MOP.

Transcurridos 10 años en el área de Geodesia, fue nombrado secretario técnico del Instituto de la Vivienda MOP hasta el año 1967, ámbito en el cual volcó los conocimientos y la experiencia vivida en Israel y Holanda. Luego de un período laboral en el ámbito privado, como reconocido experto en temas vinculados a la planificación territorial y la obra pública, se desempeñó en los cargos de: Director del CEAMSE Cinturón Ecológico Área Metropolitana Sociedad del Estado (1979-80); Subsecretario de Urbanismo y Vivienda del Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires; Presidente de la Comisión de Obras del Teatro Argentino de La Plata (1982-83); y Director de Ferrocarriles Argentinos (1983)

En la Facultad de Ingeniería se desempeñó

como docente de la cátedra de Topografía y dictó numerosos cursos y conferencias sobre temáticas vinculadas a la Agrimensura como Catastro geométrico parcelario, Legislación catastral, Sobrantes y tolerancias, y a la Ingeniería asociada al Transporte, Ingeniería en percepción remota, y a referentes de la Ingeniería Argentina como Hilario Magliano, Luis Huergo, Luis Monteverde; Carlos Casaffousth, entre otros encuentros organizados en la Universidad Popular Alejandro Korn, en el Centro de Ingenieros Pcia. de Buenos Aires, y en distintos posgrados de Unidades Académicas del país y del extranjero. Por su trayectoria y formación humanista integró la "Catedra Libre del Pensamiento Hebreo" de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, y la "Catedra Libre Alejandro Korn" ambas pertenecientes a la UNLP.

Siempre motivado a interpretar la complejidad de la ciudad el territorio, las relaciones sociales y las formas de gestión pública que canalicen actuaciones proactivas en beneficio del conjunto social, dejó expresadas sus ideas en distintas publicaciones científicas vinculadas a la Agrimensura e Ingeniería, y de divulgación en diarios locales de La Plata y la región particularmente aquellas que podrían contribuir a mejoras de los sectores sociales más vulnerables y de las infraestructuras para la producción.

Sus temas de mayor interés para aportar a la discusión fueron: la reactivación del Puerto La Plata, del Aeropuerto y de los servicios ferroviarios de La Plata región capital; la protección de los cursos de agua de la región y en particular del Arroyo del Pescado, estudio que dio lugar a la Ley de Protección del Paisaje de la cuenca del Arroyo El Pescado, y la legislación urbanística y el ordenamiento territorial, y defensor del Decr. Ley 8912 /77. Pero también destacando y divulgando nuevas prácticas en materia de registro cartográfico y Planificación física, como son el sistema de sensores remotos y distintas herramientas tecnológicas para levantamiento topográfico. Le interesaba estar al tanto del manejo de las nuevas tecnologías, ponerlas a prueba en sus tareas profesionales y que-

hacer cotidiano, como el uso de herramientas digitales, páginas web, redes sociales e internet. Esto le valió el reconocimiento de la empresa del servidor Netwerk como el cliente más longevo, quien a los ochenta y cinco años y su entusiasmo por comunicarse, lo llevo a tratar con el físico británico Stephen Hawking para felicitarlo por numerosos reconocimientos recibidos por sus investigaciones.

Su temprana actuación política en el ámbito universitario desde el partido Socialista le proporcionó una fuerte amistad con el Dr. Rene Favalaro cuando, a pesar de estar en distintos partidos políticos, les tocó enfrentar regímenes gobernantes autoritarios. Su constante interés por construir conocimiento a partir del análisis crítico de la realidad, lo llevó a cursar el Profesorado de Historia en La Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de la UNLP. De este perfil de interés, donde Rocca asocia las perspectivas históricas y la política, surge una profusa producción literaria bajo el formato de biografía situada en gran parte publicada.

En su condición de escritor obtuvo el Premio de la Fundación Américo Ghioldi en concurso abierto sobre el pensamiento del dirigente socialista argentino, y es autor de un centenar de ensayos y biografías entre las que figuran "Hilario Magliano y su actuación docente"; "El ingeniero Luis Huergo y la generación del 80"; "Alejandro Korn y Juan B. Justo en el socialismo argentino" "Rodolfo Mondolfo y el socialismo democrático" "Rafael Grinfeld y el precio de la Investigación Científica en Argentina"; "Alejandro Korn un pensador de lo nuestro"; "Juan Bialet Masse sobre el Dique San Roque"; "Jose María Lunazzi. Semblanzas de un socialista libertario"; "Francisco Romero Delgado y la Reforma Universitaria", "Dr. René Favalaro", "La actividad política de Alejandro Korn" y "El pensamiento socialdemócrata italiano" entre otros trabajos de interés histórico social, publicó el libro "Juan B. Justo y su entorno" un estudio pormenorizado del fundador del Partido Socialista en la Argentina.

Con relación a la actuación en distintos ámbitos institucionales fue muy importante su

labor en dos períodos como presidente del Centro de Ingenieros Provincia de Buenos Aires, en cuyo ejercicio creó el Instituto de Tasaciones de la Provincia de Buenos Aires y la Academia de la Ingeniería, institución en la que más tarde presidió y fue su Presidente Honorario. Desde el ámbito vinculado a la actividad profesional se desempeñó como director de la Caja de Previsión Social para Profesionales de la Ingeniería de la Pcia. de Buenos Aires (1975-79).

También fue electo vicepresidente de la Unión de Asociaciones de Ingenieros (1981-82) (1982-84) y Director de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingenieros participando en congresos nacionales e internacionales sobre aspectos disciplinares de la Ingeniería Civil, Transporte y Ambiente, y tomando posición sobre el rol de la Ingeniería en los procesos de transformación territorial y el impacto sobre el medio ambiente. Entre otros ámbitos participo como relator interno sobre los temas de ingeniería de Transporte en la Convención Panamericana en Rio de Janeiro (1976) y en Santiago de Chile (1978)

A partir de su actuación como vicepresidente del "Instituto de Intercambio Científico y Cultural Argentino Israelí" de La Plata fue recibido en la Universidad de Tel Aviv y otras entidades académicas y culturales de ese país donde disertó sobre temas de ingeniería civil, levantamientos aero fotogramétricos y sistemas vinculados al cooperativismo.

Como incansable trabajador en el ámbito público e institucional, también tuvo su paso en la actividad privada como Director Fundador de Geocart Consultora de Ingeniería, Arquitectura y Agrimensura donde compartió con sus tres hijos la dedicación a labores profesionales. Entre las principales actividades desarrolladas se destaca el asesoramiento técnico de Empresas industriales para la realización de obras civiles e infraestructuras entre los años 1966 al 2000: a Empresas de urbanización y desarrollo de barrios urbanos Ezcurra Medrano S.A.; Giardino S.R.L., Caputo S.A. ,Di Tullio, y proyectos de obras de ingeniería Industrial de OFA S.A; Picardo

S.A., Frigorífico Gorina S.A.; TEXLEN S.A. entre otras. Por otra parte, creó en 1990, junto a su esposa la profesora Maria Carmen Lentini, el Instituto de Planificación y Protección Ambiental IPPA, pionero en la región en introducir la variable ambiental en los proyectos de ingeniería.

El legado del Ing. Carlos José Rocca trasciende tanto por sus obras de agrimensura e ingeniería materializadas, como en sus pensamientos e ideales volcados en las distintas Instituciones que participó y en las decenas de libros editados, y muestra un claro ejemplo a reproducir en las futuras generaciones para posibilitar el definitivo desarrollo de nuestro país y su gente.

COMITÉ EDITORIAL

N° 7

En la elaboración de los contenidos de este número han participado los siguientes Académicos Titulares:

ARNERA, Patricia L.
DE GIUSTI, Armando E.
IGOLNIKOW, Roberto
MURAVCHIK, Carlos
OCTTINGER, Carlos
RINGEGNI, Pablo L.

EQUIPO EDITORIAL

Periodistas

Valentín Altavista
Leopoldo Actis Caporale

Diseñadora

Abril Buffarini

ACADEMIA DE LA INGENIERÍA DE LA PROV. DE BUENOS AIRES

MESA DIRECTIVA

Presidente

Ing. Patricia L. Arnera

Vicepresidente

Ing. Armando E. De Giusti

Secretario

Dra. María Inés Valla

Prosecretario

Ing. Alberto Venero

Tesorero

Ing. Pedro E. Battaiotto

Protesorero

Ing. Roberto M. Flores

ÓRGANO DE FISCALIZACIÓN

Revisor de cuentas

Dra. Noemí E. Zaritzky

Revisor de cuentas

Ing. Victorio Hernández Balat

ACADÉMICOS TITULARES

ARNERA, Patricia L.

BACCHIEGA, Jorge Daniel

BARBIERI, María Beatriz

BASSO, Gustavo

BATTAIOTTO, Pedro E.

BLASCO DIEZ, Julio A.

DE GIUSTI, Armando E.

FLORES, Roberto

GIOVAMBATTISTA, Alberto -

HERNÁNDEZ BALAT, Victorio

IGOLNIKOW, Roberto

IRASSAR, Edgardo Fabián

LISCIA, Sergio

LOPARDO, Raúl A.

LORENTE, Hugo E.

MAYOSKY, Miguel Angel

MURAVCHIK, Carlos

OCTTINGER, Carlos

RINGEGNI, Pablo L.

TRAVERSA, Luís P.

VALLA, María Inés

VENERO, Alberto

VESCINA, Roberto

ZARITZKY, Noemí E.

ZERBINO, Raúl L.

NUESTRO PRÓXIMO NÚMERO ESTARÁ DEDICADO A

Temas y Desafíos de la Ingeniería en Argentina y en el mundo

Se presentarán trabajos de las cinco secciones de la Academia:

- Ingeniería Civil, Geofísica y en Agrimensura
- Ingeniería Eléctrica, Electrónica e Informática
- Ingeniería Hidráulica, Sanitaria y Ambiental
- Ingeniería Industrial y Química
- Ingeniería Mecánica, Aeronáutica y Naval

