



IN-GENIUM

CONOCIMIENTO Y APLICACIONES DE LA INGENIERÍA

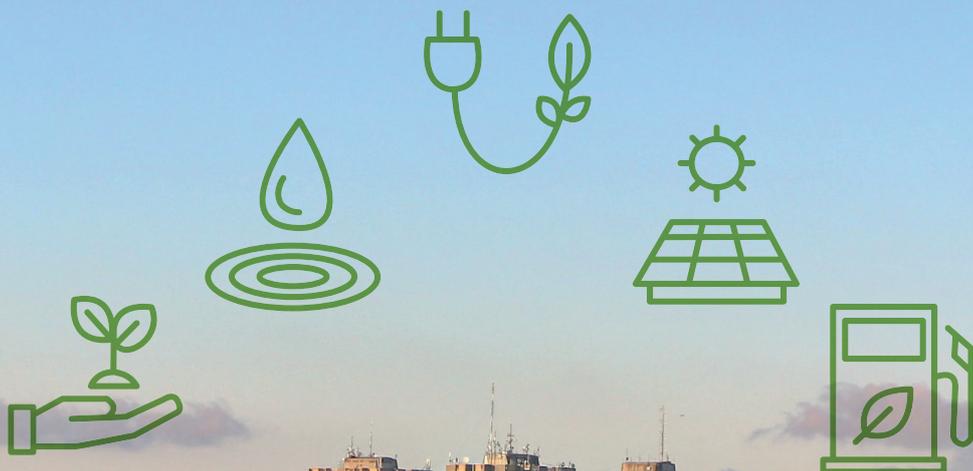
REVISTA DE LA ACADEMIA DE LA INGENIERÍA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES // ISSN 2796-7042

NÚMERO 3 - 2022

LA INGENIERÍA Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE



ACADEMIA DE
LA INGENIERÍA
DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES



ÍNDICE

- 4.**
NOTA EDITORIAL
- 10.**
ARTÍCULO PROF. FREDE BLAABJERG:
"GLOBAL GOALS FOR A BETTER AND MORE
SUSTAINABLE WORLD DEMANDING ELECTRIFICATION
AND POWER ELECTRONICS"
- 22.**
ENTREVISTA AL ING. MANUEL SOLANET
- 26.**
ENTREVISTA AL ING. OSCAR VIGNART
- 30.**
LAS CONSTRUCCIONES DE HORMIGÓN
Y LAS EMISIONES DE GEI.
ALBERTO GIOVAMBATTISTA Y MATÍAS POLZINETTI
- 44.**
CAMBIO CLIMÁTICO Y CALIDAD DEL AIRE LOCAL:
UNA MIRADA DESDE LA PERSPECTIVA DEL
TRANSPORTE AÉREO. C. ALEJANDRO DI BERNARDI
- 66.**
RESUMEN SOBRE EL TRABAJO "CARNE ARGENTINA,
CARNE SUSTENTABLE: LA GANADERÍA NO ES PARTE
DEL PROBLEMA SINO PARTE DE LA SOLUCIÓN", DEL
IPCVA. PARTE 1. DRA NOEMI E. ZARITZKY
- 76.**
ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LA INFLUENCIA
DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL EN EL DISEÑO
DE ALIVIADEROS DE GRANDES PRESAS.
RAFAEL SEDANE Y RAÚL A. LOPARDO
- 92.**
SOBRE RUIDO, SONIDO Y CONTAMINACIÓN SONORA.
ALICE ELIZABETH GONZÁLEZ
- 106.**
¿DESARROLLO SUSTENTABLE O SOSTENIBLE? HE ALLÍ
LA CUESTIÓN. ING. CARLOS OCTTINGER.
- 112.**
ENTREVISTA AL DR. LUIS FORTE
- 116.**
ENTREVISTA AL DR. RAMIRO JORDAN
- 120.**
RELACIONES INSTITUCIONALES DE LA ACADEMIA.
- 124.**
ENTREGA DEL PREMIO "ESTÍMULO 2021
ING. ANTONIO ADRIÁN QUIJANO" AL ING. MARIANO
ALBERTO KAPPES.
- 130.**
HOMENAJE A UNA PERSONALIDAD DESTACADA
DE LA INGENIERÍA CIVIL E HIDRÁULICA ARGENTINA
EL ING. VICTOR OSCAR MIGANNE
- 134.**
EL CANAL TRONCAL DE NAVEGACIÓN
FLUVIOMARÍTIMO ARGENTINO: HIDROVÍA.
ING. CIVIL RODOLFO JOSÉ ROCCA
- 144.**
INGENIEROS DEL FUTURO



NOTA EDITORIAL



Por
Ing. Patricia Arnera
Académica Presidente

En las últimas décadas, hemos visto como han ido evolucionando los factores AEI (Ambiente, Economía, Ingeniería) en el desarrollo de la humanidad y la manera en la cual han sido priorizados dependiendo del tipo de requerimientos que la propia sociedad exigía. De esta manera, para sociedades con gran necesidad de desarrollo, estos factores se caracterizaban por la sigla IEA; se prioriza la Ingeniería por encima de aspectos de Economía, relegando los referidos al Ambiente. En sistemas industrializados la combinación ha sido EAI ya que resultan determinantes los factores de la Economía, por encima de los de Ambiente que superan a los de Ingeniería. Sin embargo, la responsabilidad de la sociedad actual y a futuro, contempla la sigla AEI ya que los aspectos Ambientales deben ser priorizados, por encima de los de Economía, para lo cual se requiere una sólida base de Ingeniería, capaz de soportar este ordenamiento de manera sostenible, optimizando la utilización de los recursos y contemplando el desarrollo armonioso de la sociedad. En septiembre de 2015, la Asamblea General de la ONU adoptó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, en la que se plantean 17 objetivos (ODS: Objetivos para el Desarrollo Sostenible) con 169 metas interdependientes sobre cuestiones económicas, ambientales y sociales, que pretende abordar los desafíos mundiales más acuciantes: acabar con la pobreza y promover la prosperidad económica, la inclusión social, la sostenibilidad medioambiental, la paz y el buen gobierno para todos los pueblos teniendo como objetivo lograrlo para el año 2030. Desde la adopción de los ODS, ya han transcurrido casi 7 de los 15 años previstos y se observa a nivel general un lento avance en la

concreción exitosa de las 169 metas planteadas. A su vez eventos mundiales tan serios como la pandemia de COVID-19 y la invasión militar a gran escala instigada por el gobierno ruso a Ucrania, han originado efectos negativos que profundizan dicho retraso. El conflicto en Ucrania, está produciendo alarmantes efectos en cascada en una economía mundial ya golpeada por el cambio climático y el COVID-19, con impactos particularmente dramáticos en los países en desarrollo. El Equipo de Trabajo de las Naciones Unidas para el Grupo de Respuesta a la Crisis Global 14, analizaron seis indicadores de la exposición de los países a los efectos de la guerra en los mercados financieros y de productos básicos globales. Las evaluaciones preliminares señalan que, 1.700 millones de personas en el mundo viven en 107 economías que están severamente expuestas a al menos uno de los tres canales globales de transmisión de esta crisis: aumento de los precios de los alimentos, aumento de los precios de la energía y condiciones financieras más restrictivas. Mientras que la invasión a Ucrania impacta negativamente en alimentos, energía y mercados financieros, por otra parte, la pandemia de COVID-19 ha puesto de manifiesto la importancia de la cooperación internacional en torno a la ciencia y la tecnología. Así como hemos planteado inicialmente que la sociedad actual y a futuro contempla el orden de los factores como AEI, reconocemos que la ingeniería juega un papel clave en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), ya que utiliza los principios de la ciencia y las matemáticas para desarrollar aplicaciones prácticas en alimentos, agua, energía, medio ambiente, ciudades sostenibles, resi-

liencia ante desastres naturales y otras áreas que son cruciales para toda la humanidad. El rol esencial que posee la ingeniería en estos aspectos, quedaron evidenciados en la 40° Reunión General de la UNESCO, desarrollada en noviembre de 2019, cuando se proclama, a partir de ese año, que el día 4 de marzo se celebre el Día Mundial de la Ingeniería para el Desarrollo Sostenible.

En este tercer número de "In-Genium: Conocimientos y Aplicaciones de la Ingeniería", nos hemos enfocado en dar una visión muy general de "La Ingeniería y el Desarrollo Sostenible", evidenciando el quehacer de esta profesión y su fundamental rol para la concreción efectiva de los ODS.

En el recorrido del presente número encontrarán los siguientes artículos:

- Entrevistas a profesionales e instituciones:

- Ing. Manuel Solanet Presidente de la Academia Nacional de Ingeniería (ANI). Durante el año 2021 ha sido Presidente de CAETS (CAETS: International Council of Academies of Engineering and Technological Sciences), año en el que ANI organizó el congreso CAETS 2021 "El futuro de la Energía", en Buenos Aires. El Ing. Solanet hace referencia a la conformación de CAETS, de sus objetivos, indicando las líneas de trabajo que poseen y su participación en eventos como la Conferencia de Partes, COP26, realizada en Glasgow. Señala que varios campos de la ingeniería, tales como energía, minería, transporte e industrias son relevantes para el desarrollo y desde la ingeniería se puede actuar sobre ellos para lograr las metas de la Agenda 2030.

- Ing. Oscar Vignart, Vicepresidente 2° de la Academia Nacional de Ingeniería (ANI), Director del Instituto de Energía de la ANI. Ha sido el coordinador del Comité Organizador del congreso CAETS 2021 "El futuro de la Energía", y desde ese rol señala que en el congreso se apreció el cambio dramático a realizar en el sector energético, tanto en la demanda como en la oferta, para limitar las emisiones de CO2, y con ello limitar el aumento de temperatura. De no hacerlo, tendremos eventos

climáticos que complicarán el funcionamiento de la sociedad con serias consecuencias en la producción de alimentos, en el nivel del mar y, en eventos climáticos cada vez más extremos. Señaló que el IE-ANI participó en el documento "Soluciones para la penetración de alto nivel de la electricidad renovable intermitente" publicado por CAETS en el año 2020 y actualmente se encuentran trabajando en un documento en el que se analiza la descarbonización en el sector industrial, orientado a aquellas actividades que poseen grandes emisiones de gases de efecto invernadero como son la industria del cemento, acero, aluminio, químicos, construcción de edificios y alimentos desde la producción agrícola, su procesamiento y distribución. Finalmente plantea su visión respecto al objetivo de lograr emisiones 0 para el año 2050 (NetZero 2050), señalando que no hay en la historia económica un proceso de la magnitud e importancia que implica este cambio energético, dado que se tiene que producir en un período de tiempo muy corto, mucho más corto de lo que han sido los ciclos naturales por el cual va cambiando la infraestructura de la industria y de la generación de energía en el mundo y esto llevará a importantísimas consecuencias económicas.

- Dr. Luis Forte, Director de carreras de postgrado en Ingeniería Ambiental en la Regional La Plata de la Universidad Tecnológica Nacional. En la entrevista realiza comentarios del desarrollo de las carreras de Especialización y Maestría que dirige, en las cuales se alienta la integración de profesionales de diversas disciplinas, ya que los temas ambientales son transversales a todas ellas. Destaca que las universidades deben formar "ciudadanos-profesionales" comprometidos con la realidad nacional, capaces de involucrarse en la definición de políticas de estado para la resolución de diversas problemáticas.

- Dr. Ramiro Jordan. Ha sido Presidente de International Federation of Engineering Education Societies (IFFES), Fundador del Consorcio Iberoamericano para la Educación en Ciencia y Tecnología (ISTEC). En el año 2018 participó activamente para la conformación

del consorcio Peace Engineering Plantea el desarrollo de redes integrando diversas universidades e incluyendo los sectores social, industrial, empresarial, para pensar que todos los sistemas deben ser rediseñados (educación, salud, comunicaciones, etc.) de manera de lograr resolver y aportar soluciones a los desafíos mundiales ya planteados y los que tendremos a futuro.

- Artículos presentados y su vinculación con los ODS.

- El Prof. Frede Blaabjerg (Fellow IEEE, Villum Investigator de la Aalborg University), en su artículo "Los objetivos de desarrollo sostenible demandan mayor electrificación y más electrónica de potencia" identifica direcciones claves para lograr un futuro sostenible, tales como satisfacer la demanda de energía creciente, desarrollar una producción de energía sostenible a largo plazo, de modo de obtener la necesaria descarbonización del planeta, optimizando el consumo y la eficiencia energética. Para dichas direcciones plantea el rol que posee la electrónica de potencia El tema del artículo se vincula con ODS 6: Agua limpia y Saneamiento; ODS 7: Energía Asequible y no contaminante; ODS 9: Industria, innovación e infraestructura; ODS 11: Ciudades y Comunidades sustentables; ODS 12: Producción y consumo responsables, ODS 13: Acción por el clima.

- El Académico Alberto Giovambattista y el Ing. Matías Polzinetti (Instituto del Cemento Portland Argentino-ICPA) presentan "Las construcciones de hormigón y las emisiones de GEI". Los autores señalan que el sector de la construcción y las edificaciones, es responsable de entre el 30 y el 40 % del consumo mundial de la energía, mayoritariamente (cerca del 70 %) concentrado en los edificios de uso residencial. A consecuencia de ello, cerca del 40 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero están asociadas a este sector. El hormigón, y su componente principal, el cemento, son insumos esenciales, intrínsecamente sostenibles y de características excepcionales para progresar

en el camino del desarrollo económico y social. Es fundamental la reducción de la huella de carbono en el ciclo de vida del cemento y el hormigón. Resulta indispensable el trabajo colaborativo en torno al sector de la construcción, acompañados por medidas que optimicen el uso del cemento en el hormigón, del hormigón en la construcción, y de los residuos de construcción y demolición en la producción de nuevos bienes e insumos para las obras venideras. El tema del artículo se vincula con: ODS 9: Industria, innovación e infraestructura; ODS 11: Ciudades y Comunidades sustentables; ODS 12: Producción y consumo responsables; ODS 13: Acción por el clima.

- El Prof. Ing. Aeronáutico Alejandro Di Bernardi (FI-UNLP) presenta el artículo "Cambio climático y calidad del aire local: Una mirada desde la perspectiva del transporte aéreo". Señala que el tráfico mundial de pasajeros aéreos ha crecido significativamente, con ciertas excepciones, generadas por externalidades de amplio impacto mundial (crisis del petróleo, guerra del golfo, COVID-19, etc.). El transporte aéreo ronda el 13% de las emisiones de todas las fuentes de transporte contribuyendo con alrededor del 2% del total de las emisiones. Detalla los Objetivos Estratégicos (OE) que posee la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) y presenta innovaciones tecnológicas del sector aeronáutico que se orientan a minimizar la emisión de gases contaminantes y reducir el impacto acústico. Señala que prácticamente todos los ODS tienen su correlato con los OE.

- La Académica Noemí Zaritzky elabora la 1era parte del resumen sobre el trabajo "Carne argentina, carne sustentable: la ganadería no es parte el problema sino parte de la solución", publicado por el Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina (IPCVA) en septiembre de 2021. Este resumen se refiere a la emisión de gases de efecto invernadero vinculado al sector ganadero bovino; dejando para una futura entrega la discusión de las otras dimensiones (secuestro de carbono, huella hídrica, biodiversidad, conservación de tierras, preservación del recurso

forestal y servicios ecosistémicos). El sector ganadero bovino puede mitigar emisiones en base a procesos naturales y armónicos con la naturaleza. Esta es una fortaleza y una oportunidad debido a que está más asociada a tecnologías de procesos que de insumos. Este artículo se vincula con ODS 2 Hambre cero; ODS 12 Producción y consumo responsables; ODS 13: Acción por el clima; ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres.

- El Dr. Rafael Seoane (Centro de Estudios Transdisciplinarios del Agua-CETA – FCV UBA) y el Académico Raúl Lopardo presentan “Algunas reflexiones sobre influencia del cambio climático global en el diseño de aliviaderos de grandes presas”. Los autores plantean que el cambio climático global puede afectar de varias formas el proceso de generación del caudal que escurre en una cuenca. El trabajo centra su atención en los riesgos de los aliviaderos de las presas existentes, asociados con las nuevas condiciones del clima y los cambios en las tecnologías de cálculo de los parámetros de diseño. A su vez señala que las grandes presas permiten paliar los efectos de crecidas depredadoras y sequías extraordinarias que parecen ser inevitables por el calentamiento global. Los nuevos modelos de cambio climático regional asociados con los hidrológicos de escala global y regional ya permiten realizar estudios para evaluar los impactos y mejorar la adaptación a las condiciones climáticas futuras. Se considera importante la aplicación de estas nuevas técnicas de modelación hidrológica para el análisis y verificación de los aliviaderos. El artículo se vincula con ODS 6: Agua limpia y saneamiento; ODS 7: Energía asequible y no contaminante, ODS 12 Producción y consumo responsables; ODS 13: Acción por el clima; ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres.

- La Prof. Alice Elizabeth González (Facultad de Ingeniería UdelaR, Uruguay) es la autora del artículo “Sobre ruido, sonido y contaminación sonora” en el cual plantea que los principales problemas de ruido en nuestra sociedad actual siguen siendo, esencialmente, los mismos que hace 2000 años atrás: el ruido de tránsito, el ruido asociado con el

trabajo y el que deriva de las actividades de recreación. Define los términos contaminación, ruido, sonido, voz, música. Determina la relación del ruido con los efectos sobre los seres vivos y con los derechos humanos. Señala que el ruido es un agente contaminante que es muy fácil de producir, pero muy difícil de abatir: las medidas son siempre costosas, no sólo en lo económico sino también en lo social y hasta en lo político. Este artículo se vincula con ODS 3: Salud y bienestar;

- El Académico Carlos Octtinger ha realizado “¿Desarrollo Sustentable o Sostenible? He allí la cuestión.” donde vuelca las definiciones adoptadas para ambos términos junto con la bibliografía que ha tratado el tema.

- El Ing. Civil Rodolfo Rocca ha realizado el artículo “El canal troncal de navegación fluvio-marítimo argentino: Hidrovía” en el cual plantea los antecedentes y el impacto que representa garantizar una vía navegable del Río Paraná/ Río de La Plata en el tramo Santa Fé al Océano, contemplando las modernas embarcaciones que ingresan al sistema de aguas en condiciones seguras y eficientes. Destaca la importancia de acceder hasta la zona núcleo de la producción granaria, haciendo competitivo a nivel internacional el comercio de los commodities, por la reducción de costos de transporte. A su vez señala la importancia que los puertos del AMBA puedan atender a los buques New Panamax, para lo cual plantea el escalonamiento de profundidades en la vía navegable manteniendo la ecuación económica y la sustentabilidad ambiental de la obra. Este artículo se vincula con ODS 2: Hambre cero; ODS 6: Agua limpia y saneamiento; ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico; ODS 9: Industria, innovación e infraestructura; ODS 11: Ciudades y Comunidades sustentables; ODS 12: Producción y consumo responsables; ODS 13: Acción por el clima.

• Relaciones Institucionales

Nuestra Academia es integrante del Sistema Científico de la Provincia de Buenos Aires, en dicho rol estamos ratificando esa pertenencia firmando convenios de cooperación con

diversas Universidades y Facultades. Durante este período hemos formalizado la firma de un convenio con el Esp. Ing. Guillermo Oliveto, Decano de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional, con quien mantuvimos una interesante conversación y nos brindó su opinión respecto a los aspectos que considera se deben fortalecer en la formación de ingenieros en temas vinculados con el desarrollo sostenible.

•Premios otorgados

En el mes de diciembre de 2021, se realizó el acto de entrega del Premio Estímulo "Ing. Antonio Adrián Quijano" al Dr. Ing. Mariano Alberto Kappes, quien brindó la conferencia "Fisuración asistida por el medio en materiales estructurales". El Dr. Kappes es Ingeniero en Materiales, Dr en Ciencia e Ingeniería de Materiales. En la entrevista realizada, relata los inicios de su formación académica, el motivo por el cual se volcó a la investigación y la manera en que sus investigaciones se aplican a la resolución de problemas. Actualmente se encuentra trabajando sobre la factibilidad técnica del transporte de hidrógeno gaseoso en gasoductos existentes.

•Homenaje a una personalidad destacada:

En este número de la revista hemos querido brindar nuestro homenaje a la figura del Ing. Civil e Hidráulico Victor Oscar Miganne, quien fuera destacado integrante de esta Academia, de la Academia Nacional de Ingeniería y Profesor Emérito de la Universidad Nacional de La Plata. En esta breve semblanza del Ing. Miganne, podrán conocer además de sus importantes cargos y logros obtenidos, el merecido reconocimiento que ha recibido destacándolo como Maestro de Ingenieros.

• Ingenieros del Futuro

En esta sección acercamos las experiencias de jóvenes estudiantes de diversas especialidades y universidades, quienes expresan sus vivencias y opiniones respecto a sus recorridos universitarios y expectativas futuras. Ellos son:

- Sergio Gabriel Bonavento, reciente gradua-

do de la carrera de Ingeniería en Informática de la Universidad Nacional de La Matanza (UNLaM).

- Maximiliano Benchimol: estudiante de Ingeniería en Electrónica de la Facultad Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-BA)

- Josefina Torreani: estudiante de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMdP)

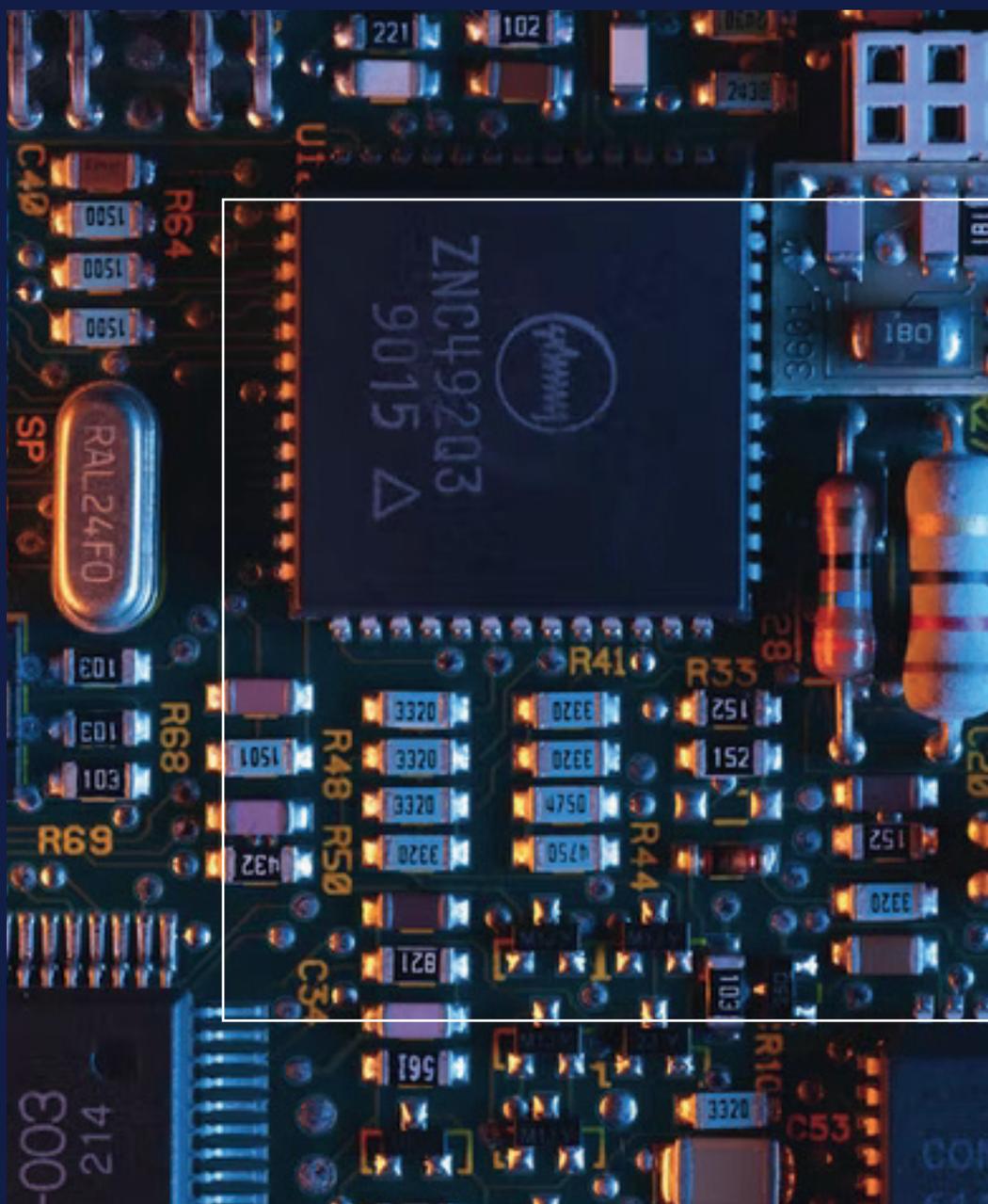
Durante la lectura de los artículos y entrevistas, podrán encontrar los vínculos a artículos o declaraciones que han sido citados y también otra vía de comunicación, como es el canal de YouTube de esta Academia.

Esperamos que resulte de vuestro interés el material que les brindamos, a través del cual pretendemos fortalecer nuestra comunicación con ustedes, nuestros lectores.

Finalmente, deseo agradecer a los Académicos que han contribuido con los contenidos de este número, al equipo técnico que ha colaborado en la edición de la Revista y a la Universidad Nacional de La Plata por su apoyo a esta iniciativa.

“LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DEMANDAN MAYOR ELECTRIFICACIÓN Y MÁS ELECTRÓNICA DE POTENCIA”

PROF. FREDE BLAABJERG



En este número de In Genium dedicado a los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) definidos por la ONU, desde la Sección de Ing. Eléctrica, Electrónica e Informática, invitamos al Prof. Frede Blaabjerg, de la Universidad de Aalborg en Dinamarca, a escribir un artículo para la revista. El Prof. Blaabjerg ha trabajado por más de 30 años en temas de Electrónica de Potencia aplicada a sistemas de energía y accedió gentilmente a escribir un artículo especial para In-Genium.

El artículo está dividido en cuatro partes. La primera de ellas está dedicada a dar una visión global del rol de la electrónica de potencia para dar cumplimiento a los ODS establecidos por la ONU. Los dispositivos de electrónica de potencia son aquellos encargados de convertir una forma de energía eléctrica en otra, ya sea en Corriente Continua (CC) o corriente Alterna (AC), con distintas frecuencias, o niveles de tensión y/o de corriente. Estos dispositivos permiten una fácil integración de las fuentes de energías alternativas a la red eléctrica existente.

Las Naciones Unidas, con la participación de la Conferencia de las Partes (COP), que abarca a 196 países y la Unión Europea (UE) firmantes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC); acordaron 17 objetivos comunes para lograr un planeta mucho mejor para vivir en él, es decir los ODS. Estos son muy amplios, y la tecnología de los convertidores electrónicos de potencia puede contribuir con muchos de ellos: por ejemplo, proveer energía eléctrica a más de 1 billón de personas que hoy no la tienen, en forma mucho más económica que extendiendo la red eléctrica existente. Relativo a este punto el Prof. Blaabjerg destaca que la Power Electronics Society de IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) está realizando una competencia internacional buscando soluciones técnicas innovadoras para mejorar la calidad de vida de la mayor cantidad de gente posible alrededor del mundo, en particular aquellas con una pobre provisión de energía eléctrica. (<https://www.ieee-pels.org/programs-projects/empower-a-billion-lives>)

La segunda parte del artículo, está dedicada a las direcciones claves para lograr un futuro sostenible. La primera clave es satisfacer la demanda de energía creciente, la segunda es desarrollar una producción de energía sostenible a largo plazo, de modo de obtener la necesaria descarbonización del planeta. Es imprescindible un uso más eficiente de la energía, la electrificación del transporte es un ejemplo de ello; la cual a su vez contribuirá a disminuir la polución de las ciudades tanto en lo referente a emisión de gases como a la contaminación sonora. También es necesario desarrollar sistemas de generación de energía, renovables y sostenibles, En ellos juega un rol esencial la electrónica de potencia así como la digitalización de los sistemas, para su mejor comunicación y control. Hoy los combustibles fósiles proveen el 60% de la energía consumida en el mundo, mientras se desea reducirlos a un mínimo para 2050, para lo cual es imprescindible un aumento de la generación con fuentes renovables y alternativas. Hay que reconocer que incorporar una tecnología novedosa en el sector energético es costoso y difícil de llevar a cabo desde su idea inicial hasta el producto final, especialmente si el precio de la energía por unidad es generalmente bajo.

La tercer parte trata de la modernización y digitalización de los sistemas energéticos. Estos sistemas deben ser capaces de acoplar diferentes fuentes de energía (no sólo eléctrica) y ser capaces de tener una operación robusta. Para ello es necesario el almacenamiento de una gran cantidad de datos (big data). Entre otras cosas el uso de inteligencia artificial permitirá modernizar los sistemas de energía. Esta modernización conlleva el incremento de nuevos consumos, como la electrificación del transporte y el crecimiento de los centros de datos. Un concepto importante es cómo lograr mayor capacidad de almacenamiento de energía, no sólo en forma eléctrica (baterías de distinto tipo), sino su conversión en otros combustibles (Power to X o PtX), por ejemplo el hidrógeno. Éste último prevé la conversión

del excedente de energía eléctrica en otros combustibles que ofrezcan mayor facilidad de almacenamiento a largo plazo. Dentro de la modernización de los sistemas de energía, las regulaciones y los Estándares juegan un rol esencial para lograr los objetivos deseados en forma global.

La cuarta y última parte del artículo, destaca la necesidad de algunos avances disruptivos para lograr la modernización deseada. Por ejemplo es imprescindible mejorar fuertemente los rendimientos de los sistemas de conversión PtX. Es posible pensar en cables superconductores para la transmisión

de energía? Es imprescindible lograr una gran flexibilidad y conexión entre las distintas fuentes y transportes de energía.

Es muy importante tomar conciencia y tener medida de cómo cada uno está contribuyendo al logro de los ODS. El Prof. Blaabjerg nos comenta que en Dinamarca el ranking de Universidades incluye una medida de los esfuerzos que ellas realizan para el cumplimiento de los ODS (https://www.aau.dk/digitalAssets/1096/1096663_aau-sdg-report-2021.pdf)

—

GLOBAL GOALS FOR A BETTER AND MORE SUSTAINABLE WORLD DEMANDING ELECTRIFICATION AND POWER ELECTRONICS

FREDE BLAABJERG

AALBORG UNIVERSITY, DEPARTMENT OF ENERGY, DENMARK.

FBL@ENERGY.AAU.DK

I.GLOBAL VIEWS - GLOBAL GOALS

I have been working with energy for more than 30 years in my profession and even longer time as it has been a major interest of my life. The engagement comes from that we need energy as it is a fundamental condition for the world to be modernized and bring better life to human beings on the planet. Professionally speaking, I have been working with electrical power conversion where power electronic devices are able to handle high voltages and currents for converting electrical power from one level to another, and thereby controlling an energy process. It can be from alternating current (AC) sources/voltages to direct current (DC) sources/voltages and opposite. Today it can be done with a very high efficiency – typically higher than 96 % and in some cases even above 99% with the newest power devices. In the research we have been applying those principles for renewable power generation and large scale energy saving applications in the society, and using power electronics made an easy integration into the existing electricity power grid. An example of a modern energy system is shown in Fig. 1 – where all the bricks illustrated are power electronic conversion units (AC to DC or DC to AC).

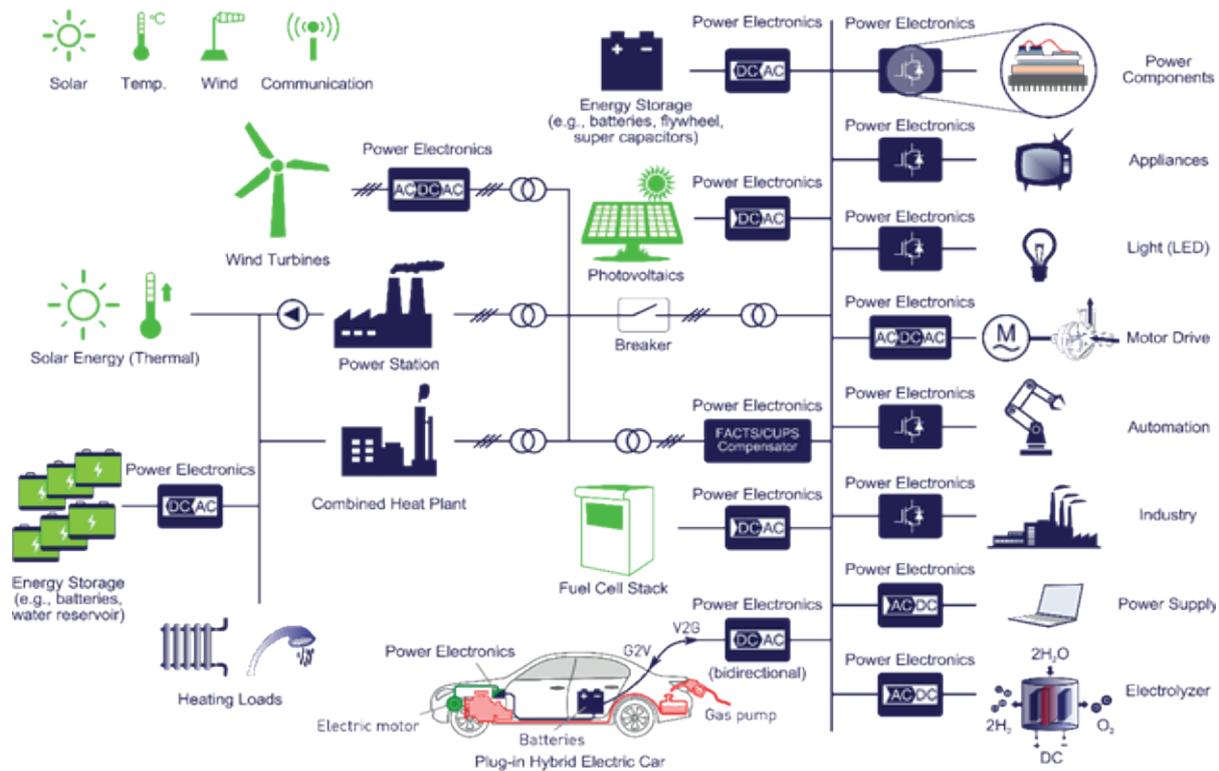


Fig. 1. A modern energy system from power generation to consumption – and many power electronic units are applied in different parts of the energy system (FACTS – Flexible AC Transmission Systems; CUPS – Custom Power Systems; LED – Light-Emitting Diode). Energy can typically be carried in the form of electricity, gas or heat.

Some of the pioneering work has been focusing on developing such energy systems and today many are working with this and a large-scale implementation in all aspects of energy stages is seen. For example, today more than 1500 GW of installed renewable generation capacity are done, and as illustrated in Fig. 1, the interface between the grid and the renewable generation source is done by power electronics. Not only has the generation involved many power electronics, but also do the modern power transmission systems use a big amount of power electronics and converters, e.g., offshore wind parks using high-voltage DC (HVDC) transmission technologies to improve the long-distance transmission efficiency. The world has today realized that the use of fossil fuels giving emission of carbon is heating up the planet and will result in significantly sea-level rise already in this century (and with no point of return), further leading to large areas that are not livable anymore.

Therefore, global goals have been defined and tried to be reached through consensus on reducing carbon emission to become almost zero by 2050 – and also with mid-term goals already in 2030. For instance, Denmark will reduce its carbon emissions significantly by then – and such agreements are continuously being reviewed and updated through the COP-meetings around the world – e.g., the latest was COP26 held in Glasgow and organized by the United Nations (UN) in 2021.

Energy is not the only element to make the planet much better to live on – many other elements are significant and essential, e.g., to ensure health, water, and food. That has been the main motivation for the UN to define 17 common goals for the human being on the planet, which are named the Sustainable Development Goals (SDG) and they are all shown in Fig. 2.

The goals are very broad – but all important for a better and sustainable life on the pla-



Fig. 2. United Nations 17 Sustainable Development Goals (SDG) for a better planet.

net where power electronic conversion technology will contribute significantly to many of the SDGs. It is, for example, the technology enabler for areas without electricity today – which still counts more than 1 billion people. The technology can provide a small electrical grid by the use of photovoltaic (PV) sources in remote areas in combination with energy storage devices, and then providing energy for lighting, cooking, communication, basic transportation, water-pumping, and etc. In this context, the IEEE Power Electronics Society, where I have been the president for 2019 and 2020, have also been running a global competition (Empower a Billion Lives, EBL) to find and innovate technical solutions about how to empower as many people around the world as possible, especially those energy-poverty areas. Existing grid-extension strategies are far expensive and can cause negative impact in terms of carbon emissions if more widely implemented – and instead new approaches that offer lower-cost and higher-value are clearly needed to help those living in energy poverty areas. The new solutions should be via-

ble even for the lowest income customers by applying new and robust technologies such solar PV, batteries, microgrids, power electronics, cloud-computing, smart phones, and mobile-money. To come up with the best solutions, the thinking has been holistically in the activity to simultaneously address issues of not only technology, social impact, but also business models to accelerate the adoption and scaling – the latter might even be the biggest challenge. Electrical power conversion and electricity will also help other SDGs (See Fig. 2) like SDG 6: Clean water and sanitation – power electronics have enabled efficient pumping and access of water as well as supplied by renewables in millions of places. SDG 7: Affordable and Clean Energy – today power electronics are used for more 1500 GW installed renewables – as well as a high efficiency increase is seen in the process of energy. As mentioned above, micro-grids are based on power electronics and renewable resources, which in the end will give power to billions of people. SDG 12: Responsible Consumption and Pro-

duction – the power electronics technology is making the society more efficient – e.g., LED lights are essentially power electronics; Electrical Vehicles (EVs) are fully power electronics based; and adjustable speed drives are used for heating, ventilation and air-conditioning – with huge energy saving as the operation process can be adjusted seamlessly according to the demand.

But other SDGs also need the power electronics technology – e.g., Sustainable Cities, which is heavily based on electricity (SDG 11) and Climate Action (SDG 12), as electricity is the most efficient way to obtain carbon-free electricity generation – just to mention some.

II. KEY DIRECTIONS FOR A SUSTAINABLE FUTURE

To achieve the goals – both seen from a climate perspective and from the SDG visions - the modern energy field is challenged and needs new solutions - at least into two main directions. The first one is to be able to supply and meet a growing demand for energy, which is needed on the planet; the second is to develop a long-term sustainable energy production in order to obtain the necessary decarbonization of the world. Therefore, we need to use the energy more efficiently, and in that way, to reduce the consumption growth which means to electrify as much as possible. One significant area is the fast-growing transportation sector which gives us mobility in life. An electrified transportation sector will make it much more efficient compared with today. It will also enable a significant reduction of the pollution of cities – both in terms of air quality and noise and making it a better place to live. An electrified transportation sector demands a substantial amount of power electronics for charging EVs and also for driving the EVs where energy is taken from batteries – so all will be electrified.

Also, we need to develop the renewable/sustainable power generation to become even

cheaper so all can invest in the technology for supplying their need. Here, the scaling of power matters and power electronics is a key technology for doing the electrical power conversion in a very efficient way and interconnecting the renewable generation to the power grid.

Moreover, energy has become “digitalized” in many applications due to the use of power electronics and low-cost digital controllers. In this context, large bit- and watt-flows co-exist in today’s energy systems. Power converters enable efficient and flexible conditioning of energy, and at the same time, the process of an increasing amount of data consumes much energy, which should also be efficient through advanced and innovative power electronics solutions. For example, data centers are major energy consumption points in many places, where efficient converters should be used, but also new energy management solutions/business models should be developed.

In general, the energy consumption is today typically divided into electricity (1/3), cooling/heating (1/3) and transportation (1/3) – and fossil fuels are covering more than 60 % of the whole energy consumption, as seen in Fig. 3. An expected scenario of the energy consumption and source by 2050 is also illustrated in Fig. 3. Both a slight reduction in energy consumption is expected as well as electricity will be dominating – more than 60 % – while fossil fuels will more or less be being taken out. The electricity share from renewables is also illustrated in Fig. 3.

As indicated in Fig. 3, renewable will be significantly increased in the future. Among those, one of the leading technologies is wind power. Wind does not need any fuels to produce energy – except wind! And therefore, it is a sustainable energy source for any country and the technology does not make any carbon emissions once the wind turbine is manufactured. One representative example of wind power technologies is Denmark where wind will make Denmark independent

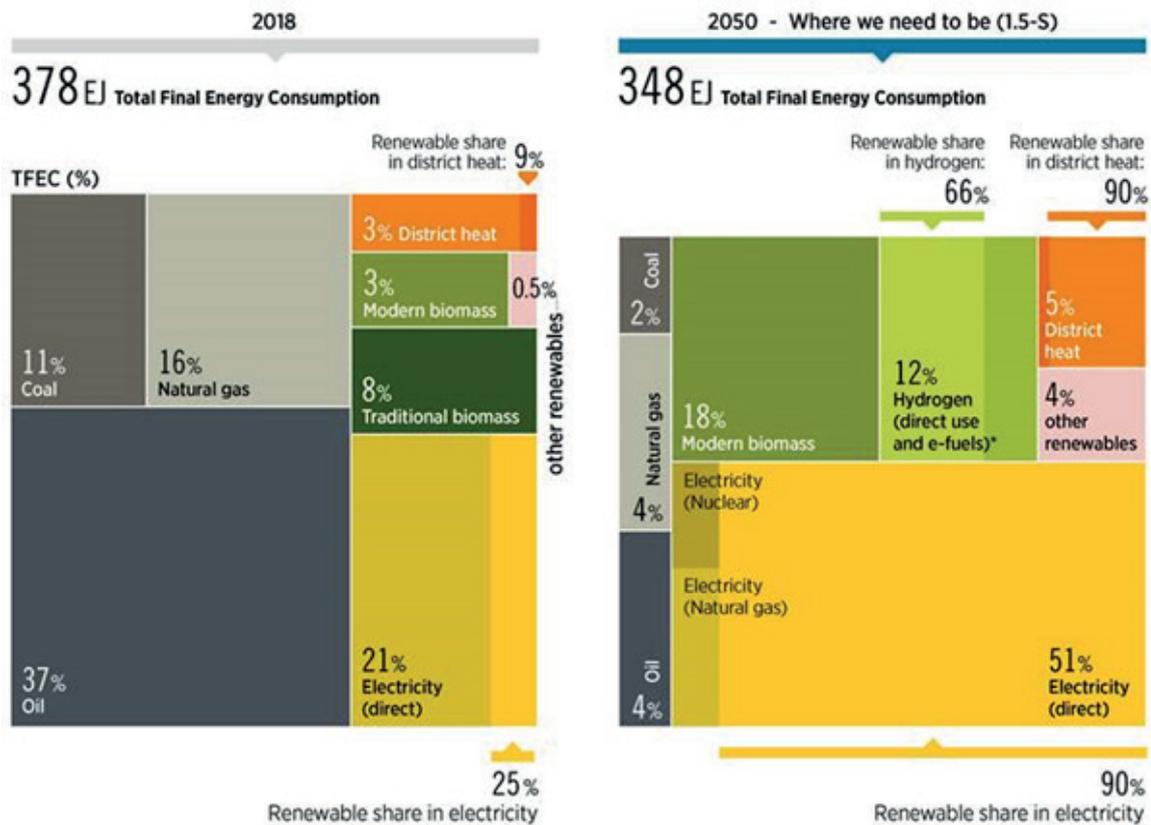


Fig. 3. Energy consumption by 2018 and predicted in 2050 in order to meet the need for carbon emission reduction on the planet proposed by IRENA, where the expected renewable share is also shown [5].

on importing energy by 2050 – it is even expected to be an energy exporter. Pricewise, the wind turbine technology has been very competitive due to its possible scaling. Today, wind is fully competitive with any other fossil-based energy sources. Naturally, wind has to be available, where the wind turbine is installed, and for example, in the case of Denmark, there are a lot of wind resources. Today more than 60 % of all electricity is coming from wind. In this case, we also need to have solutions to use electricity when we produce more than needed, where storage is important to consider as well as flexible loads.

Also, the ability to couple different energy sectors (electricity, heat, gas) is of importance – the key to that is energy digitalization – where a very close and on-line interplay between source and usage is implemented through control and communication. This development is on-going in many parts of

the world where thermal energy storage, gas produced by electricity, and flexible loads are used to control the overall energy flow in combination with strong electrical interconnections to neighboring countries. Countries like China, Germany and the US have made it possible to implement the technology at a very large scale and thereby push down the prices of the wind power technology and also the PV power generation. It is now seeing the largest capacity growth for the moment as well as the largest price reduction in terms of cost per produced kWh. The advantage with this technology is that its power scale ranges from 0.4 kW up to GW – so most people have the possibility to invest for their own usage. This technology demands heavily power electronics for the interface to the grid as well as enabling to optimize energy capture from the sources. However, in general, a completely new technology in the energy sector is expensive to

realize from the very simple idea to a final product – where much investment is needed – as today the price of energy per unit is in general low and it can be difficult to compete in terms of being a newer technology.

III. MODERNIZATION AND DIGITALIZATION OF ENERGY SYSTEM

The energy system needs, as mentioned above, to be more modernized and digitalized in order to provide a more robust operation due to the variation in energy production and having the possibility to couple different energy carriers. Here is the communication system – wired or non-wired are very important for the digitalization – but also having the ability to handle a large number of data (big data) – as we sense more and more signals in the energy system. Fig. 4 shows in a simplified way the digitalisation of the grid as well as some of the key drivers to modernize the energy system – where also ar-

tificial intelligence (AI) is expected to be an enabler of the modernized energy system.

Fig. 4 shows also the major growing areas in terms of energy consumption – beyond the electrification of transportation, data-centers are fast growing consumers as well as technologies for converting electricity into fuels through Power-to-X technologies, where the basic first step of conversion is to make hydrogen by using the electrolysis technology and afterward processing it (e-fuel, e-gas) – and thereby have a more long term storage available. The largest challenge now with the Power-to-X technologies is its total system efficiency – but it will give a large amount of flexibility in the system with multiple energy vectors. Energy storage based on batteries is also an important contributor to the digitalization and modernization of the power grid – as this will provide an efficient storage component which can convert and store with a high efficiency. Standards and regulations are the key to glo-

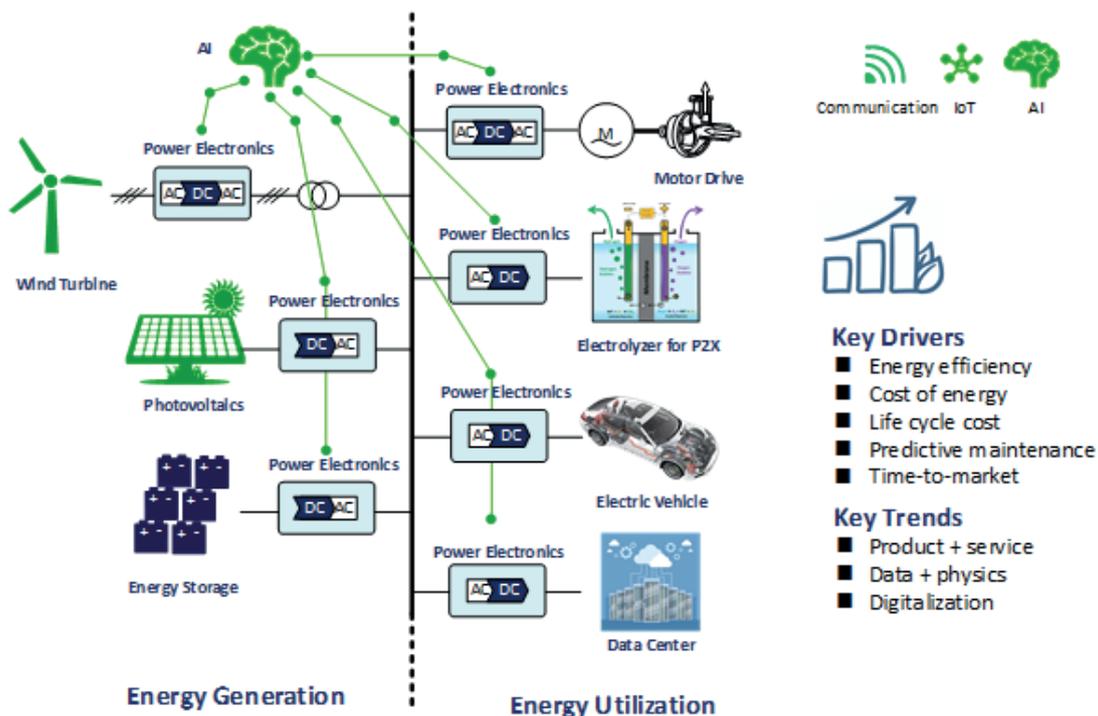


Fig. 4. A modernized, digital energy system using artificial intelligence in its operation.

bal transitions according to global goals and it should be done at an international level. This has already been a tradition today – but needs to be more intensified for the overall digitalization. The SDGs do also concern sustainability and re-use of resources. Here standards could give companies the responsibility to recycle or reutilize old and used products in order to be more sustainable.

IV. NEED FOR DISRUPTIVENESS

It is important to do research to synergize different energy carriers so they can operate together, e.g., through widespread digitalization. In this context, improvement of the energy storage possibilities for more long-term duration storage is important, and thereby enabling the faster and smoother transition for renewable generation. We need disruptiveness here. Battery as well as power-to-gas technologies are important for those matters.

As it has been illustrated in this article – the fossil fuel will be playing a minor role in the future energy system – which on the other hand also means that its resources may last more decades longer before it is exhausted on the planet, which will give a very high value for the society. Still many applications can hardly be operated without hydrocarbons – e.g., airplanes, large ships but also in many different chemicals/materials. It is assured that Power-to-X technologies will come but need better system efficiency before really being a competitor – and we are looking for strong disruptiveness here. A vision that the world should try to save highly valued fuels for as long time as possible and instead generate energy by renewables makes sense in terms of SDGs – where regions should strategically make plans to do a transition according to their abilities. Also, when large cities are becoming electrified and “fueled” by renewables - it will reduce their noise and pollution levels– which will make cities much better to live in – also highlighted in the SDGs.

When the energy production is going to be weather based and day/night dependent – a strong interconnection of electrical infrastructure is on demand having a high transmission efficiency. The power electronics technology is a key enabler again to convert electricity with a high efficiency. A further technology improvement can be super-conducting cables operating at higher ambient temperature – but here is more basic science needed to implement such a disruptive technology. This could make a large difference in terms of energy flexibility and efficiency and contribute to both climate goals and UN SDGs at the same time.

Awareness to measure and achieve the SDGs is important and even university rankings are considering this as a benchmark between universities. One example of such awareness can be found from Aalborg University, Denmark – as they do an annual report to summarize their efforts towards achieving the goals [10].

The general conclusion is that global goals for a better and more sustainable world demand electrification and much more power electronics - we need to devote a big amount of research efforts into achieving the ambitions.

REFERENCES – FURTHER READING

The references are mainly supporting the text written and the list does not do a comprehensive coverage of all contributors to this field.

1. F. Blaabjerg, Y. Yang, D. Yang and X. Wang, "Distributed Power-Generation Systems and Protection," in Proceedings of the IEEE, vol. 105, no. 7, pp. 1311-1331, July 2017.
2. F. Blaabjerg and K. Ma, "Wind Energy Systems," in Proceedings of the IEEE, vol. 105, no. 11, pp. 2116-2131, Nov. 2017.
3. Z. Tang, Y. Yang and F. Blaabjerg, "Power electronics: The enabling technology for renewable energy integration," in CSEE Journal of Power and Energy Systems, vol. 8, no. 1, pp. 39-52, Jan. 2022.
4. "Sustainable Development Goals", United Nations; <https://sdgs.un.org/>
5. "World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway", International Renewable Energy Agency (IRENA) Report, ISBN :978-92-9260-334-2, 2021
6. "Renewable Power to Hydrogen – Innovation Landscape Brief", International Renewable Energy Agency (IRENA), ISBN 978-92-9260-145-4, 2019
7. "PTX in Denmark before 2030 - Short term potential of PtX in Denmark from a system perspective", Energinet, 2019.
8. F. Blaabjerg, H. Wang, I. Vernica, B. Liu and P. Davari, "Reliability of Power Electronic Systems for EV/HEV Applications," in Proceedings of the IEEE, vol. 109, no. 6, pp. 1060-1076, June 2021
9. S. Zhao, F. Blaabjerg and H. Wang, "An Overview of Artificial Intelligence Applications for Power Electronics," in IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 36, no. 4, pp. 4633-4658, April 2021
10. "2021 Sustainability report", Aalborg University; 2021 https://www.aau.dk/digitalAssets/1096/1096663_aau-sdg-report-2021.pdf



**FREDE
BLAABJERG**

Frede Blaabjerg es un miembro destacado del Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers) donde comenzó como miembro estudiante en 1986 para alcanzar el máximo grado de Fellow del IEEE en 2003. En 1995 obtuvo el Doctorado en Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Aalborg en Dinamarca. Desde 1992 se desempeña como docente en la misma Universidad donde obtuvo el cargo de Profesor Titular en 1998. Desde 2017 él es Villum Investigator de la Aalborg University, Ha obtenido distinciones honoris causa de la University Politehnica Timisoara (UPT), Rumania y de la Tallinn Technical University (TTU) en Estonia. Sus actividades de investigación incluyen Electrónica de Potencia y sus aplicaciones tales como generación eólica, sistemas fotovoltaicos, confiabilidad, armónicas y accionamientos eléctricos. Ha publicado más de 600 trabajos en revistas de la especialidad, 33 de los cuales han recibido IEEE Prize Paper Awards. Es co-autor de 4 monografías y editor de 10 libros en el área de electrónica de potencia y sus aplicaciones. Entre 2014 y 2020 ha sido nominado anualmente por Thomson Reuters como uno de los 250 investigadores más citados en Ingeniería en el mundo. Se ha desempeñado como Editor-en-Jefe del IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS (2006 - 2012). Ha sido Conferenciante Distinguido de la IEEE Power Electronics Society (2005 – 2007) y de la IEEE Industry Applications Society (2010 – 2011 y 2017 – 2018). Durante 2019 y 2020 fue Presidente de la IEEE Power Electronics Society. Ha sido Vice-Presidente de la Danish Academy of Technical Sciences. A lo largo de su Carrera ha recibido numerosos premios como por ejemplo: IEEE PELS Distinguished Service Award en 2009, el EPE-PEMC Council Award en 2010, el IEEE William E. Newell Power Electronics Award 2014, el Villum Kann Rasmussen Research Award 2014, el Global Energy Prize en 2019 y el IEEE Edison Medal en 2020.

ENTREVISTA AL ING. MANUEL SOLANET

PRESIDENTE DE LA ACADEMIA
NACIONAL DE INGENIERÍA-
REPÚBLICA ARGENTINA.
PRESIDENTE DE CAETS -2021.



Durante el año 2021 Ud. ha sido el Presidente del Consejo Internacional de Academias de Ingeniería y Ciencias Tecnológicas (CAETS: International Council of Academies of Engineering and Technological Sciences). ¿Nos podría hacer una referencia respecto a este Consejo de Academias? ¿Cómo se encuentra conformado? ¿Cuáles son sus objetivos?

El CAETS cuenta con 31 miembros, Son todos ellos academias nacionales de ingeniería u órganos que sin esa denominación cumplen con similares funciones y objetivos. Son 31 países de los cinco continentes estando los principales en cuanto al desarrollo

tecnológico y de la ingeniería. He realizado una estimación referida a la representatividad de CAETS concluyendo que agrupa más del 80% del Producto Bruto mundial.

El Directorio está conformado por 10 personas. Todos ellos son presidentes de sus respectivas academias nacionales. Permanecen dos años y se reemplazan por mitades cada año. Son designados por el Consejo que incluye los 31 representantes. Hay una mesa directiva chica integrada por el Presidente, el presidente anterior, el próximo que se nombra con un año de anticipación, y el gerente/secretario. La Presidencia se otorga al país que organiza la reunión anual y dura un año.

Funcionan en el CAETS cinco comisiones técnicas: Comunicaciones; Energía; Educación; Diversidad e Inclusión y Desarrollo Sustentable. Han producido importantes documentos e investigaciones.

Los objetivos de CAETS son

- Asesorar a gobiernos y organizaciones internacionales sobre cuestiones técnicas y políticas relacionadas con sus áreas de especialización;
- Contribuir al fortalecimiento de las actividades de ingeniería y tecnología para promover el crecimiento económico sostenible y el bienestar social en todo el mundo;
- Fomentar una comprensión equilibrada de las aplicaciones de la ingeniería y la tecnología por parte del público;
- Proporcionar un foro internacional para la discusión y comunicación de temas de ingeniería y tecnología de interés común;
- Fomentar los esfuerzos cooperativos internacionales de ingeniería y tecnología a través de contactos significativos para el desarrollo de programas de interés bilateral y multilateral;
- Fomentar la mejora de la educación y la práctica de la ingeniería a nivel internacional

A su vez en septiembre de 2021, la Academia Nacional de Ingeniería, que Ud. Preside, ha realizado el congreso CAETS 2021, cuya temática central fue “El futuro de la Energía”. ¿Podría hacer una reseña de lo acontecido en el congreso?

Hasta comienzos de abril de 2021 trabajamos para una reunión presencial. No pudo ser. La pandemia entró en su segunda ola y tuvimos que optar por hacerla virtual. Esto no impidió que resultara un éxito. Contamos con la mejor tecnología y el programa incluyó 31 expositores de 16 países distintos. La diferencia muy amplia de husos horarios creó una dificultad para esta reunión virtual. La conveniencia de no imponer sesiones en horas nocturnas de sueño nos llevó a concentrar todas las actividades entre las 8:30 y 12:30 hora argentina.

El tema principal fue el futuro de la energía.

Se obtuvieron conclusiones interesantes sobre los cambios que deberán introducirse en la matriz energética para lograr un desarrollo económico y social sustentable. La cuestión del calentamiento global estuvo muy presente en los tres días.

Sintetizo las conclusiones más relevantes: Hay enormes recursos y también grandes desafíos. Las fuerzas impulsoras comunes son el crecimiento de la demanda y la necesidad de reducir las emisiones de carbono. Las políticas energéticas deben adaptarse a los recursos y barreras locales de cada país. Las energías renovables ya no son proyectos piloto, ahora deben implementarse a escala, Esto será un desafío financiero y técnico. Existe un potencial para que las nuevas industrias relacionadas con la energía asuman el papel de aquellos sectores basados en combustibles fósiles que se están eliminando gradualmente. Las capacidades institucionales y gubernamentales pueden ser clave para la transición energética. Hay un gran potencial de inversión y cooperación internacional.

Entre octubre y noviembre de 2021, se ha desarrollado en Glasgow la Conferencia de las Partes N°26. ¿Cuál ha sido la postura de CAETS respecto a la COP 26?

CAETS acompañó la reunión de Glasgow y produjo un documento destacando cual es el rol de la ingeniería en el objetivo de preservar el ambiente y cumplir con los objetivos del COP. La reunión de Buenos Aires es un claro ejemplo de la preocupación de CAETS por este tema.

<https://www.newcaets.org/wp-content/uploads/2021/11/CAETS-COP26-Statement-FINAL.pdf>

En este número de In-Genium hemos abordado el tema “La Ingeniería y el Desarrollo Sostenible”. ¿Cuáles son sus principales reflexiones respecto a esta temática. ¿Podría indicarnos algunas de las líneas en las cuales desde “la Ingeniería” se podrían concre-

¿Varios de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible enunciados en la Agenda 2030?

Hay varios campos de la ingeniería que son muy relevantes por su contribución al desarrollo y para que éste sea sostenible. A mi juicio son: la energía; la minería, el transporte y las industrias con mayor impacto contaminante y emisiones de CO₂. En estos rubros descansa la expectativa de lograr las metas de cambio climático de la Agenda 2030 (1,5°) haciéndolas compatibles con un crecimiento de la economía. En tres de estos campos ha trabajado la Academia Nacional de Ingeniería y ha producido documentos que han tenido trascendencia. El desarrollo sostenible de la minería fue tratado junto con el Centro Argentino de Ingenieros. En ese proyecto trabajó activamente nuestro Instituto de Ambiente y Desarrollo Sostenible. El trabajo sobre la energía lo trató nuestro Instituto de la Energía junto con el comité de Energía del CAETS. El efecto ambiental del transporte fue analizado por nuestro Instituto del Transporte.

El caso de la industria es un gran desafío para la ingeniería. Ha habido progresos notables en la tecnología que han permitido que industrias contaminantes ya no lo sean. Es el caso por ejemplo, de la producción de celulosa que tantas preocupaciones y reacciones injustificadas produjo hace unos años. En aquella oportunidad la Academia Nacional de Ingeniería produjo un informe que fue rechazado por el gobierno que temía enfrentar las reacciones frente a la planta de Fray Bentos.

La clave está en la investigación y la experimentación de nuevas tecnologías limpias, buscando permanentemente la reducción de costos

ENTREVISTA AL ING. OSCAR VIGNART

INGENIERO QUÍMICO (UNLP).
DIRECTOR DEL COMITÉ
ORGANIZADOR DE CAETS 2021
DIRECTOR DEL INSTITUTO DE
ENERGÍA ANI



Usted ha coordinado el Comité Organizador del congreso CAETS 2021 “El futuro de la Energía”. Indudablemente se habrán realizado presentaciones vinculadas al tema central de este número de nuestra revista “La Ingeniería y el Desarrollo Sostenible”. ¿Cuáles son las principales conclusiones que considera que deben destacarse al respecto?

El congreso tuvo más de 30 expositores de todo el mundo, el foco fue la energía del futuro y que va a pasar con todo el sistema energético y fundamentalmente en los cambios que se van a introducir que derivan de las consecuencias del uso de combustibles

fósiles para generar energía y el aumento de la concentración de los gases contaminantes, fundamentalmente anhídrido carbónico y hay otros también como butano y óxidos nitrosos en la atmósfera.

El congreso que organizamos analizó los distintos caminos que hoy día aparecen disponibles para hacer un verdadero cambio en las formas de generar energía y la contribución principal del seminario fue poder analizarlos, poder tratar de evaluarlos y una de las consecuencias mayores del seminario fue apreciar que el cambio dramático que hay que hacer en cuanto a la generación energética.

Sobre todo, porque con el aumento de la población y con la revolución industrial que fue una de las causas justamente del crecimiento de la población y el aumento del estándar de vida, el consumo de energía en el mundo aumentó rápidamente.

Este proceso comenzó en el siglo XIX y ese aumento del uso de energía hizo que el consumo energético que hasta ese siglo era principalmente combustibles derivados de la madera, de bioenergía, se sumó el carbón que facilitó enormemente el crecimiento de la generación energética y eso tuvo un impacto de vida en los estándares de la población.

Luego vino a fin del siglo XIX el petróleo, y después en el siglo XX se agregó el gas natural y esos tres componentes, carbón, petróleo y gas natural, fueron los tres principales vectores que impulsaron el desarrollo de la civilización durante más de 150 años.

Lo que ocurrió es que en el mundo hay un ciclo que es el ciclo de anhídrido carbónico por el cual en la naturaleza se produce anhídrido carbónico y se absorbe anhídrido carbónico en cantidades de millones y millones de toneladas. Este ciclo de anhídrido carbónico está muy relacionado con el ciclo de la vida, es decir, toda la fotosíntesis por el cual se fija anhídrido carbónico de la atmósfera en plantas y de ahí a todo el ciclo biológico, es parte del comportamiento normal de la vida, para tener una idea son miles de millones de toneladas de anhídrido carbónico que anualmente se desprenden de la actividad biológica y se absorben a través de los procesos biológicos.

Lo que ocurrió en los últimos 150 años, es que el hombre empezó a generar anhídrido carbónico adicional al funcionamiento del ciclo de la naturaleza. A pesar que esa emisión de anhídrido carbónico proveniente de la combustión de combustibles fósiles es pequeña comparada con el ciclo del anhídrido carbónico de la naturaleza, se produce un desbalance entre lo que se emite y lo que se absorbe. Este desbalance provocó que gradualmente aumente la concentración de anhídrido carbónico en la atmósfera.

Estamos hablando de partes por millón, y ese paulatino el crecimiento de anhídrido carbónico en la atmósfera, trajo como consecuencia un fenómeno que es el de absorción de la radiación térmica que emite la tierra.

En la tierra hay un proceso que es recepción de emisiones solares de energía térmica y de emisión de la tierra de esa misma energía hacia el espacio, este es un fenómeno que en la atmósfera, sobre todo por el vapor de agua, parte de la energía que emite la tierra es detenida de esa manera fundamentalmente por el vapor de agua y eso hace que nosotros tengamos hoy una temperatura promedio arriba de 10 grados, que si no tuviéramos este factor de absorción de energía la temperatura de la tierra sería de -10 o -5 grados centígrados, pero el anhídrido carbónico en la atmósfera agregó otro factor de retención de energía y eso provocó también el calentamiento global y, en cuanto al promedio de la temperatura de la tierra en los últimos años el aumento de anhídrido carbónico ha provocado hoy día una subida de alrededor de 1° la temperatura de la superficie terrestre, y este aumento de 1° de la superficie terrestre crea cambios en el movimiento en el ciclo del agua, en el nivel del mar, es decir trae una serie de consecuencias y un impacto en eventos climáticos que van cambiando la naturaleza y el equilibrio del funcionamiento de lo que nosotros conocemos como la atmósfera que rodea la tierra.

Ese aumento es lo que preocupa, y este es un estudio que se viene haciendo de hace años en el que de alguna manera hay que parar el crecimiento de las emisiones de anhídrido carbónico y eventualmente estabilizarlas y en algún momento comenzar a bajarlas para evitar que la temperatura supere 1° y medio o 2° que son las estimaciones que se hacen en las cuales los eventos climáticos empiezan a tomar un nivel de importancia tal que va a complicar el funcionamiento de la sociedad provocando alteraciones en la producción de alimentos, en el nivel del mar y, en eventos climáticos cada vez más extremos.

De ese análisis surge la necesidad de empezar a rever de qué forma nosotros genera-

mos energía sin poner gases que aumenten la retención térmica y favorezcan el aumento de temperatura de la tierra.

El seminario estaba encarado para analizar todas las alternativas posibles y tratar de ayudar a diseñar un camino que es muy complicado y que no va a ser fácil para hacer este cambio necesario en la generación de energía.

<https://acading.org.ar/caets-2021/>

Usted participa activamente del Comité de Energía de CAETS. En el año 2020, se publicó el trabajo “Soluciones para la penetración de alto nivel de la electricidad renovable intermitente (Informe2020)”, en el cual se incluyó información correspondiente a Argentina. Se ha planteado que en el año 2022 se publicará un trabajo referido a las estrategias de descarbonización de diversos sectores de la demanda: edificios, industria química, acero, cemento y aluminio. ¿Podría hacer alguna referencia a estos dos informes de CAETS?

El primer informe, de acuerdo a lo que dice, es un informe que hizo CAETS sobre la penetración de las energías renovables en el parque generador eléctrico, fundamentalmente energía solar y energía eólica.

En el mundo hay un crecimiento muy grande de estas dos nuevas formas de generar energía eléctrica y este crecimiento trajo como consecuencia un problema que deriva de la naturaleza de la generación de energía a través de estas fuentes y que es la interrumpibilidad, es decir, no tenes viento todo el tiempo para generar energía y por supuesto no tenes una radiación solar importante porque tenes horas del día determinadas que varían según la época del año y esto trae como consecuencia de que tengas que prever que alternativas tenes de generación eléctrica para cubrir los baches de generación que provoca los ciclos naturales de generación de energía solar y eólica. Esto es un desafío muy grande porque hoy día las soluciones son tener energías almacenadas por ejemplo en

baterías que hoy en día es un costo enorme generar capacidades de almacenaje en baterías para poder suplir la energía cuando vos no tenes ni viento ni radiación solar, otra alternativa es la de usar energía hidroeléctrica si tenes la posibilidad de tener un reservorio de agua para hacer funcionar las turbinas cargando agua de ese reservorio y la tercera alternativa es usar energía térmica de rápida puesta en marcha al ser turbinas de gas para abastecer de energía y suministrar en esos baches lo que no producís ni con la energía térmica ni solar.

El estudio que se hizo fue precisamente ver los problemas eléctricos que se generan por estos ciclos donde tenes que tener la capacidad de cubrir los baches de faltantes de energía cuando no podés generar. Ese fue el primer estudio de CAETS.

El otro estudio que estamos ahora haciendo es fundamentalmente en el sector industrial que es uno de los emisores más importantes de gases contaminantes, por lo cual CAETS ha buscado los sectores industriales que tienen la mayor contribución para la emisión de gases contaminantes, fundamentalmente estamos hablando siempre anhídrido carbónico. Entonces se han creado comisiones que están trabajando en cuales son los caminos posibles para descarbonizar industrias como la producción de cemento, acero, aluminio, químicos, la parte de construcción de edificios, informática y, parte de la industria de la alimentación desde la producción agrícola hasta la producción de alimentos procesados y distribución final al consumidor.

Todas estas comisiones están hoy elaborando lo que es un análisis sector por sector hoy el impacto que tienen en la generación de anhídrido carbónico y proponiendo alternativas para gradualmente ir descarbonizando los sectores industriales e ir cambiando de esa manera la matriz de generación de energía para favorecer este cambio en la emisión de gases.

<https://www.newcaets.org/statements-reports/caets-reports/>

¿Cómo ve en el ámbito internacional, el cumplimiento de la meta de cero emisiones para el año 2050- NetZero 2050? ¿Cuál es su opinión respecto a las acciones que deberían contemplarse en Argentina?

La meta de 2050 es una meta muy ambiciosa, va a requerir de un esfuerzo gigantesco, va a requerir de una coordinación internacional para que funcione y uno de los problemas más grandes que hay es como se va a financiar esa transición. Toda la infraestructura energética que hoy tenemos es el resultado de un proceso de 100 años de inversión donde se han volcado recursos financieros enormes para rendir todo el andamiaje energético que hoy nos estamos beneficiando del mismo, entonces tenes que reemplazar toda esa inversión que se realizó en 100 años en menos de 30 años y además tenes que ampliarla y hacerla crecer sobre todo porque tenes que generar más electricidad, el mundo en el proceso de descarbonización esta sufriendo un proceso de electrificación, se va a consumir más electricidad per cápita de lo que hoy se consume con lo cual la inversión es muy importante y eso es uno de los grandes desafíos. No hay en la historia económica un proceso de la magnitud y de la importancia que implica este cambio energético derivado del tema climático, no hay nada que nosotros podamos usar como ejemplo del pasado porque este es un cambio que se tiene que producir en un periodo de tiempo muy corto, mucho mas corto de lo que han sido los ciclos naturales por el cual va cambiando la infraestructura de la industria y de la generación de energía en el mundo.

Hoy lo que tenemos son metas, propuestas de caminos alternativos, pero no hay hoy ninguna seguridad de que esto se pueda cumplir y de que haya una receta única para cumplirlo.

Cada región cada país tiene que hacer un análisis de su situación específica y en función de ese análisis tiene que buscar los caminos para llegar a la meta de descarbonización y esos caminos van a ser muy diferentes de un país a otro.

Nosotros en Argentina tenemos un camino a explorar que es muy importante y está disponible en función de nuestra realidad que es lo que se llama las soluciones de la naturaleza, esto es por ejemplo el uso de la posibilidad de reforestación, crear bosques, aumentar los cultivos que absorben anhídrido carbónico, pastizales y, Argentina puede ser por las condiciones de su clima, suelos y demás lo que se denomina una fuente de absorción anhídrido carbónico importante.

Esas soluciones biológicas que van a estar al alcance de algunos países, no de todos, es uno de los caminos que hay que desarrollar y explorar. Los cambios que hay que hacer son enormes y, esos cambios, implican inversiones muy grandes para cambiar toda una estructura industrial y ahí surgen las preguntas y los temores de como manejar esto sin que se convierta en un golpe inflacionario importante porque muchas de las tecnologías que hoy se están explorando significa un costo mayor para producir lo que hoy estas haciendo, entonces ese costo mayor pasa de alguna manera a los precios de la economía y eso va a provocar un salto inflacionario importante.

Por eso es que esta transición energética es un desafío tecnológico, financiero y es un desafío institucional, porque como lo implementas lo llevas adelante, si haces un sistema de incentivos para que esa reconversión se haga lo más rápidamente posible y esos incentivos como se financian, como se pagan, tienen un impacto enorme en el funcionamiento de la economía y hoy es un capítulo abierto, ningún país lo ha resuelto hasta ahora y el camino a iniciarse tiene que ser un camino donde las realidades de las distintas situaciones geográficas va a destinar por donde se va.

LAS CONSTRUCCIONES DE HORMIGÓN Y LAS EMISIONES DE GEI

ALBERTO GIOVAMBATTISTA Y MATÍAS POLZINETTI



INTRODUCCIÓN. LA EMISIÓN DE GEI Y LOS ACUERDOS PARA SU LIMITACIÓN.

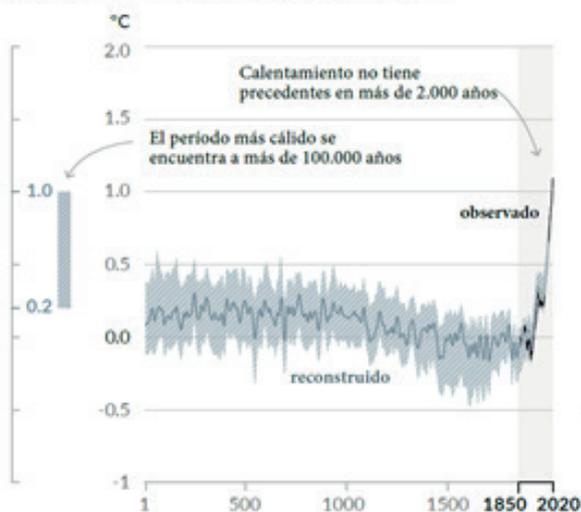
Las actividades antrópicas posteriores a la revolución industrial del siglo XIX vienen produciendo un incremento de la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI o GHG por sus siglas en inglés). Dichas emisiones afectan en grado importante al cambio climático y constituyen una preocupación prioritaria para la preservación del medio ambiente.

Los GEI más importantes están regulados por la Convención Marco Sobre Cambio Climático y son los siguientes: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y los gases fluorados (HFCs, PFC, SF_6). Entre ellos, el más preocupante es el CO_2 debido al volumen generado y su permanencia en la atmósfera, que es de aproximadamente 100 años, por lo que las emisiones actuales afectarán a varias generaciones. Como contraste, el CH_4 tiene una permanencia de aproximadamente 12 años, aunque su potencial de calentamiento global es entre

27,2 y 29,8 veces mayor que el CO_2 [1]. Por esta razón, a este GEI se lo conoce como un gas “forzador del cambio del clima a corto plazo”.

Las figuras 1 y 2 [1][2] muestran claramente la anomalía o variación de temperatura respecto del período 1961-1990 y las variaciones de las emisiones producidas por las distintas actividades antrópicas, respectivamente.

a) Cambio en la temperatura superficial mundial (en promedios por décadas), reconstruido (1-2000) y observado (1850-2020)



b) Cambio en la temperatura superficial (promedio anual) observada y simulada considerando factores antrópicos & naturales y sólo naturales (ambos en 1850-2020)

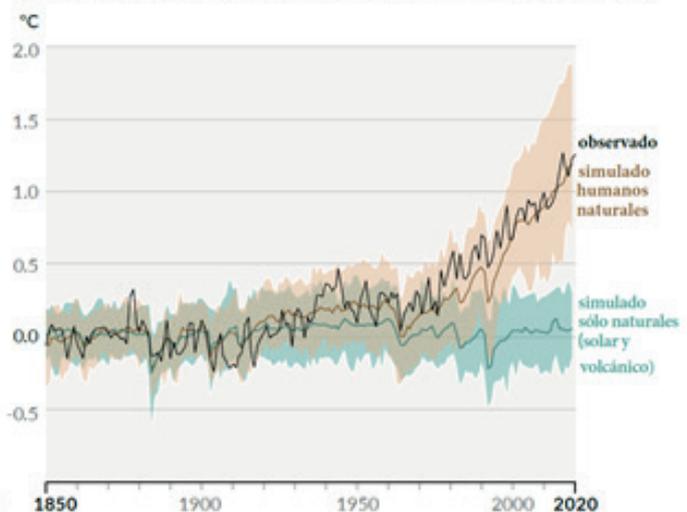


Figura 1. Cambio de la temperatura superficial mundial observada en el período 1850-2020, y por reconstrucción en el período 1-2000 [1]

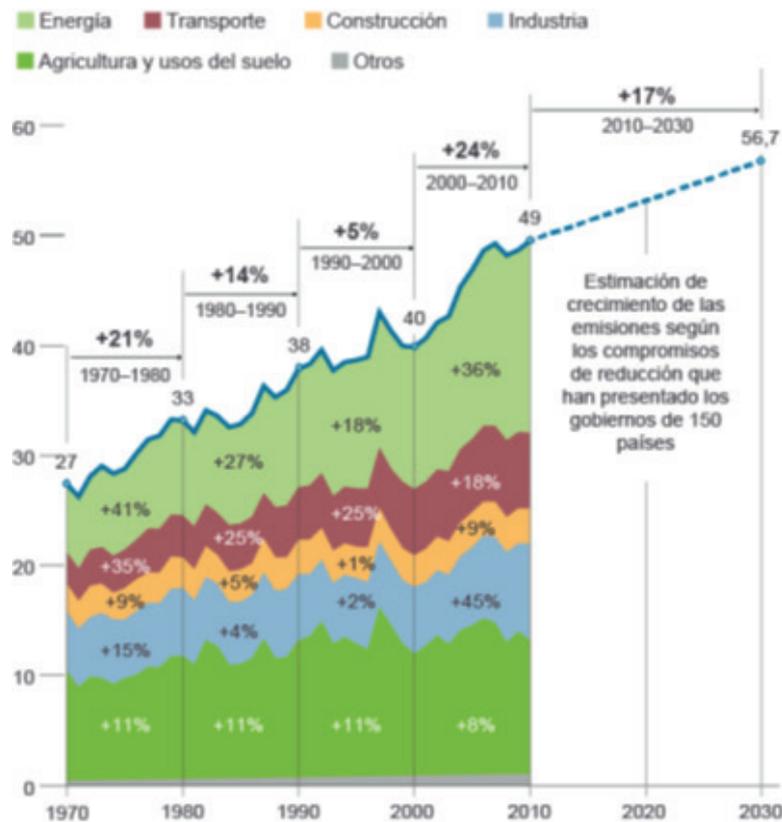


Figura 2. Emisiones de las distintas actividades antrópicas [2]

El Acuerdo de París [3], ratificado por 174 países, comprometió mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de temperatura a 1,5 °C, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático.

Para cumplir el objetivo a largo plazo se propuso que las emisiones mundiales de GEI alcancen su máximo lo antes posible, teniendo presente que los países en desarrollo tardarán más en lograrlo. A partir de ese momento se deberán reducir rápidamente para alcanzar, en la segunda mitad del siglo, un equilibrio entre los GEI emitidos por las fuentes y su absorción por los sumideros, sobre la base de la equidad, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza. Las Partes deberían adoptar medidas para conservar y au-

mentar, según corresponda, los mencionados sumideros y depósitos de GEI, incluidos los bosques.

El Acuerdo establece además que sus signatarios deben presentar sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC, por su sigla en inglés), con sus respectivos compromisos de acciones contra el cambio climático, con actualización frecuente. Inicialmente fue estipulada una frecuencia quinquenal, y recientemente se ha adecuado a una regularidad anual.

En línea con las directrices del Acuerdo, el Estado Argentino estableció inicialmente, en la Conferencia de la Partes No. 21 (COP 21), un compromiso de reducción de emisiones totales del país al año 2030 del 15 % en base incondicional, con posibilidad de extenderla hasta un 30 % a condición de disponer los recursos y acceder al financiamiento internacional necesario. En el año 2016, en el marco de la Conferencia de las Partes No.

22 (COP 22), las metas anteriores fueron elevadas a 18 % y 37 % respectivamente, en comparación con el escenario de “no-modificación” (business-as-usual).

Seguidamente, desde el año 2016 al 2019, fue desarrollado el Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático, formalizado a través de la Resolución 447/19 de la ex Secretaría de Gobierno de Ambiente de la Nación [4], que contempla un conjunto de acciones destinadas a mitigar las emisiones de GEI en distintos sectores de la Economía, en los ejes de energía, transporte, agro, industria, salud, bosques y uso del suelo, e infraestructura y territorio.

La 26ª Conferencia de las Partes (COP26) se celebró en Glasgow en noviembre de 2021. En ella, 197 países reafirmaron los objetivos del Acuerdo de París para evitar una catástrofe climática global. Para alcanzar estos objetivos, el mundo necesita reducir las emisiones anuales en 28 GtCO_{2,eq} adicionales (28 mil millones de toneladas métricas de CO₂ equivalente) para 2030, más allá de lo que las naciones se habían comprometido en las 1ras NDC. Asimismo, más de 100 países se comprometieron a reducir en un 30 % las emisiones de metano hacia el año 2030.

En ese marco, Argentina presentó su segunda contribución nacionalmente determinada (NDC) a la CMNUCC, a través de la que se comprometió a ampliar su ambición de mitigación al año 2030 en un 25,7 % respecto a lo planteado previamente, estipulando no superar los 359 MtCO_{2,eq} a ese término. También declaró interés en alcanzar la neutralidad de CO₂ en 2050, pero al momento no anunció una estrategia para lograrlo. Como parámetro de comparación, se estima que, en el año 2017, Argentina emitió gases de efecto invernadero por un total de 364 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (364 MtCO_{2,eq}), incluyendo el uso del suelo [5]; el origen de dichas emisiones se presenta en la figura 3. En tanto, a nivel mundial, en el 2019 las emisiones de GEI volvieron a aumentar por tercer año consecutivo, y se situaron en un máximo histórico de 52,4 GtCO_{2,eq} (rango de ±5,2 °C) -sin computar las emisiones derivadas del cambio de uso de la tierra- y 59,1 GtCO_{2,eq} (rango de ± 5,9 °C) si estas sí se incluyen. Como dato complementario, las emisiones de GEI de Argentina representan aproximadamente el 0,7 % del inventario total mundial.

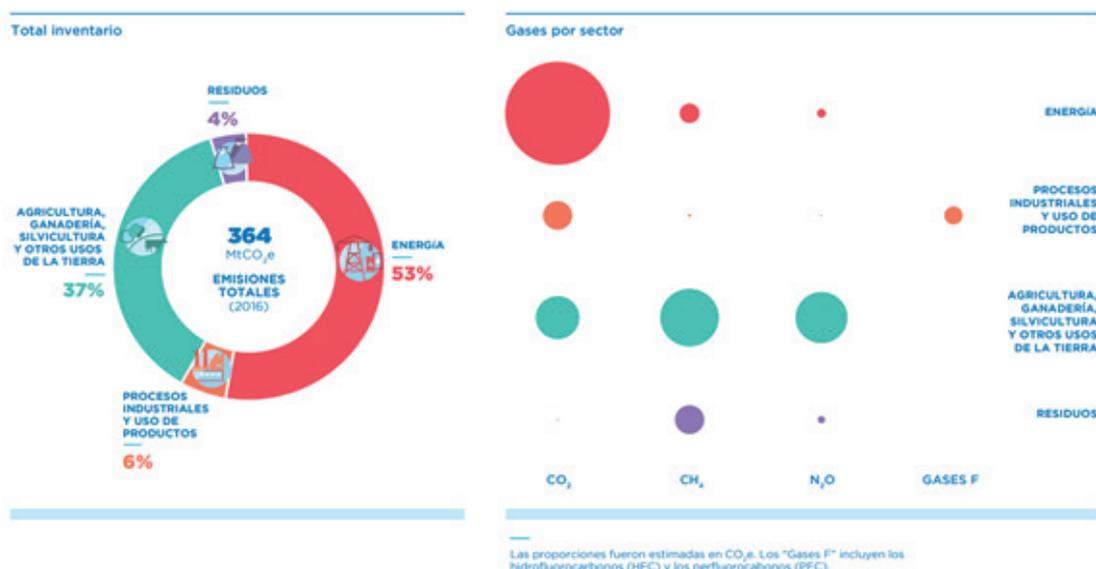


Figura 3. Argentina. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, 2019^[4]

Al respecto es importante la opinión del Consejo Internacional de Academias de Ingeniería y Ciencias Tecnológicas (CAETS), integrado por 31 instituciones, entre las que se encuentran las academias nacionales de Argentina, Canadá, China, Francia, India, Reino Unido y Estados Unidos de Norteamérica. Según CAETS, las evidencias sugieren que la realidad de limitar el calentamiento global a 1,5 °C puede estar desapareciendo. Por lo tanto, se deben tomar acciones rápidas y efectivas en esta década para descarbonizar las actividades antrópicas, y evitar así romper puntos de inflexión peligrosos e irreversibles. En ese contexto, CAETS ha programado su reunión anual de 2022 sobre el tema de descarbonización, y está reuniendo una importante información sobre la situación actual y objetivos en los países miembros. Una de los subtemas a tratar es precisamente la situación en la industria del cemento.

Lo expuesto muestra claramente que la descarbonización del planeta se ha convertido en una prioridad para la Humanidad, y que su logro demandará un esfuerzo enorme y sostenido por varias décadas. En ese camino, no hay reducciones que puedan despreciarse, siendo todas las contribuciones útiles y valorables.

En este trabajo nos hemos propuesto describir la situación de las construcciones de hormigón y en particular de la industria del cemento. En el texto, utilizaremos indistintamente las expresiones emisión total de GEI (emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto) o huella de carbono.

LA SUSTENTABILIDAD DE LAS CONSTRUCCIONES DE HORMIGÓN Y LAS EMISIONES DE GEI EN LA FABRICACIÓN DEL CEMENTO.

El sector de la construcción y las edificaciones es responsable de entre el 30 y el 40 % del consumo mundial de la energía, mayoritariamente (cerca del 70 %) concentrado

en los edificios de uso residencial. A consecuencia de ello, cerca del 40 % de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero [6] están asociadas a este sector.

En línea con lo anterior, en Argentina, el 43 % de las emisiones de GEIs están asociadas a usos de la energía, con un 26 % debido a la demanda energética de uso residencial. En edificios, el mayor requerimiento se debe a las necesidades derivadas del acondicionamiento térmico interior (39 %). En tal sentido, una mayor eficiencia energética en las edificaciones es, sin lugar a dudas, prioritaria en cualquier estrategia de mitigación de GEIs y de desarrollo de un sector de edificación más sostenible.

El hormigón es el material producido por el Hombre de mayor uso en el mundo, sólo superado en consumo por el agua. En el año 2020, en el mundo se consumieron cerca de 14.000 millones de metros cúbicos de este material [7].

La centralidad del hormigón en el sector de la construcción y el ambiente construido, del presente y del futuro, es indudable, al permitir todo tipo de soluciones de construcción seguras, asequibles, resilientes, de muy larga vida en servicio por encima de los 100 años, elevada resistencia a la carga de fuego, excelente comportamiento frente a sismos, posibilidad de reutilización y reciclado en un cien por cien, con una muy elevada versatilidad. Su uso es irremplazable en muchos campos de aplicación, no sólo por sus prestaciones técnicas sino también por sus ventajas comparativas en términos de volumen disponible y requerido, costo relativo, origen y provisión local, resiliencia y accesibilidad tecnológica.

Asimismo, en el contexto de la agenda de la acción por el clima y el desarrollo sostenible, a futuro debe esperarse un incremento importante del empleo del hormigón, teniendo en cuenta las necesidades de infraestructura y vivienda que se requerirán ante el aumento de la población mundial y las carencias actuales de las naciones en desarrollo. En la actualidad cerca del 54 % de la

población vive en ciudades, y se espera que este registro se incremente a alrededor del 70 % hacia el año 2050.

Como demostración de lo anterior puede observarse que la superficie total construida en el mundo hacia el año 2016 era de alrededor de 235 mil millones de metros cuadrados (m^2), y se prevé que dicha extensión se duplique al cabo de los próximos 40 años, lo que equivale a sumar al planeta cada año, hasta el 2060, una superficie de construcción equivalente a la construida en la actualidad en Japón [7].

La huella de carbono de una edificación típica de hormigón de uso residencial multifamiliar, para el ciclo de vida completo en un período de servicio del orden de 50 a 60 años, se concentra en un 80 a 90 % en su etapa de servicio, casi exclusivamente asociada al uso de energía. La porción restante se completa con la huella de carbono de los materiales utilizados y al proceso constructivo, y a la deconstrucción al final de su vida útil. En lo relativo a la etapa de construcción, alrededor de un 40 a un 50 % se debe al hormigón utilizado [8], y en él, cerca de un 80 % es debido a la huella de carbono del cemento utilizado.

El cemento es un conglomerante hidráulico

de estructura compleja, producido en forma industrial a partir de clínker y otras adiciones minerales. Es el componente esencial de los hormigones, y constituye entre el 10 % y 15 % de su volumen. A su vez, el clínker es un producto intermedio que se obtiene por cocción hasta fusión parcial de mezclas íntimas, denominadas crudos, a una temperatura próxima a los $1450\text{ }^\circ\text{C}$, en una instalación conocida como horno de clinkerización. El consumo de energía total (térmica y eléctrica) para la producción de cemento es en la actualidad del orden de $2,66\text{ GJ / t}$ cemento, siendo un 87 % debida al uso térmico y un 13 % al uso eléctrico (AFCP, 2020).

El clínker de tipo portland se compone esencialmente de óxido de calcio (entre 65 y 68 %), óxido de silicio (entre 20 y 23 %), óxido de aluminio (4 al 6 %), óxido de hierro (2 al 4 %), y en una porción menor de otros óxidos [9]. Para alcanzar tal composición, la dosificación del crudo incluye materias calizas en alrededor de un 85 % (aportantes de calcio), arcillas y esquistos en cerca de un 13 % (aportantes de hierro, sílice y alúmina), materiales fundentes y correctores. Por cada tonelada de clínker producido se requieren aproximadamente 1,5 toneladas de harina cruda, y se origina una emisión de aproximadamente 760 kg CO_2 .

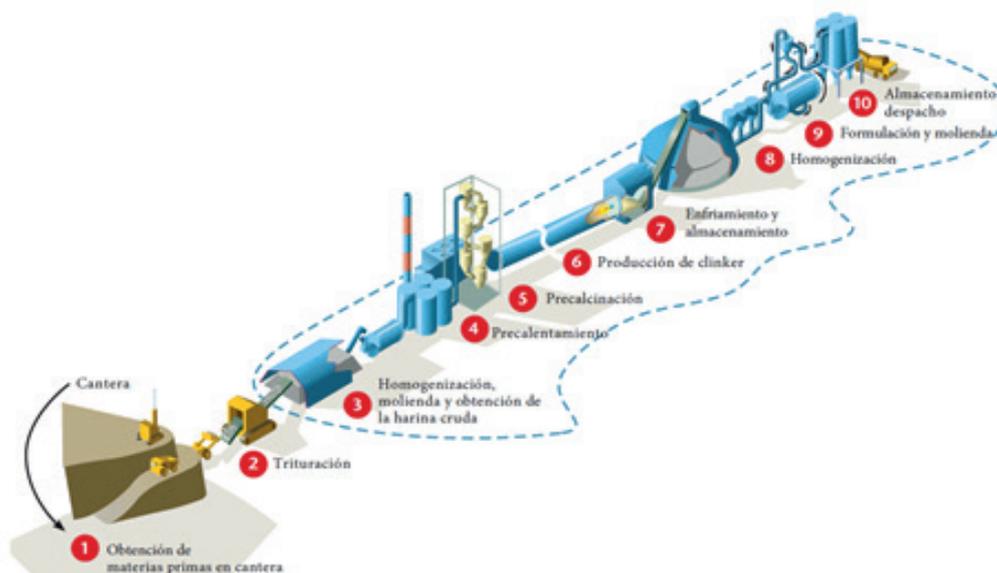


Figura 4. Esquema del proceso de fabricación de clínker y cemento. Fuente: traducido de^[10]

En la actualidad, el mundo demanda cerca de 4.200 millones de toneladas de cemento por año [7]. Cerca de la mitad es utilizado para la producción de hormigón, y el resto se destina a la fabricación de mampuestos, a la elaboración de mezclas de revestimiento y otros morteros para propósitos múltiples [11]. Cabe señalar que, en 2021, 53 % (blanco rígido) de la producción mundial de cemento se originó en China. En tanto, en Argentina, en los últimos 5 años, el consumo aparente del cemento estructural se ha mantenido entre 9,7 y 12,1 millones de toneladas al año.

La producción de hormigón también origina un cierto consumo de energía, fundamentalmente para la obtención de los agregados y la elaboración y puesta en obra del hormigón, aunque en una medida sustancialmen-

te menor.

La figura 5 resume la contribución de cada uno de los factores anteriores en la huella de carbono de una construcción. Los valores allí consignados provienen de estudios en Francia y Suiza entre los años 2010 y 2015. Si bien la realidad puede ser diferente en los distintos países, es igualmente un indicador significativo.

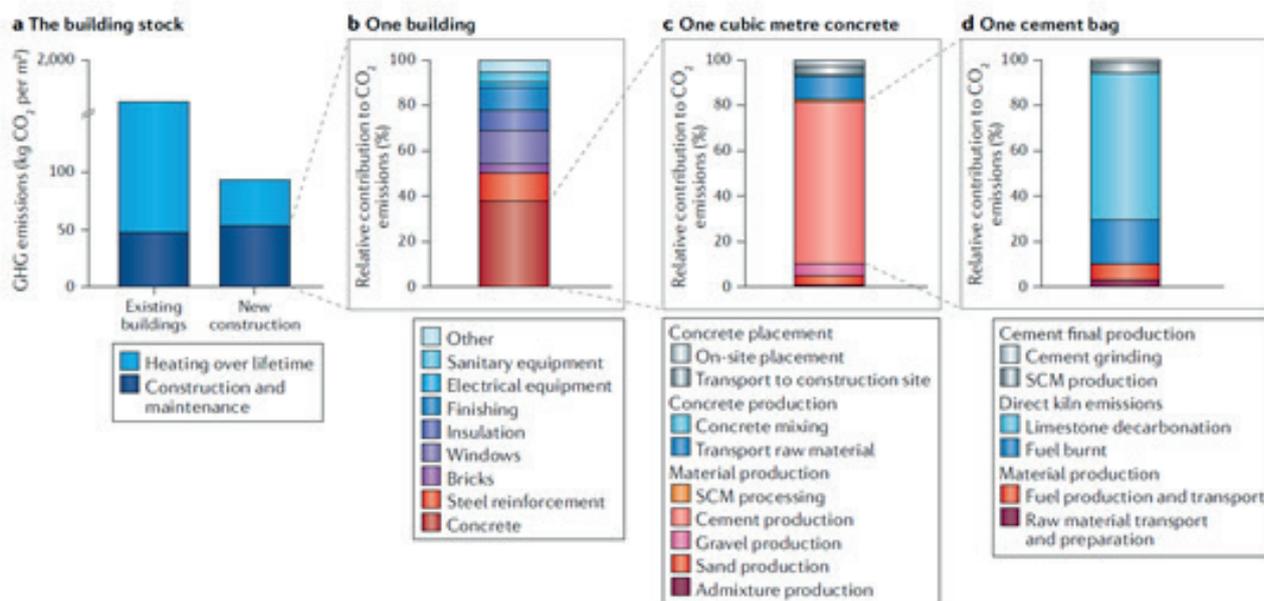


Figura 5. Contribución del cemento y hormigón a la huella de carbono de una construcción de hormigón armado en términos de su huella de carbono, en el status actual (Existing Buildings) y futuro con un alto estándar de eficiencia energética (New Construction) [11]

A modo referencial, en el Cuadro 1 se muestran resultados de un estudio del Concrete Sustainability Council (CSC) con datos de la República Federal Alemana [12]. Corresponden a hormigones con cementos sin adiciones y no considera efectos de compensación por recarbonatación del hormigón. En Argentina aún no existen datos similares, aunque se espera disponerlos en el tiempo venidero.

	Clases de resistencia					
	(Percentil: 5 % - Resistencia a compresión en probetas cilíndricas)					
	H20	H25	H30	H35	H45	H50
Valor de referencia (kg CO _{2,eq} / m ³)	213	237	261	286	312	325

Cuadro 1. Línea de referencia de CO₂ para hormigones de clases de resistencia a la compresión entre H20 y H50 de Alemania, considerando de datos de entrada de la plataforma GaBi. Fuente: Concrete Sustainability Council (CSC)^[12]

Por otra parte, el hormigón de las estructuras en servicio se carbonata a partir de la superficie expuesta y se convierte en un sumidero de CO₂. Y este se incrementa en las deconstrucciones por la elevada superficie de material resultante de su trituración que queda en contacto con el CO₂ del aire.

Las estimaciones sobre la magnitud de la recarbonatación son muy variadas, dependen de factores locales y habrá que calcularlas para cada país. Teniendo presente las condiciones ambientales de exposición y que los materiales cementíceos utilizados contienen adiciones minerales, en ausencia de estudios específicos, a nivel internacional se considera una tasa promedio de recarbonatación equivalente al 20 % de la huella de carbono devenida de la decarbonatación de la piedra caliza en la producción de clínker (representaría unos 104 kg CO₂ / t clínker producido por los factores de emisión durante la elaboración de clínker de Argentina), extensible a 23 % en caso que se implementen estrategias específicas en la etapa de deconstrucción para triturar y exponer al hormigón a su carbonatación antes de ser reaprovechado

como agregado reciclado [13]. Otras estimaciones consideran que la recarbonatación del hormigón puede ser algo menor que el 10% de la emisión total producida por el hormigón, incluida su vida en servicio [2] [14], y otros [15] hay estimado que su efecto en el largo plazo equivale a una compensación del orden del 43 % de la huella de carbono de la producción de cemento. Por su parte, la norma UNE EN 16757 [16] proporciona un procedimiento para estimar el espesor de recarbonatación de estructuras de elementos de hormigón, en base a la clase de hormigón utilizado, tipo de exposición de los elementos estructurales y edad en servicio proyectada, y con ello estimar su efecto en términos de reducción de la huella de carbono durante la vida en servicio de la estructura.

Actualmente se están proyectando estructuras para 100 años de vida útil, y para lograrla debemos evitar la penetración de la carbonatación más allá del espesor de recubrimiento. Asimismo, en países como el nuestro, las deconstrucciones no serán significativas en los próximos años, por lo que la recarbonatación

de hormigones y morteros tendrá un aporte limitado como contribución para lograr una neutralización neta de su huella de carbono. Por su parte, también están en desarrollo tecnologías que apuntan a capturar el CO₂ emitido en la fabricación del clínker u otras industrias, para reciclarlo en otros procesos dentro de la industria de los agregados y del hormigón, o en la industria química. En el ámbito de la industria del cemento y hormigón, algunos casos son la mineralización de CO₂ por inyección en estado líquido en el hormigón fresco en planta hormigonera antes del despacho del hormigón a obra (permite una captura de CO₂ equivalente a 0,15 % de la masa de cemento por metro cúbico de hormigón), y la carbonatación de residuos de construcción y demolición u otros materiales de descarte de industrias y la comunidad para la obtención de agregados artificiales de huella de carbono negativa.

Por consiguiente, la descarbonización del sector de las construcciones en hormigón debe analizarse y optimizarse en un contexto holístico, que incluya las normas y especificaciones de aplicación, la producción de los materiales, el proyecto de las estructuras, la construcción, la vida útil de las estructuras, la deconstrucción final y las condiciones socio económicas del país de aplicación. La viabilidad y eficacia de los sumideros debe analizarse dentro del mencionado planteo holístico.

Para ayudar a lograr las metas del Acuerdo de París, la IEA (International Energy Agency) y la CSI (Cement Sustainability Initiative) se asociaron para desarrollar una hoja de ruta para una industria del cemento con baja emisión de CO₂. Su primera versión fue presentada en el año 2009, y luego fue actualizada en el año 2018. Más recientemente, la Global Cement & Concrete Association (GCCA) presentó una hoja de ruta global en representación de la industria mundial del cemento y hormigón, en línea con la ambición de lograr la condición de carbono-neutralidad neta hacia el año 2050 en escala hormigón [7]. La figura 6 muestra un resumen de las iniciativas que se prevén implementar y su partici-

pación relativa en el esfuerzo de alcanzar la carbono-neutralidad, mientras que el Cuadro 2 detalla las metas promedio mundiales en el sector cemento que deberán impulsarse para hacer posible el objetivo trazado. A medio término, en el año 2030, se espera que las medidas estipuladas conduzcan a una reducción de la huella de carbono promedio del hormigón por metro cúbico producido de un 25 % en comparación con la línea de referencia al 2020, y en un 20 % en la huella de carbono promedio del cemento.

Es evidente que los objetivos son extremadamente ambiciosos, y requerirán de un despliegue acelerado mundial de medidas de reducción de emisiones de CO₂, políticas de apoyo, articulación y colaboración multisectorial público-privada, mecanismos de financiación y aceptación social, así como optimizar a lo largo de toda la cadena de valor del cemento y hormigón la eficiencia de su uso en todo el ciclo de vida.

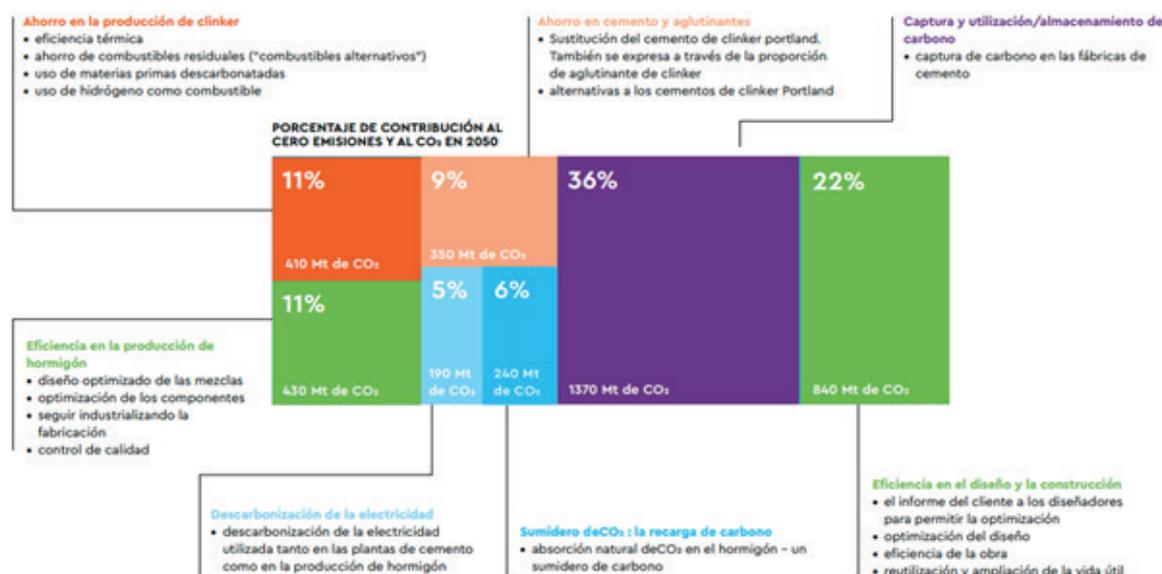


Figura 6. Líneas de acción contempladas en la Hoja de Ruta presentada por la Global Cement & Concrete Association (GCCA) en 2021, en el objetivo de alcanzar la carbono-neutralidad neta en hormigón al 2050 [7]

De acuerdo con datos de la plataforma internacional GNR (Getting The Numbers Right) al año 2019 (última actualización disponible al momento de elaboración de este artículo), América Latina y el Caribe registran una intensidad de emisión de CO₂ por tonelada

de material cementíceo un 6% más baja que la media global, un logro devenido principalmente por la modernización realizada en las plantas productoras de cemento y el menor factor clinker de los cementos fabricados.

Medida	2020	2030	2050
Aumento de la eficiencia en el diseño y construcción de estructuras de hormigón (vs. 2020)	-	7 %	22 %
Aumento de la eficiencia en la producción de hormigón (vs. 2020)	-	5 %	14 %
Factor clinker	63 %	58 %	52 %
Participación de combustibles alternativos para la producción de clinker	3 a 4 %	22 %	44 %
Participación de la biomasa como combustible alternativo para la producción de clinker	1 %	7 %	15 %
Penetración de uso de hidrógeno como combustible en hornos de clinker o electrificación de hornos	0 %	0 %	10 %
Penetración de las tecnologías de captura, transporte, almacenamiento o uso de CO ₂ (como % de las emisiones a cada período: 2020, 2030, 2050)	0 %	1 %	36 %

Cuadro 2. Progresión esperada de indicadores técnicos como promedio mundial según la Hoja de Ruta presentada por la Global Cement & Concrete Association (GCCA) en el año 2021, en la senda de alcanzar la carbono-neutralidad neta en hormigón al 2050 [7]

1 GNR ("GETTING THE NUMBERS RIGHT" OR "GCCA IN NUMBERS") [HTTPS://GCCASSOCIATION.ORG/SUSTAINABILITY-INNOVATION/GNR-GCCA-IN-NUMBERS/](https://gccassociation.org/sustainability-innovation/gnr-gcca-in-numbers/)

SITUACIÓN DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO DE ARGENTINA EN LO QUE RESPECTA A LAS EMISIONES DE GEI.

En el caso particular de la Argentina, el factor de emisión de CO₂ por cada tonelada de cemento producida es un 13,8 % más bajo que la media mundial, como resultado de un menor factor de intensidad de carbono en la composición de la matriz de combustibles, un factor clínker promedio más bajo que la media mundial (y que buena parte de la región latinoamericana), y la elevada tasa de uso de energía eléctrica de fuentes

carbono neutral (que alcanzó un 50,9 % del uso energético total de la industria hacia el año 2020). Esta situación se traduce en un factor de emisión consolidado promedio nacional del sector cemento entre los más bajos del mundo (531 kg CO₂ / t cemento hacia el año 2020). En el Cuadro 3 se presenta un resumen de indicadores con respecto al promedio mundial y otras regiones de comparación, demostrando que el desempeño de la industria argentina del cemento es superador y se encuentra en una trayectoria de evolución correcta frente a los desafíos planteados por el Cambio Climático.

	Unidad	Mundo	EU 28	Latinoamérica	América del Norte	Argentina
Factor de emisión CO ₂ por tonelada de clínker (bruta)	kg CO ₂ / t clínker	834	811	840	862	757
Factor de emisión CO ₂ por tonelada de material cementíceo (bruta)	kg CO ₂ / t cemento	635	625	597	737	547
Consumo térmico específico en la producción de clínker	GJ / t clínker	3,49	3,73	3,59	3,86	3,55*
Consumo eléctrico específico en la producción de cemento	kWh / t cemento	102	117	106	136	97
Factor Clínker	%	75	77	71	85	70
Sustitución térmica: combustibles alternativos por combustibles fósiles [biomasa + CDR]	%	19	50	19	15	7
Intensidad de CO ₂ en mix de combustibles	Kg CO ₂ / MJ térmico	85	75	80	84**	63

REFERENCIAS: FACTOR DE EMISIÓN CO₂ POR TONELADA DE CLÍNKER (BRUTA): SEGÚN INDICADOR "59CAG - GROSS CO₂ EMISSIONS - WEIGHTED AVERAGE | EXCLUDING CO₂ FROM ON-SITE POWER GENERATION - GREY CLINKER (KG CO₂ / T CLINKER)". FACTOR DE EMISIÓN CO₂ POR TONELADA DE MATERIAL CEMENTÍCEO (BRUTA): SEGÚN INDICADOR "59CAGWCT - GROSS CO₂ EMISSIONS - WEIGHTED AVERAGE ((KG CO₂ / T CEMENTITIOUS)". CONSUMO TÉRMICO ESPECÍFICO EN LA PRODUCCIÓN DE CLÍNKER: SEGÚN INDICADOR "93AG - THERMAL ENERGY CONSUMPTION - WEIGHTED AVERAGE | INCLUDING DRYING OF FUELS - GREY CLINKER (MJ / T CLINKER)"; CONSUMO ELÉCTRICO ESPECÍFICO EN LA PRODUCCIÓN DE CEMENTO: SEGÚN INDICADOR "33AGW - CEMENT PLANT POWER CONSUMPTION - WEIGHTED AVERAGE (KWH / T CEMENT)"; FACTOR CLÍNKER: SEGÚN INDICADOR "92AGW - CLINKER TO CEMENTITIOUS RATIO - WEIGHTED AVERAGE | GREY AND WHITE CLINKER IN TOTAL CEMENTS AND SUBSTITUTES (%)"; SUSTITUCIÓN TÉRMICA: COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS POR COMBUSTIBLES FÓSILES [BIOMASA + CDR]: SEGÚN INDICADOR "25AAGFC - THERMAL ENERGY CONSUMPTION - WEIGHTED AVERAGE | EXCLUDING DRYING OF FUELS - GREY CLINKER - BY FUEL CATEGORY (% TOTAL ENERGY)"; INTENSIDAD DE CO₂ EN MIX DE COMBUSTIBLES: SEGÚN INDICADOR "593AG - CARBON INTENSITY OF THE FUEL MIX - WEIGHTED AVERAGE | GREY CLINKER (CO₂ / MJ)".

* AÑO 2020: 3,47 GJ / T CLÍNKER. ** VALOR PARA ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMÉRICA. LA ESTADÍSTICA GNR PARA AMÉRICA DEL NORTE NO INCLUYE EL VALOR CONSOLIDADO PARA EL CONJUNTO DE PAÍSES DE ESA REGIÓN.

*Cuadro 3. Indicadores técnicos de la industria argentina del cemento en relación con la huella de carbono para el año 2019, y su comparación con otras regiones de referencia internacional.
Fuente: Elaboración propia en base a datos de AFCP y GCCA.*

Sin lugar a dudas, la innovación es parte de la estrategia para alcanzar las metas de descarbonización propuestas.

En mediano plazo, hasta el 2030, se espera que los mayores esfuerzos de la industria del cemento se concentren en:

a) Promover una mayor reducción del factor clínker, incrementando el contenido de adiciones minerales. En grandes números, cada punto porcentual de reducción de factor clínker conlleva una disminución del alrededor de 8 kg CO₂ / tonelada de cemento. Sin embargo, ello está condicionado a la disponibilidad de adiciones minerales, requerimientos logísticos y distancias entre los puntos de generación de las adiciones y las plantas de cemento, adecuación de las especificaciones vigentes, introducción de incentivos al uso de cementos de bajo carbono.

b) Intensificar la reducción de CO₂ en el mix de combustibles utilizados para la producción de clínker, con un mayor desplazamiento del coque de petróleo y carbón mineral por gas natural y combustibles alternativos a través del coprocesamiento de residuos. Esta tecnología no sólo refleja utilidad en términos de reducir la huella de carbono del sector cemento, sino que es además parte de una solución integral al capítulo aún irresuelto para una gestión sostenible de los residuos, hace posible su aprovechamiento como fuente de materia y energía en lugar de su entierro, evita el impacto ambiental negativo sobre suelos y cuerpos de agua en situaciones de disposición incontrolada, y la afectación a la salud y comunidades aledañas a los sitios de disposición, y permite mitigar las emisiones de otros GEI en el sector de los residuos, como el metano, que como se ha mencionado previamente constituyen un segmento de preocupación adicional al CO₂.

c) Continuar intensificando las acciones de mejora de la eficiencia energética térmica y eléctrica, sumadas a un incremento del uso

de energía eléctrica de fuentes renovables carbono-neutral. Cabe destacar que al año 2020, el nivel de participación de las fuentes de energía eléctrica de este tipo en la industria argentina del cemento alcanzó un 50,9 % del uso energético total.

En el largo plazo, la carbono neutralidad en el ciclo de vida del hormigón requerirá la aplicación de tecnologías disruptivas. Ello incluye, por ejemplo, a la captura, almacenamiento y uso de CO₂ (CCS por sus siglas en inglés), y/o su procesamiento en la industria química (CCU), la electrificación de los hornos de clínker y el uso del hidrógeno verde, que están siendo investigadas a nivel internacional.

El pronóstico actual es que no se podrá lograr la carbono neutralidad sin aplicar CCS y/o CCU [17]. Se espera que estas tecnologías impliquen un costo de operación incremental para la producción de cemento, que podría encontrarse según el estado del conocimiento actual en 100 a 120 dólares por tonelada de CO₂ capturada. En tales circunstancias, la viabilidad económica del proceso de captura del carbono no podrá encontrarse únicamente en la comercialización del CO₂, sino también en la de productos de valor agregado. Por ello, la investigación se está orientando hacia la transformación del CO₂ en combustibles y productos químicos (metanol, policarboxilatos, combustibles sintéticos u otros). Complementariamente, el uso de tecnologías de CCU requerirá de infraestructura pública externa a las plantas de cemento, para el transporte y aplicación del CO₂.

En el caso del hidrógeno verde será necesario tener suficiente disponibilidad de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables y su abastecimiento en gran escala en los sitios de localización de las plantas productoras de clínker.

Todo ello significará inversiones importantes por lo que será necesario contar con instrumentos de crédito adecuados que permitan su concreción.

En este trabajo nos propusimos analizar la situación de las construcciones de hormi-

gón y de la industria del cemento en relación a la huella de carbono y el Acuerdo de París. Saliendo de ese alcance específico, cabe una reflexión respecto a qué aplica a un edificio con estructura de hormigón. En este caso, a lo largo del ciclo de vida completo, aproximadamente el 90 % de las emisiones de CO₂ ocurren luego de la construcción y durante su vida en servicio, mientras que la fabricación de los materiales utilizados y el proceso en la construcción sólo representa alrededor de un 8 a 10%, con entre un 2 y 3% en el proceso de construcción. Esto demuestra que el perfil sostenible de un edificio debe valorarse teniendo presente el ciclo de vida completo, y no sólo en la perspectiva de la fabricación de los materiales componentes y del proceso constructivo, valorando especialmente los impactos durante el servicio y para la vida útil esperada, hasta su demolición y reciclado.

LA DESCARBONIZACIÓN EN LAS CONSTRUCCIONES DE HORMIGÓN

Los ejes de acción anteriores deberán ser además acompañados por medidas que optimicen el uso del cemento en el hormigón, del hormigón en la construcción, y de los residuos de construcción y demolición en la producción de nuevos bienes e insumos para las obras venideras.

Todas estas instancias son parte directa y sustancial en la reducción de la huella de carbono en el ciclo de vida del cemento y el hormigón, y están en manos de otros eslabones de la cadena de valor del cemento y sus derivados. Por ello, es indispensable el trabajo colaborativo entre la comunidad, los gobiernos, la industria, la academia, las entidades de financiamiento, los organismos de normalización y decisores de política pública en torno al sector de la construcción, para concebir y hacer posibles las medidas necesarias, en una acción colaborativa de amplio espectro.

A menudo, el uso de factores de seguridad excesivos o la especificación de clases de resistencia en exceso respecto a las mínimas necesarias pueden actuar en detrimento del perfil sostenible. Es relativamente simple detectar que especificaciones ajustadas a la real necesidad técnica de los proyectos acarrearán ahorros en el consumo de cemento en los diseños de mezclas, y con ello una reducción de la huella de carbono integral asociada. Asimismo, medidas de racionalización de las cuantías de acero, una especificación más segmentada para los hormigones destinados a los distintos componentes de la estructura según el ambiente de exposición, o el incremento de la vida útil de diseño de las estructuras acarrearán mejoras sustanciales en la huella de carbono integral [18]. Como se ha dicho previamente, todas las oportunidades de reducción son bienvenidas y valorables.

De la misma forma, criterios más eficientes en el control de calidad de la producción de hormigón y las faenas de construcción reducirán la frecuencia de tareas improductivas, los desperdicios por retrabajos, el riesgo de rechazo en las actividades de recepción y de incumplimiento de la vida útil esperada.

Es sabido, además, que las respuestas que necesitamos deben ser conformes en términos de permitir completar las instancias de desarrollo social y económico pendientes, con soluciones de construcción seguras, sostenibles, asequibles, resilientes y de muy larga vida en servicio. El hormigón, y su componente principal, el cemento, son insumos esenciales, intrínsecamente sostenibles y de características excepcionales para progresar en el camino del desarrollo económico y social, y la agenda de adaptación al cambio climático.

REFERENCIAS

- [1] SIXTH ASSESSMENT REPORT, CLIMATE CHANGE 2021: THE PHYSICAL SCIENCE BASIS. PANEL INTERGUBERNAMENTAL SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC), WMO / UNEP, WORKING GROUP I. AÑO 2021.
- [2] MARÍA DEL CARMEN ANDRADE, CONFERENCIA DE INCORPORACIÓN COMO MIEMBRO CORRESPONDIENTE DE LA ACADEMIA DE LA INGENIERÍA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. LA PLATA, 15 DE JUNIO DE 2021.
- [3] CONVENCION MARCO DE NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (CMNUCC). PARIS, FRANCIA. AÑO 2015.
- [4] RESOLUCIÓN 447-19 DE LA EXSECRETARIA DE GOBIERNO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA NACIÓN Y LEY 27520 DE 2019.
- [4] INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO ARGENTINA. SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE DE LA NACIÓN. AÑO 2019. ISBN 978-987-47482-4-9.
- [5] PRESIDENCIA DE LA NACIÓN ARGENTINA, SECRETARÍA DE AMBIENTE Y DESARROLLO SUSTENTABLE, INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO. AÑO 2019.
- [6] MANUAL DE SOLUCIONES PARA VIVIENDAS ENERGÉTICAMENTE EFICIENTES. INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO (ICPA). H. MAC DONNELL, M. POLZINETTI. ARGENTINA. AÑO 2019. ISBN 978-950-677-005-1.
- [7] THE GCCA 2050 CEMENT AND CONCRETE INDUSTRY ROADMAP FOR NET ZERO CONCRETE. GLOBAL CEMENT & CONCRETE ASSOCIATION (GCCA), REINO UNIDO. AÑO 2021.
- [8] MAKING CONCRETE CHANGE INNOVATION IN LOW-CARBON CEMENT AND CONCRETE, CHATHAM HOUSE REPORT, THE ROYAL INSTITUTE OF INTERNATIONAL AFFAIRS, J. LEHNE Y F. PRESTON, REINO UNIDO. AÑO 2018. ISBN 978 1 78413 272 9.
- [9] CEMENT PLAN OPERATIONS HANDBOOK. THE INTERNATIONAL CEMENT REVIEW. AÑO 2005.
- [10] TECHNOLOGY ROADMAP LOW CARBON TRANSITION IN THE CEMENT INDUSTRY. INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) Y WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). AÑO 2018.
- [11] ENVIRONMENTAL IMPACTS AND DECARBONIZATION STRATEGIES IN THE CEMENT AND CONCRETE INDUSTRIES G. HABERT, S. A. MILLER, V. M. JOHN, J. L. PROVIS, A. FAVIER, A. HORVATH Y K. L. SCRIVENER. NATURE REVIEWS | EARTH & ENVIRONMENT. AÑO 2020. [HTTPS://DOI.ORG/10.1038/S43017-020-0093-3](https://doi.org/10.1038/s43017-020-0093-3).
- [12] CONCRETE SUSTAINABILITY COUNCIL CO2-MODULE: ANNEX. THE CONCRETE SUSTAINABILITY COUNCIL (CSC). SUIZA. AÑO 2022.
- [13] CO2 UPTAKE IN CEMENT CONTAINING PRODUCTS BACKGROUND AND CALCULATION MODELS FOR IPCC IMPLEMENTATION. H. STRIPPLE, C. LJUNGKRANTZ, T. GUSTAFSSON, R. ANDERSSON. IVL SWEDISH ENVIRONMENTAL RESEARCH INSTITUTE. REPORT B 2309. AÑO 2018. ISBN 978-91-88787-89-7.
- [14] CONSIDERING CONCRETE CARBONATION ACROSS ITS COMPLETE LIFE CYCLE. M. DE ROUSSEAU. CONCRETE CONTRACTOR. AÑO 2022.
- [15] SUBSTANTIAL GLOBAL CARBON UPTAKE BY CEMENT CARBONATION. F. XI, S.J. DAVIS, P. CIAIS, D. CRAWFORD-BROWN, D. GUAN, C. PADE, T. SHI, M. SYDDALL, J. LV, L. JI, L. BING, J. WANG, W. WEI, KH. YANG, B. LAGERBLAD, I. GALAN, C. ANDRADE, Y. ZHANG, Z. LIU. NATURE GEOSCIENCE. AÑO 2016. DOI: 10.1038/Ngeo2840.
- [16] NORMA UNE EN 16757. SOSTENIBILIDAD DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN. DECLARACIONES AMBIENTALES DE PRODUCT. REGLAS DE CATEGORÍA DE PRODUCTO PARA HORMIGÓN Y ELEMENTOS DE HORMIGÓN. AENOR. ESPAÑA. AÑO 2018.
- [17] CAETS. DOCUMENTOS DE TRABAJO PARA LA REUNIÓN ANUAL 2022.
- [18] BAEREDYGTIG BETON INITIATIVE – SUSTAINABLE CONCRETE INITIATIVE. ROADMAP TOWARDS 2030. 50% REDUCTION OF CO2 EMISSIONS FROM CONCRETE CONSTRUCTION. L. N. THRANE, T. J. ANDERSEN, D. MATHIESEN. THE DANISH CONCRETE ASSOCIATION, THE DANISH CONSTRUCTION ASSOCIATION Y THE DANISH TECHNOLOGICAL INSTITUTE (DTI). VERSIÓN 2. AÑO 2020.

CAMBIO CLIMÁTICO Y CALIDAD DEL AIRE LOCAL: UNA MIRADA DESDE LA PERSPECTIVA DEL TRANSPORTE AÉREO

C. ALEJANDRO DI BERNARDI

GRUPO TRANSPORTE AÉREO — UIDET “GTA-GIAI”, DEPARTAMENTO DE AERONÁUTICA,
FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA



RESUMEN

Al transporte aéreo se lo puede analizar y evaluar desde una perspectiva internacional, regional, nacional, provincial, local o bien puntual según una determinada instalación o infraestructura que se desee considerar, contemplando a su vez la propia dinámica, evolución y transformación particular de la actividad, definiendo así diferentes escalas espaciales y temporales de acción y contexto de acción.

A su vez el sistema de transporte aéreo debería estar articulado con un plan intermodal de transporte al servicio de planes estratégicos de desarrollo en un todo de acuerdo con políticas de estado y objetivos asociados, entre los cuales deberían estar presente de manera armónica: la seguridad operacional, la protección ambiental (dentro concepto de la sostenibilidad), el marco legal regulatorio y la optimización de los modelos de gestión. En este contexto de permanente cambio la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI) de Naciones Unidas, establece una serie de líneas de acción, genera documentación de referencia y establece objetivos estratégicos en concordancia con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) de las Naciones Unidas (UN).

Es entonces que contemplando lo anterior el presente trabajo pretende abordar, de manera general, la problemática del cambio climático y calidad del aire local bajo una mirada sistémica de carácter generalista en el contexto de la aviación civil internacional, poniendo en evidencia también aquellas acciones que a nivel nacional se están llevando adelante en relación a estos ejes temáticos.

INTRODUCCIÓN

La problemática ambiental del transporte aéreo sobrelleva diferentes abordajes multidisciplinarios multidimensionales que permiten un abordaje sistémico de las diferentes causas y consecuencias asociados a la planificación, el diseño, la construcción, la operación y la gestión de la industria en

su conjunto, ya se trate de aeronaves, aeropuertos, espacios aéreos, redes de acceso y servicios, o bien de multimodalidad que le es propia.

Pero antes de continuar valdría preguntarnos ¿qué entendemos por transporte aéreo? Naturalmente esta pregunta admite diferentes respuestas, siendo la de algunos: el transporte aéreo es aquel que involucra una aeronave para trasladar algo o alguien de un lugar a otro, fijando así, de manera inmediata, una escala interurbana a través de modo aéreo y dos escalas locales según aeropuertos de origen y destino.

Pero lo cierto es que el para llegar al aeropuerto debemos realizar tramos terrestres. Imaginemos, por un instante un traslado puerta a puerta, de La Plata a Segovia, España. Salimos de casa atravesando la ciudad, para luego tomar la autopista hasta Ezeiza, de ahí tomamos un vuelo directo a Madrid donde surcaremos la trama urbana local, para luego tomar la carretera rumbo a Segovia donde finalmente realizaremos un tramo urbano hasta llegar a destino. Claramente hemos realizado los siguientes tramos: urbano terrestre + inter urbano terrestre, inter urbano aéreo, urbano terrestre + inter urbano terrestre + urbano terrestre, para lo cual hemos utilizado diferentes medios de transporte y distintas infraestructuras e instalaciones.

Resulta entonces fácil de ver las cuotas partes de aporte contaminante que la operación y gestión de cada tramo genera (según medio de transporte seleccionado para cada tramo de acuerdo con el diseño geométrico establecido) o bien aquellos aportes que las propias infraestructuras e instalaciones han generado al momento en el momento de su construcción.

En este contexto, resulta evidente la necesidad de un abordaje integral, sistémico, metodológico, perseverante, evolutivo, y adaptativo en lo referente a la problemática ambiental.

Para ello las naciones unidas ha definido diferentes líneas de acción entre las cuales está la "Convención Marco de las Naciones Uni-

das sobre el Cambio Climático (CMNUCC)”, integrada por 197 países que han ratificado la misma como partes de dicha Convención. A su vez la CMNUCC es completada con el “Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica”, la “Convención de Lucha contra la Desertificación”, y la “Convención de Ramsar sobre los Humedales” funcionando de manera armónica a través del Grupo de Enlace Mixto, el cual busca articular las sinergias en sus actividades en aquellas cuestiones de interés mutuo.

<https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-convention/que-es-la-convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico>

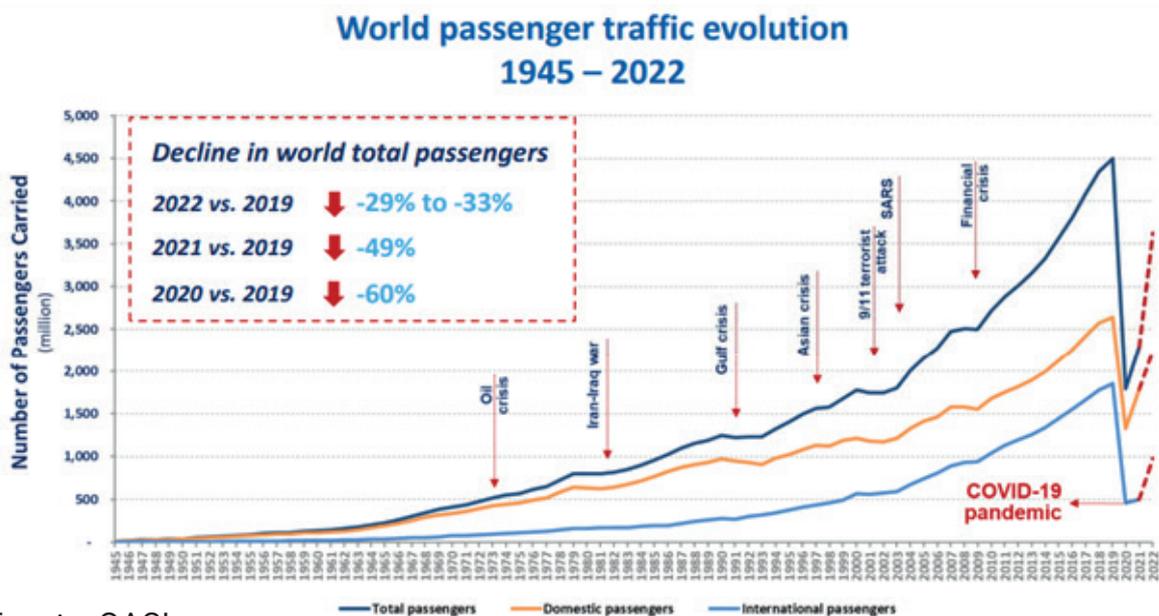
El objetivo final de la CMNUCC es estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero "a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático". Y aquí entra en acción el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) que persigue generar “evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta”.

En este marco resulta importante acotar el análisis y en nuestro caso lo haremos abordando solo ciertas cuestiones que hacen a la problemática evidenciada en el título del presente artículo y acotada a ciertos abordajes en el contexto de la OACI, de naciones unidas y del Estado nacional.

A su vez, el transporte aéreo internacional posee, a nivel de naciones unidas, diferentes controles y sistemas de supervisión que le permiten asegurar la calidad de sus servicios y el cumplimiento de las Normas y Métodos Recomendados (SARPs) de la OACI en un todo de acuerdo con la regularidad, la eficiencia, la seguridad operacional y el respeto al ambiente.

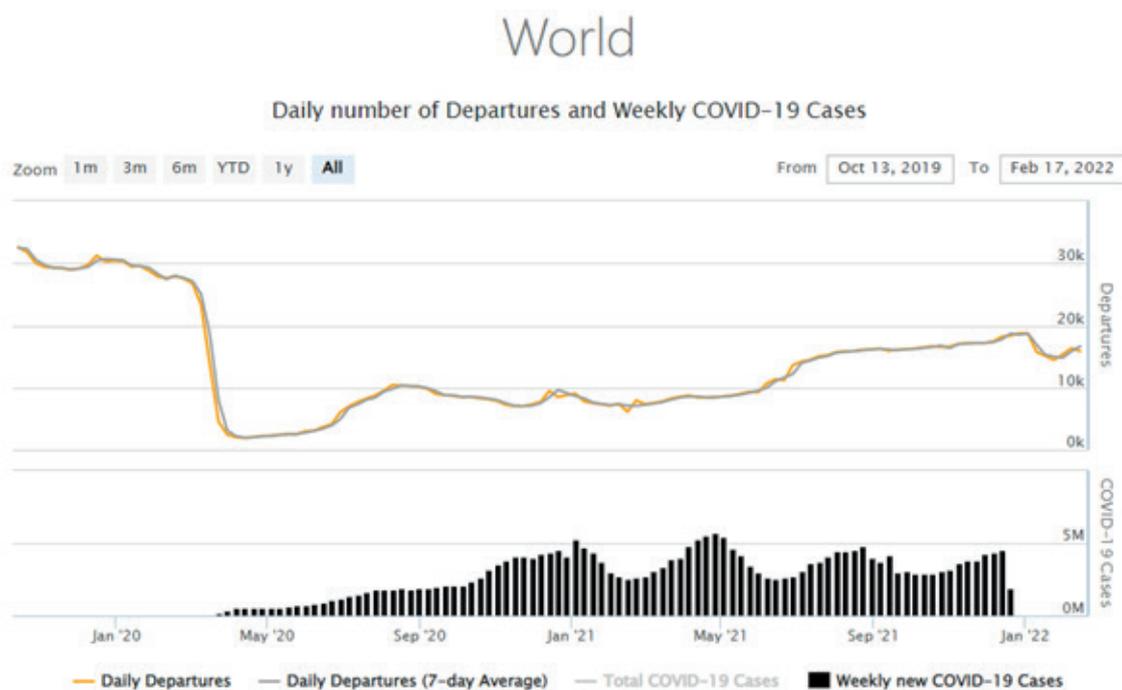
Entonces ya centrados en el transporte aéreo repasemos algunos aspectos que hacen a la evolución del sector.

La aviación comercial el tráfico mundial de pasajeros aéreos ha venido creciendo de manera sostenida desde su propia génesis, aunque con ciertas excepciones ocasionales de desaceleración generadas por externalidades de amplio impacto mundial como ser: las crisis del petróleo, la guerra del golfo, y la crisis financiera, siendo el último y contundente impacto la aparición de la COVID-19. La gráfica siguiente da muestra de dicha evolución:



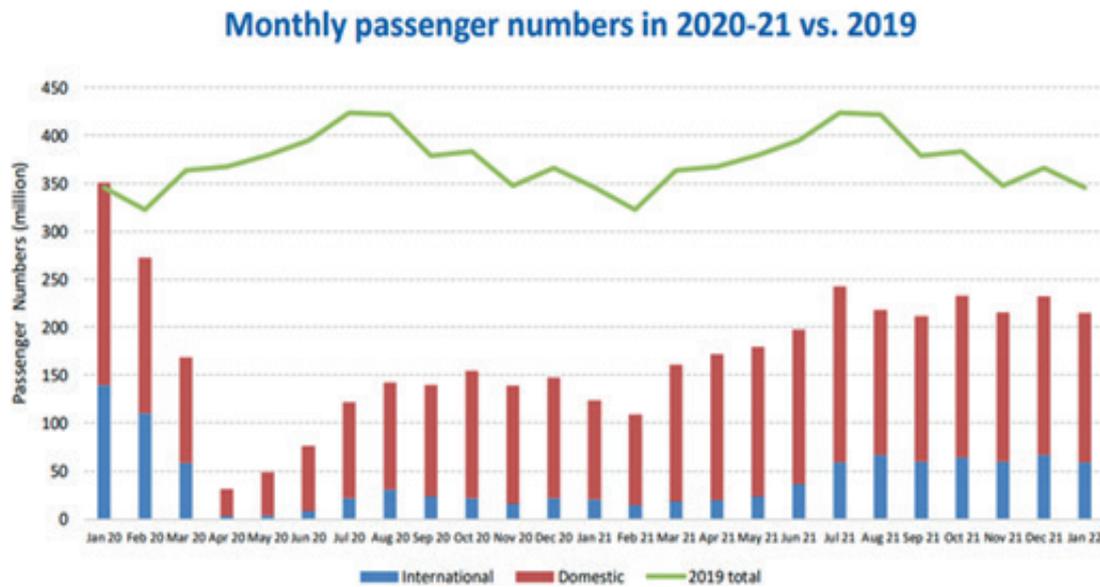
Fuente: OACI

Actualmente, en la búsqueda de la sostenibilidad, el sector aeronáutico se encuentra en pleno proceso de recuperación aunque cierto es que lo hace a diferentes velocidades según: el país, la región, la recuperación de los sistemas económicos financieros, los sistemas de salud y sobre todo, del nivel de confianza de los potenciales pasajeros. Independiente de ello, y más allá de las múltiples variables intervinientes, podemos decir que el proceso de recuperación a nivel mundial viene registrando tasas positivas de reactivación tal cual se muestra en la siguiente imagen:



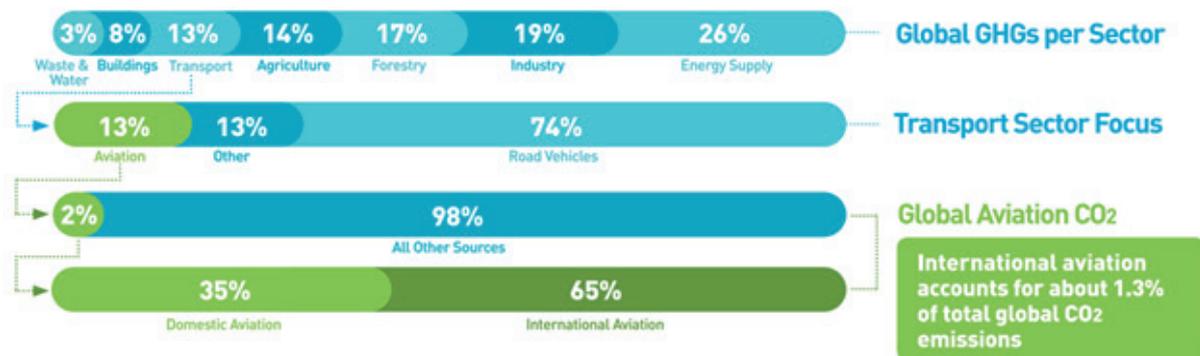
Fuente: OACI

Como complemento de lo anterior y solo a los efectos de mostrar la recuperación del mercado aéreo en contexto de pandemia, se presenta la siguiente gráfica donde se evidencia la moderada recuperación de los vuelos domésticos con cierto estancamiento en los vuelos internacionales.



Fuente: OACI

Por otra parte el panel intergubernamental de expertos sobre cambio climático (IPCC) manifestaba que el aporte de gases efecto invernadero (GHG) del transporte aéreo rondaba el 13% de las emisiones de todas las fuentes de transporte contribuyendo con alrededor del 2% del total de las emisiones antropógenas de dióxido de carbono tal cual se sintetiza en la siguiente imagen.



Fuente: informe especial del IPCC: la aviación y la atmósfera global

Teniendo entonces en claro cierto contexto de acción nos concentraremos ahora en las acciones de la OACI y su contexto de acción para luego vincularlos con los ODS de la ONU haciendo referencia, cuando corresponda, a la participación de Argentina.

ECOSOC DE NACIONES UNIDAS

La Carta de las Naciones Unidas estableció, en 1945, la creación del Consejo Económico y Social (ECOSOC) siendo, al día de hoy, en uno de los seis órganos principales de dicho organismo.

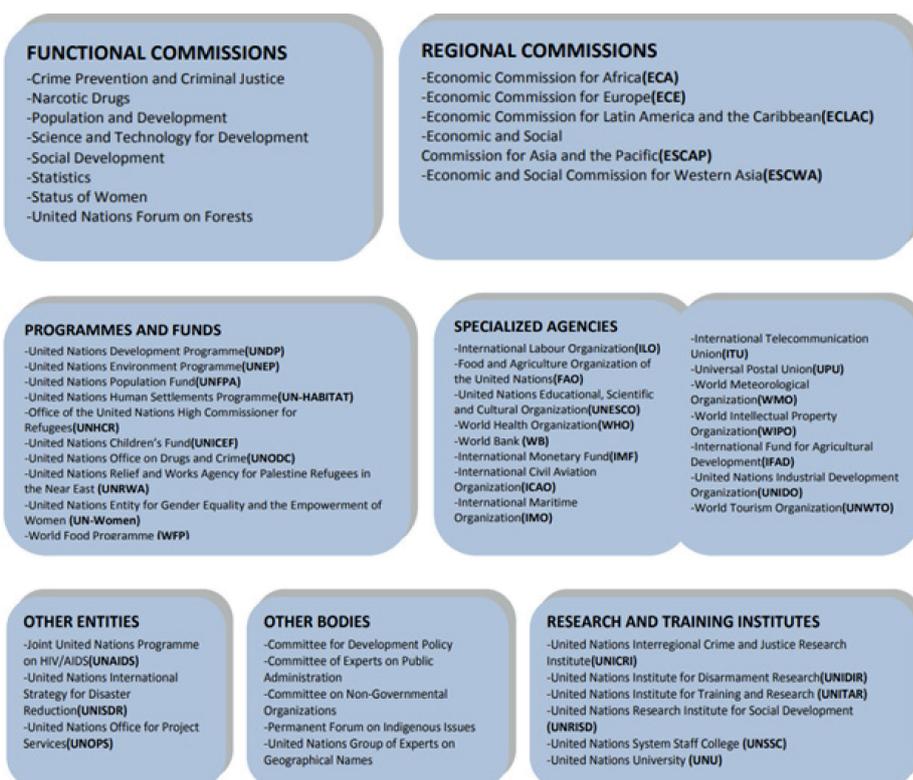
En su portal <https://www.un.org/ecosoc/es/content/about-us> se evidencia su misión, la cual se transcribe a continuación:

“El Consejo Económico y Social forma parte del núcleo del sistema de las Naciones Unidas y tiene como objetivo promover la materialización de las tres dimensiones del desarrollo sostenible (económica, social y ambiental). Este órgano constituye una plataforma fundamental para fomentar el debate y el pensamiento innovador, alcanzar un consenso sobre

la forma de avanzar y coordinar los esfuerzos encaminados al logro de los objetivos convenidos internacionalmente. Asimismo, es responsable del seguimiento de los resultados de las grandes conferencias y cumbres de las Naciones Unidas”.

Resulta evidente que para llevar esta misión resulta necesario coordinar esfuerzos y acciones entre las diferentes entidades de Naciones Unidas que trabajan en temáticas vinculados al desarrollo sostenible. Entre éstas áreas de actuación y acción podemos encontrar: comisiones económicas y sociales de carácter regional, comisiones orgánicas (encargadas de facilitar los debates intergubernamentales), agencias especializadas, programas y fondos, institutos de investigación y otros entidades y cuerpos, que articulan acciones específicas con el fin de lograr que los compromisos relativos al desarrollo se traduzcan en cambios reales en la vida de las personas.

En los siguientes cuadros se resumen, según las entidades indicadas https://www.un.org/en/ecosoc/about/pdf/ecosoc_chart.pdf,



Fuente: ONU

De la observancia de los cuadros precedentes resulta indudable la existencia de miradas multifocales que permiten abordajes sistémicos multidimensionales según áreas de conocimiento y desarrollos tecnológicos específicos.

A su vez se aprecia que el ECOSOC cuenta con 15 agencias especializadas entre las que se encuentra la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), que, hoy por hoy, está conformada por 193 Estados.

EL TRANSPORTE AÉREO, LA OACI Y CONTEXTO AMBIENTAL

La OACI https://www.icao.int/about-icao/pages/es/default_es.aspx como parte Consejo Económico y Social de Naciones Unidas (ECOSOC) tiene, entre otras, la misión de generar las normas y métodos recomendados con el fin de guiar la aviación civil mundial. Para ello cuenta con una estructura y organización que le permiten abordar, en el contexto de las funciones que le son propias, los diferentes desafíos que la propia actividad conlleva.

A su vez la OACI cuenta con un Consejo conformado por 36 Estados miembros elegidos cada tres años por la Asamblea como órgano soberano. Las funciones que le son propias a este Consejo son diversas y significativas y entre ellas se encuentran: nombrar al Secretario General, ejecutar las instrucciones de la Asamblea y velar por el cumplimiento de los deberes y obligaciones de los estados miembros al Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Chicago, 1944) y otras tantas que le son propias.

Por cuestiones de representatividad internacional los estados miembros de dicho Consejo se agrupan según los siguientes tres encasillamientos generales:

- PARTE I: Estados de mayor importancia en el transporte aéreo
- PARTE II: Estados que más contribuyen a proveer instalaciones y servicios para la navegación aérea civil internacional

- PARTE III: Estados que aseguran la representación geográfica

Siendo Argentina integrante de la Parte II.

A su vez Argentina, junto a 18 países, integra la Comisión de Aeronavegación (Air Navigation Commission - ANC). Los miembros que integran esta ANC son nombrados por el Consejo y tienen la obligación de actuar de acuerdo con el deber ser, con independencia de los Estados a los que pertenecen, utilizando su experiencia profesional en beneficio de la comunidad aérea internacional. La ANC tiene, entre otras, la misión de evaluar, considerar, recomendar las Normas y métodos Recomendados (SARPs) como anexos al Convenio de Chicago y los procedimientos para los servicios de navegación aérea (PANS) con el propósito de que el Consejo de la OACI los adopte o apruebe.

Actualmente existen 19 Anexos al convenio de Chicago, siendo uno de ellos el Anexo 16 "Protección del medio ambiente" conformado por los siguientes documentos.

- Volumen I – Ruido de las aeronaves.
- Volumen II – Emisiones de los motores de las aeronaves.
- Volumen II – Emisiones de CO₂ de los aviones
- Volumen IV – Plan de compensación y reducción de carbono para la aviación internacional (CORSIA)

Cada uno de estos volúmenes se relacionan a su vez con otros anexos al convenio, con los diferentes PANS, con manuales específicos, circulares y notas. Un ejemplo de ello se visualiza en las siguientes imágenes.



Fuente GTA – UIDET “GTA-GIAI” - UNLP

Por otra parte, en 1983 el Consejo crea al Comité sobre la Protección del Medio Ambiente y la Aviación (CAEP) quien tiene la misión de llevar adelante los aspectos relacionados con el medio ambiente relativos a la actividad aérea.

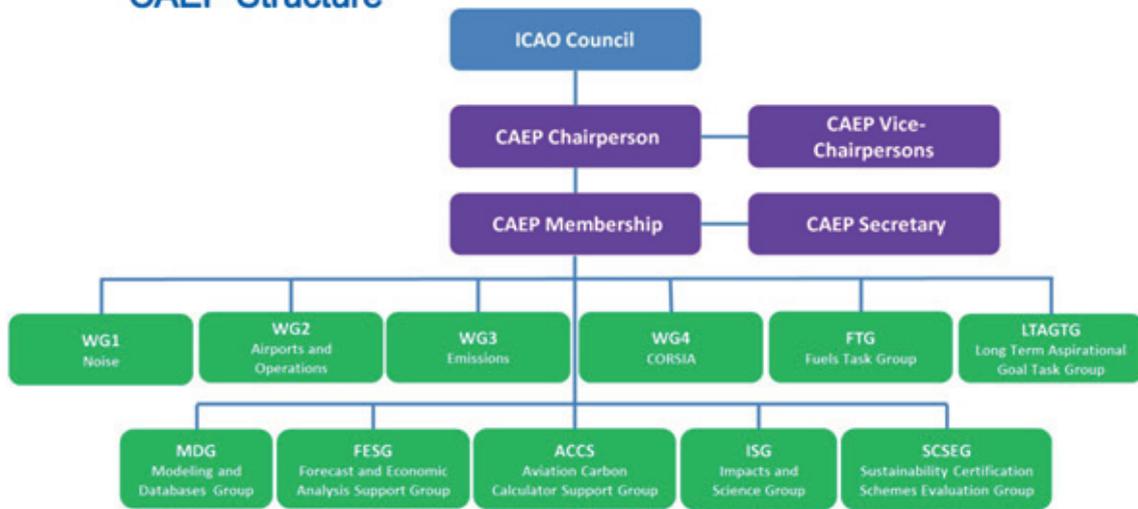
https://www.icao.int/annual-report-2014/Pages/ES/progress-on-icaos-strategic-objectives-safety-environmental-protection-caep_ES.aspx

Dicho comité se encuentra conformado por 25 miembros permanentes con derecho a voto, y por observadores de diferentes Estados y diversos representantes de la industria aeronáutica y en lo que respecta al continente americano sus miembros permanentes son: Canadá, Estados Unidos, Brasil y Argentina.

A su vez, para llevar adelante la funciones que le son propias el CAEP posee una estructura de acción conformada por diferentes grupos de trabajo (Working Group – WG) y grupos de apoyo especializados en diferentes aspectos técnicos y operacionales como ser en: emisiones acústicas, emisiones gaseosas, en medidas basadas en bonos de carbono entre otros tantos temas de abordaje. A su vez cada WG tiene diferentes Task Group con misiones específicas y equipos de trabajo ad hoc.

Parte de esta estructura, se puede apreciar en la siguiente imagen.

CAEP Structure



Fuente CAEP - ICAO

Asimismo, vale comentar que actualmente la Argentina participa activamente de los grupos de trabajo 2 y 4 del CAEP y que, poco a poco se va posicionando como posible productor de biocombustibles para la aviación, habiendo desarrollado actividad en el contexto TFG (fuel task group).

Por otro lado, al finalizar cada ciclo el CAEP elabora un informe con recomendaciones no vinculantes al Consejo, siendo el propio Consejo quien toma las decisiones finales contemplando para ello no solo las recomendaciones del CAEP sino también aquellas provenientes de la Comisión de Navegación Aérea, del Comité del Transporte Aéreo (cuando se trata de aspectos económicos) y, si existieran, recomendaciones sobre los SARPs entonces, consultará a los Estados,

para finalmente tomar la decisión final sobre la temática particular.

Lo expresado hasta el momento resume de alguna manera ciertos aspectos contextuales del quehacer ambiental del transporte aéreo en el marco de la OACI evidenciando de manera general la significativa participación de Argentina en estos ámbitos de actuación, acción y decisión internacional.

LA OACI Y SUS OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

Por otra parte, la OACI establece de manera regular objetivos estratégicos (OE) de carácter general, siendo los vigentes (<https://www.icao.int/about-icao/Council/Pages/ES/Strategic-Objectives.aspx>) los cinco siguientes:



Fuente OACI

Del repaso de las áreas temáticas abordadas por cada OE podemos inferir sus contenidos sin la necesidad de profundizar demasiado en ellos. No obstante, en esta ocasión y atento a la temática elegida para el presente artículo solo haremos mención específica sobre uno de ellos con la intención de repasar, a modo de reflexión, ciertos aspectos particulares para luego vincularlos de manera muy general con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas (ODS de ONU).

OE OACI: PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE:

“Minimizar los efectos ambientales adversos de las actividades de la aviación civil. Este objetivo estratégico promueve el liderazgo de la OACI en todas las actividades relacionadas con el medio ambiente y la aviación, y concuerda con las prácticas y políticas de protección del medio ambiente de la OACI y del sistema de las Naciones Unidas”.

De lo expresado resulta claro que las pautas indicadas se encuentran vinculadas con el desarrollo social, económico y ambiental en un todo de acuerdo con los preceptos del desarrollo sostenible.

En este contexto la OACI (<https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/default.aspx>) ha definido tres grandes metas ambientales en las que busca limitar o reducir:

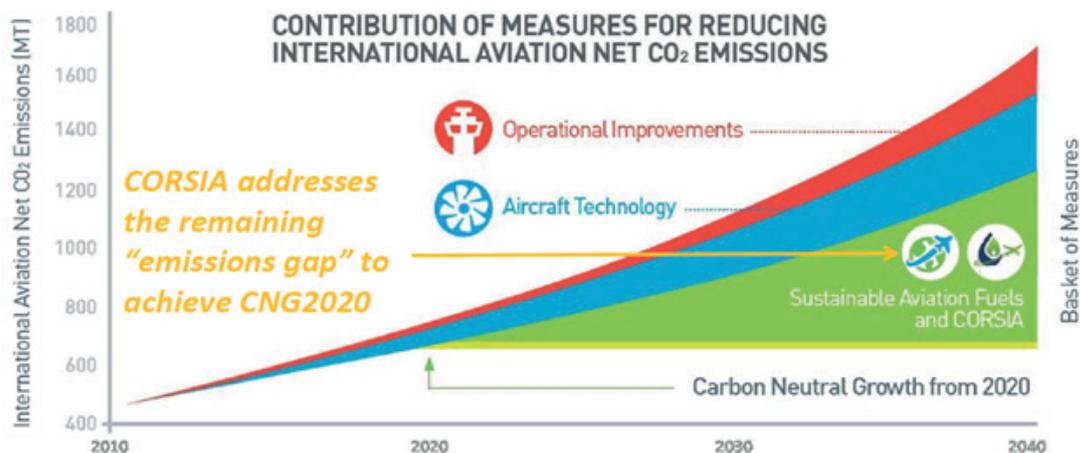
- Las emisiones de la aviación y su aporte al cambio climático.
- El ruido generado por las aeronaves.
- Las emisiones asociadas a la calidad del aire local.

Al analizarlas podemos apreciar diferentes escalas de actuación e impacto. La primera de ellas se relaciona mayoritariamente con el tramo interurbano y el avión mientras que las dos siguientes se encuentran vinculadas al aeropuerto y su entorno inmediato, en todo de acuerdo con un contexto urbano o suburbano de multimodalidad.

A su vez, en concordancia con ello se han establecido las siguientes esferas de acción que buscan contribuir a la obtención de las metas establecidas con el fin de obtener una mejora anual de la eficiencia del combustible del 2% y llegar a la meta de un crecimiento neutro de carbono a partir del 2020:

- Tecnologías y normas relativas a las aeronaves
- Perfeccionamiento de la gestión del tránsito aéreo y mejoras operacionales
- Desarrollo y utilización de combustibles aeronáuticos sostenibles
- Esquema de compensación y reducción de carbono para la aviación internacional CORSIA

Dichas acciones se ven esquematizadas y sintetizadas en el siguiente gráfico



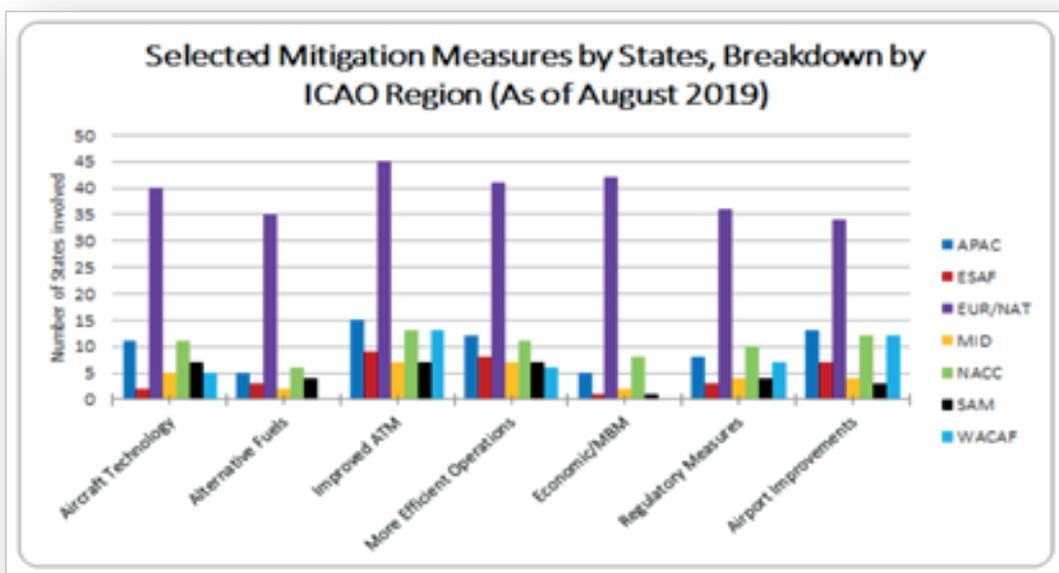
Fuente OACI

Claramente podríamos hacer foco sobre cada uno de los aspectos aquí evidenciados, pero ello conllevaría un artículo demasiado extenso por lo cual, en esta ocasión, nos conformaremos con un abordaje parcial realizando solo algunos comentarios generales vinculados a ciertas innovaciones tecnológicas del sector aeronáutico.

Estas nuevas tecnologías se evidencian y proyectan en todos los eslabones que conforman el sistema de transporte aéreo por cuanto buscan optimizar los procesos y las operaciones que se dan en los propios aeropuertos, en el espacio aéreo, en los elementos de apoyo en los aeródromos, y, por supuesto, en las propias aeronaves y sus vehículos de asistencia.

Con ello, se pretende optimizar los procesos y las operaciones contribuyendo significativamente al cuidado y protección ambiental, minimizando la emisión de gases contaminantes, y reduciendo el impacto acústico, en un todo de acuerdo con los conceptos de sostenibilidad y los objetivos estratégicos de OACI.

Es, en este marco de sostenibilidad, que la OACI da referencias claras de las diferentes líneas de acción, los enfoques y los avances logrados según las distintas regiones que conforman la propia organización. Dicha situación se ve reflejada sintéticamente en el siguiente gráfico donde se aprecian las diferentes medidas de mitigación según las diferentes regiones OACI,



Fuente OACI

Acá hacemos un pequeño paréntesis en el desarrollo de los contenidos específicos para hacer un aporte de ciertos elementos de ayuda al entendimiento del gráfico anterior por lo que indicaremos el alcance geográfico de solo dos regiones de la OACI. La región EUR NAT tiene responsabilidad sobre un área geográfica que se extiende desde el Polo Norte hasta el Sahara y desde la costa Este de América del Norte hasta el estrecho

de Bering, mientras que la región SAM (en la que Argentina se encuentra inmersa) abarca un área que va desde Panamá hasta la región antártica, incluyendo una parte significativa de los océanos Atlántico y Pacífico. Claramente cada región presenta diferentes realidades sociales, culturales, políticas, económicas financieras, ambientales, legales y técnicas, revistiendo así cierta dificultad y complejidad para obtener de manera

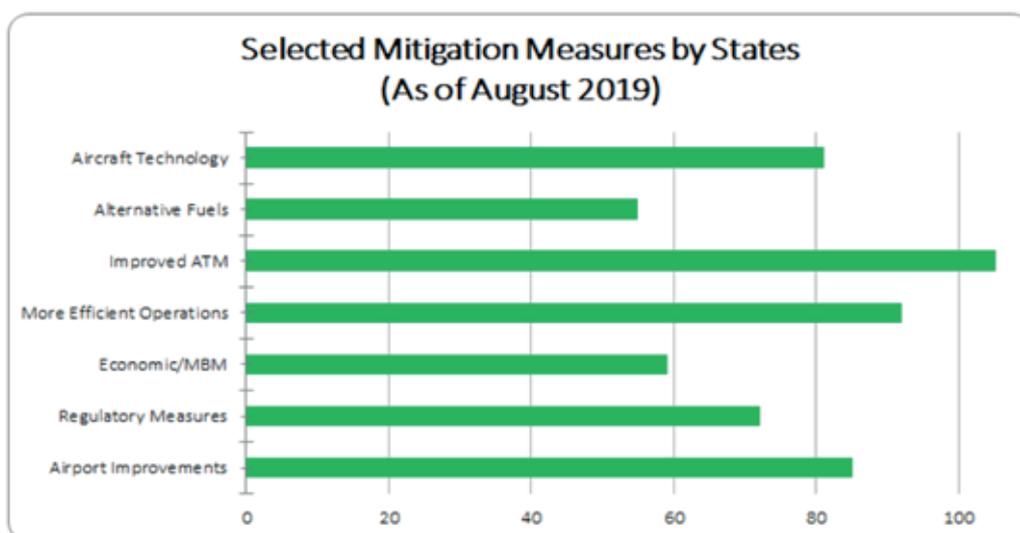
inmediata una estandarización, y de ahí la importancia de las SARP como herramienta de planificación y acción.

A su vez, en el inciso 11 de la Resolución A40-18 (del 40º período de sesiones de la Asamblea), la OACI puntualiza que el tratamiento de las emisiones de transporte aéreo debe estar de acuerdo a los principios y disposiciones que surgen de la CMNUCC y del Protocolo de Kioto, especialmente lo relativo al "Principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas" y al Artículo 2.2 de dicho Protocolo (Resolución OACI A38/18) donde se indica que las partes deben "procurar o limitar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal generadas por los

combustibles del transporte aéreo y marítimo internacional trabajando por conducto de la Organización de Aviación Civil Internacional y la Organización Marítima Internacional, respectivamente".

En concordancia con lo anterior, los estados miembros siguen trabajando para obtener un sistema de transporte más amigable con el ambiente y es, en este contexto, que han publicado sus planes de acción en los que se aprecian las diferentes estrategias utilizadas para lograr los objetivos establecidos. Parte de esto se puede visualizar en el siguiente gráfico donde se observan ciertas líneas de actuación

De la imagen precedente se desprende que



Fuente OACI

la innovación en aeronaves es uno de los ejes fundamentales de investigación, desarrollo y actuación del sector aeronáutico.

Mas adelante, en su propio apartado, se comentará sobre el plan de acción de la República Argentina.

Es entonces, en este marco, que el presente apartado se desarrolla intentando poner en evidencia aquellas cuestiones generales relacionadas con la innovación tecnológica en aeronaves sin que ello signifique menos-

preciar el significativo aporte del resto de los elementos que conforman el sistema de transporte aéreo.

En este contexto de permanente transformación aparece el concepto de biomimetismo en donde se busca imitar los diseños y los procesos de la naturaleza para resolver problemas técnicos generando así ciertos patrones de desarrollo que permiten, en el caso de las aeronaves, reducir la resistencia aerodinámica y el peso de la aeronave como

fuerzas negativas, al tiempo de optimizar aquellas fuerzas positivas que se relacionan con la sustentación y el empuje de los motores.

Entonces, como ya se mencionó, este apartado no pretende exponer todas las innovaciones tecnológicas que se dan en el sistema de transporte aéreo sino exponer, a modo ilustrativo, ciertos aspectos generales relacionados con las cuatro fuerzas fundamentales ya mencionadas.

En ese sentido se exponen a continuación las mismas por un lado aquellas relacionadas con el peso, las relacionadas con la resistencia y la sustentación para luego comentar sobre el empuje para finalmente cerrar con algunas reflexiones que hacen a la nueva movilidad aérea.

Aspectos generales de innovación centrados en el peso

Básicamente esta línea de acción busca disponer de aeronaves más livianas mediante la utilización de materiales compuestos y materiales alternativos, aplicados a estructuras primarias y/o secundarias, permitiendo a su vez procesos optimizados de mantenimiento.

En concordancia con ello, Airbus se encuentra estudiando

- **Fibras de biomasa:** que las obtiene carbonizando precursores obtenidos a partir de biomasa derivada de materias primas. Su uso en biocomponentes podría dar como resultado materiales compuestos que brinden una alternativa a las fibras de carbono obtenidas en base de petróleo. Las áreas de investigación incluyen las algas.

- **Resinas de origen biológico:** Derivan de fuentes biológicas (como por ejemplo: caña de azúcar, lignina, entre otros). Su uso podría proporcionar una alternativa a los fenólicos en aviones. Las áreas de investigación incluyen furano, epoxi y poliamida.

- **Fibras naturales:** estas derivan de animales, plantas o minerales y debido a sus

propiedades de bajo peso y alta resistencia, pueden ser utilizadas como biocomponentes en estructuras secundarias no críticas de aeronaves. Las áreas de estudio incluyen fibras de basalto, sedas de araña, cañas de bambú y lino.

Aspectos generales de innovación centrados en la resistencia y la sustentación

Esta línea de acción busca que los vehículos aéreos y sus componentes se adapten a los requisitos funcionales de misiones establecidas. La conciliación conlleva cambios en las características del sistema, incluidos los "estados" del vehículo, como la propia forma de la aeronave durante los diferentes perfiles de vuelo, surgiendo así el concepto de ala mofante.

La idea, aunque un poco futurista, se centra en el hecho de que el avión o sus alas puedan transformarse en pleno vuelo adaptándose a la condición de mínima resistencia según perfil de vuelo (altitud y velocidad) tal cual ave fuese.

A su vez, se pretende una mayor limpieza aerodinámica del flujo de aires sobre las alas buscando un flujo laminar sobre las mismas como objetivo lograr una reducción en la fricción del ala e incrementar los anchos colaborativos retrasando los despegues de capa límite.

Otro ejemplo es aquel que permite a las aeronaves modificar la relación de aspecto de sus alas mediante bisagras semi aeroelásticas en las punteras de ala lo cual impacta de manera directa sobre la resistencia inducida por la sustentación, que, en algunos casos, representa más del 30% de la resistencia aerodinámica de la aeronave.

Otras tendencias se centran en un diseño de ala liviana, ultradelgada y más aerodinámica, con el fin de ofrecer un incremento en la eficiencia de consumo de combustible.

En concordancia con ello están los nuevos revestimientos o texturas que imitan la piel de un tiburón o las aleaciones con memoria de forma donde un metal funciona con pro-

iedades particulares únicas le posibilitan al dispositivo adecuarse por si solo a cada condición de vuelo.

Aspectos generales de innovación centrados en la propulsión

Los desarrollos relacionados con los motores están centrados, entre otros, en mejorar; los procesos asociados a la combustión, la eficiencia de propulsión, la eficiencia fluido-termodinámica, en reducción del peso, y en la neutralización de los aportes contaminantes.

En este contexto, y en relación a los contaminantes se está trabajando en biocombustibles, combustibles alternativos y otros medios de propulsión que se encuentran en estudio y desarrollo:

• **Biocombustibles:** entre ellos se encuentran los de primera, segunda, tercera y cuarta generación, siendo los de tercera generación aquellos cuya materia prima proviene de plantas acuáticas. Estas no requieren el uso directo del suelo y pueden cultivarse en biorreactores o bien, directamente en el mar. El combustible obtenido es el que menor competencia de recursos posee por cantidad de combustible producido. La clasificación de esta generación ha sido introducida por el transporte aéreo en los últimos años y ya se han realizado estudios respecto a la viabilidad de su producción a gran escala para satisfacer los requisitos del transporte aéreo civil. Por otro lado, están aquellos denominados de cuarta generación que pueden elaborarse sin utilizar tierras, no requieren la destrucción de biomasa para ser convertida en combustible..

• **Combustibles fotobiológicos y los electro-combustibles** referenciando así a los procesos de producción. Entre ellos se encuentra el "hidrogeno verde" el cual se obtiene de la electrólisis del agua utilizando electricidad de fuentes de energía renovable.

• **Otros hidrógenos.** en la actualidad apro-

ximadamente el 95% de la producción de hidrógeno del mundo se realiza a partir de combustibles fósiles y se lo conoce con diferentes nombres como por ejemplo hidrógeno gris (obtenido a partir del vapor del gas) o hidrógeno azul que es cuando existe captura de dióxido de carbono.

• **Otros medios de propulsión.** Entre ellos se encuentra el desarrollo de pilas de ion-litio y otros tipos de pilas con el fin de ser utilizadas como fuetes de energía para la propulsión. De esta manera las aeronaves tendrían un espectro amplio de par motor y potencias para diferentes nieles de vuelo.

Un aspecto a destacar en relación a los combustibles es la densidad energética de los mismos ya que indica la cantidad de energía que este posee por unidad de volumen o peso. Cuanto menor densidad energética resulta necesaria consumir más combustible (volumen y masa) para producir la misma cantidad de trabajo. La relación actual de los valores promedios aproximados se aprecia en los siguientes datos referenciales

• **Combustible fósil gaseoso**

13.000 Wh/Kg

• **Combustible fósil líquido**

12.000 Wh/Kg

• **El hidrógeno**

34.500 Wh/Kg

• **Batería de litio**

300 Wh/Kg

• **Batería de plomo**

30 Wh/Kg

Claramente se puede apreciar que el combustible del futuro estará centrado en el hidrógeno o mejor dicho en el hidrogeno verde, a pesar de que esta tecnología es aún embrionaria.

Nuevas tendencias en movilidad aérea

Finalmente merece la atención nombrar a los drones y a la movilidad aérea avanzada (AAM) ya que estas aeronaves reemplaza-

rán y complementarán a una parte de la actual aviación general. Un ejemplo de estos drones lo podemos ver en las aeronaves verificadores de radio ayudas que vienen reemplazando a las aviones que habitualmente se utilizan en dicha actividad o bien en el reemplazo de helicópteros para inspección de líneas de alta tensión.

Pero más allá de los drones que hasta ahora todos conocemos, algunas de las preguntas que surgen ante la nueva movilidad aérea son: ¿cómo se movilizará la carga?, ¿cómo lo harán los pasajeros?, ¿usarán los mismos vehículos o serán específicos?, ¿Qué tipo y qué características tendrán?, ¿serán autónomos o pilotados?, ¿qué servicios adicionales necesitarán?, ¿cuáles serán sus medios de propulsión?, ¿qué infraestructura

aeronáutica requerirá?, ¿cómo serán sus terminales?, ¿qué características tendrán los elementos de apoyo?, ¿cómo se combinaron con otros medios de transporte aéreos, terrestres o marítimos / fluviales?., y así podríamos seguir hasta llenar varias páginas con interrogantes que aún tienen respuesta relativa o bien, en algunos casos, no la tiene. Lo cierto es que, hoy por hoy, tenemos más preguntas que respuestas, pero justamente de eso se trata la planificación, de anticipar ciertos posibles escenarios que con cierto nivel de certeza tengan la posibilidad de concretarse.

En ese sentido los nuevos vehículos están en desarrollo como así también la propia normativa de OACI. Un ejemplo de ello se puede apreciar en la siguiente imagen:



Fuente OACI + GTA UIDET "GTA-GIAI" UNLP

A su vez, y más allá de lo publicado por OACI se puede apreciar en las páginas oficiales de la Federal Aviation Administration (FAA), la European Union Aviation Safety Agency (EASA) o bien en la propia National Aeronautics and Space Administration (NASA), los desarrollos y tendencias en relación a este tipo de vehículos y sus sistemas.

Al recorrer estas páginas y al observar sus contenidos podemos decir que, en algún futuro cercano, los cielos estarán surcados

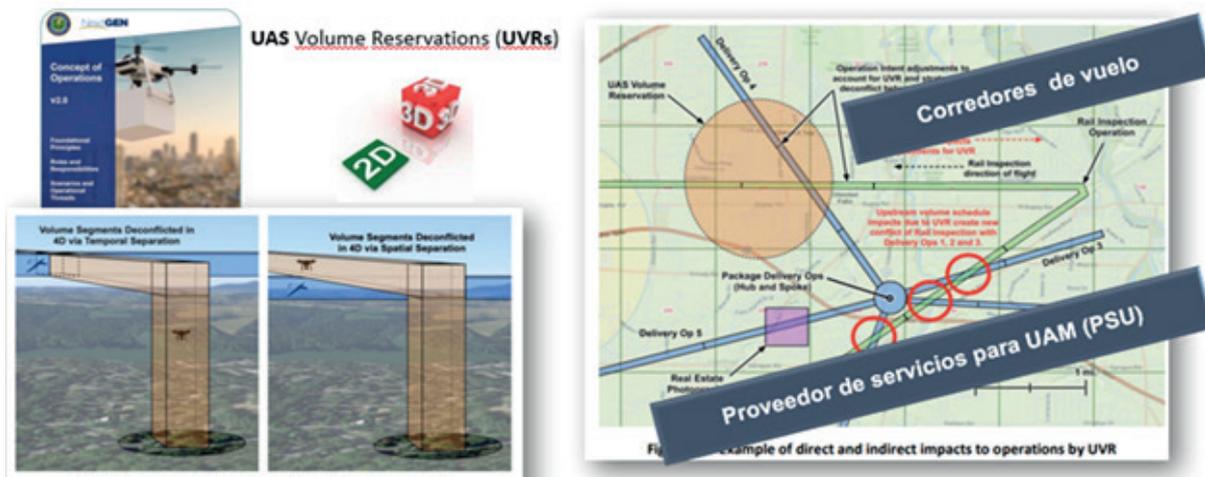
por aeronaves eléctricas del tipo eVTOL o eSTOL (electric Vertical and Short Take-off and Landing respectivamente), autónomas o pilotadas (de manera directa o a control remoto) moviéndose en un espacio aéreo controlado o no controlado pero siempre dentro de sus corredores específicos según actividad asignada.

Por lo cual es de suponer que la red de infraestructuras terrestres destinadas a la aviación general contemplará ya no solo a

los aeródromos y a los helipuertos sino que incluirá a los vertiports o stolports emplazados ya sea en aeródromos o exentos de ellos, implantados en tramas completamente urbanas o sub urbanas.

Esto conllevará a pensar en ciudades donde el transporte ya no será fundamentalmente 2D sino 3D a través de diferentes redes y sub redes según servicios al pasajero o la carga, o servicio establecido en un todo de acuerdo con el imperio de la ley, la sostenibilidad, y la seguridad operacional como pilares fundamentales del desarrollo específico. Un ejemplo de ello se puede apreciar en la siguiente imagen.

Para que esto se transforme en una realidad se necesitará integrar y robustecer varias aspectos como la big data, la tecnología 5G, el internet de las cosas (IoT), los servicios de gestión del espacio aéreo, los servicios de gestión de los sistemas multimodales de transporte, las infraestructuras en un todo de acuerdo con las smart city ciudades inteligentes bajo las premisas de sostenibilidad e inclusividad.



Fuente: FAA

ODS DE LA ONU

Continuando entonces con el análisis particular nos toca ahora repasar de manera general los ODS de la ONU, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>



Fuente: ONU

Al explorar los contenidos generales de cada ODS apreciaremos que los mismos refieren a la pobreza, al hambre, a la nutrición, a la seguridad alimentaria, a la mejora de la nutrición, a promover la agricultura sostenible, a la vida sana y el bienestar de la población, a la educación inclusiva, equitativa y de calidad, a la igualdad entre los géneros, a empoderar a las mujeres y las niñas, al acceso al agua y su gestión sostenible, a la energía asequible, segura, y sostenible, al crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, al empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos, a las infraestructuras resilientes, a la industrialización inclusiva y sostenible, a la innovación, a la desigualdad, a ciudades inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles, al consumo y producción sostenibles, al cambio climático, al uso sostenible de los recursos hídricos, a los ecosistemas terrestres y a la biodiversidad, a las sociedades, a las instituciones y a la alianza mundial para el desarrollo sostenible.

La pregunta que surge entonces es ¿Cuáles de estos ODS tienen su correlato directo con los OE de OACI?

Interrogante que tiene respuesta en la propia web de OACI donde indica https://www.icao.int/about-icao/aviation-development/Pages/ES/SDG_ES.aspx que sus cinco OE se relacionan con 15 de los 17 ODS de la ONU, situación que se ve relegada en la siguiente imagen

ODS de las Naciones Unidas			OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DE LA OACI				
	1	Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo				DESARROLLO ECONÓMICO	
	2	Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible	SEGURIDAD OPERACIONAL	CAPACIDAD EFICIENCIA			PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
	3	Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades	SEGURIDAD OPERACIONAL		SEGURIDAD FACILITACIÓN	DESARROLLO ECONÓMICO	PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
	4	Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos	SEGURIDAD OPERACIONAL	CAPACIDAD EFICIENCIA	SEGURIDAD FACILITACIÓN	DESARROLLO ECONÓMICO	PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
	5	Lograr la igualdad entre los géneros y empoderar a todas las mujeres y las niñas	SEGURIDAD OPERACIONAL	CAPACIDAD EFICIENCIA	SEGURIDAD FACILITACIÓN	DESARROLLO ECONÓMICO	PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
	6	Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos					
	7	Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos		CAPACIDAD EFICIENCIA		DESARROLLO ECONÓMICO	PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
	8	Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos	SEGURIDAD OPERACIONAL	CAPACIDAD EFICIENCIA	SEGURIDAD FACILITACIÓN	DESARROLLO ECONÓMICO	PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
	9	Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación	SEGURIDAD OPERACIONAL	CAPACIDAD EFICIENCIA	SEGURIDAD FACILITACIÓN	DESARROLLO ECONÓMICO	PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
	10	Reducir la desigualdad en y entre los países	SEGURIDAD OPERACIONAL	CAPACIDAD EFICIENCIA	SEGURIDAD FACILITACIÓN	DESARROLLO ECONÓMICO	PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
	11	Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles	SEGURIDAD OPERACIONAL	CAPACIDAD EFICIENCIA	SEGURIDAD FACILITACIÓN	DESARROLLO ECONÓMICO	PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
	12	Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles				DESARROLLO ECONÓMICO	PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
	13	Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos	SEGURIDAD OPERACIONAL	CAPACIDAD EFICIENCIA		DESARROLLO ECONÓMICO	PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
	14	Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible					
	15	Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad					PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
	16	Promover sociedades justas, pacíficas e inclusivas para el desarrollo sostenible, la provisión de acceso a la justicia para todos y la construcción de instituciones responsables y eficaces a todos los niveles	SEGURIDAD OPERACIONAL	CAPACIDAD EFICIENCIA	SEGURIDAD FACILITACIÓN	DESARROLLO ECONÓMICO	PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE
	17	Revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible y fortalecer los mecanismos para aplicarla	SEGURIDAD OPERACIONAL	CAPACIDAD EFICIENCIA	SEGURIDAD FACILITACIÓN	DESARROLLO ECONÓMICO	PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Fuente OACI + GTA UIDET "GTA-GIAI" UNLP

Como complemento de ello, la OACI manifiesta un rol activo como “observadora oficial en el Grupo Interinstitucional de Expertos sobre los Indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y actúa como organismo encargado de custodiar el indicador mundial 9.1.2, Volúmenes de pasajeros y carga, por modo de transporte, en el marco de la Agenda 2030”.

Entonces con la información disponible podríamos repasar cada ODS pero en esta ocasión solo lo haremos sobre el ODS 13 “adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos” y su interacción con cada uno de los OE de OACI pero, en esta oportunidad, solo haremos unos breves comentarios relacionados con el OE “protección ambiental”

En este contexto la OACI ha generado mecanismos y acciones concretas que han permitido obtener avances significativos en la implementación de todos los elementos que hacen a sus estrategias de mitigación o neutralización de los aportes contaminantes por operación de aeronaves relacionadas con: procedimientos operativos más eficientes, combustibles de aviación sostenibles, innovaciones tecnológicas y acciones basadas en el mercado de bonos de carbono.

Un punto que vale la pena destacar es el hecho de que la OACI adoptó, en marzo de 2017, la primera Norma de emisiones de CO₂ para aviones, fijando así un nuevo estándar de emisiones de CO₂ que representa el primer estándar de certificación de diseño global del mundo. Dicho estándar aplica a partir de 2020 para aquellos nuevos diseños de aeronaves y a partir de 2023 será aplicable para las aeronaves que se encuentren en producción.

También, gracias a la aparición de operaciones utilizando Performance basada en navegación (PBN), se ha podido rediseñar espacios aéreos y rutas aerocomerciales permitiendo una mejor gestión del tránsito aéreo minimizando el consumo de combustible y reduciendo los aportes contaminantes.

Por otro lado OACI fomenta la implementación a gran escala de los combustibles de aviación sostenibles ya que ha demostrado su factibilidad técnica, la reducción de sus impactos ambientales y la seguridad operacional. En este contexto la OACI lanzó el marco mundial sobre combustibles alternativos para la aviación (GFAAF) siendo una plataforma en línea que “proporciona una base de datos continuamente actualizada de actividades y desarrollos en el campo de los combustibles de aviación sostenibles, así como también documentación y enlaces útiles, para apoyar el intercambio y la difusión de información en beneficio de la comunidad de combustibles de aviación”.

A su vez la OACI menciona:

“En 2016, la OACI adoptó una histórica Resolución A39-3 de la Asamblea sobre el Plan de reducción y compensación de carbono para la aviación internacional (COR-SIA). Este acuerdo histórico sobre CORSIA, la primera medida basada en el mercado que aborda las emisiones de carbono de un importante sector industrial a nivel mundial, reflejó varios años de intensos esfuerzos de la OACI y sus Estados miembros, en cooperación con la industria de la aviación y otras partes interesadas. Para la implementación de CORSIA, la OACI adoptó nuevos estándares y métodos recomendados (SARP) que contienen requisitos para el seguimiento, la notificación y la verificación (MRV) de las emisiones de CO₂, aplicables a partir del 1 de enero de 2019. Actualmente, la OACI se encuentra en el proceso de determinar las unidades de emisión elegibles que las aerolíneas comprarán para cumplir con sus requisitos de compensación bajo CORSIA. Actualmente, la OACI está trabajando en temas relacionados con la adaptación a los impactos del cambio climático en la infraestructura de aviación y los procedimientos operacionales, mediante el desarrollo de nuevos textos de orientación sobre este tema. La OACI también ayuda a los Estados a inte-

grar e implementar medidas de reducción de CO2 incluidas en sus Planes de acción estatales, en particular en los Estados en desarrollo y los Pequeños Estados insulares en desarrollo (SIDS), con el objetivo de brindar asistencia técnica, incluso con recursos de la OACI, el PNUD y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), y de proyectos de asistencia OACI-UE, y a través de una estrategia de creación de capacidad para una acción eficaz relacionada con el cambio climático”

En concordancia con lo anterior también manifiesta

“En concreto la OACI realiza su aporte a través del procesamiento de datos y la construcción de indicadores que permiten monitorear el progreso hacia los ODS y así ayudar a los Estados a monitorear y comparar su propia infraestructura de transporte aéreo y así facilitar las inversiones conducentes al crecimiento sostenible del transporte a nivel nacional en un todo de acuerdo con los objetivos y políticas de Estado.”

Es evidente entonces que la OACI está perfectamente alineada con los ODS a través de acción concretas de carácter evolutivo y dinámico en un todo de acuerdo con sus propios OE y metas ambientales.

Parafraseando a Henry Ford podríamos decir “La visión sin la ejecución solo es una alucinación”

Pero mas allá de OACI y Naciones Unidas pasamos a repasar algunas acciones específicas de Argentina más allá de las ya mencionadas.

ARGENTINA Y LOS PLANES DE REDUCCIÓN DE CO2 EN TRANSPORTE AÉREO

En el 2014 Argentina fue pionera presentando de manera voluntaria su primer plan de reducción CO2.

Recientemente la Argentina presentó una nueva versión del “Plan de Acción del Esta-

do Argentino para la reducción de emisiones de CO2 en la aviación” en un todo de acuerdo con los objetivos de OACI en materia de reducción de emisiones de CO2 y los acuerdos internacionales asumidos por el país en materia de cambio climático.

Dicha actualización, realizada por la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC), se basó en el Documento 9988 de la OACI “Orientación sobre la elaboración de planes de acción de los Estados para actividades de reducción de las emisiones de CO2”.

En este contexto el estado nacional estableció una línea de base e inventario de emisiones provenientes de: las aerolíneas, los vuelos domésticos, los vuelos internacionales, las operaciones aeroportuarias (incluyendo: parte aeronáutica, parte pública y elementos de apoyo y servicio), siendo el escenario base adoptado el 2019 por ser un año pleno de actividad aérea pre pandemia.

En este contexto la ANAC informa que “el sistema de transporte aéreo argentino emitió un total de 3.220.452 tCO2, de las cuales, el 97% correspondió a emisiones generadas por las líneas aéreas con matrícula argentina y el 3% restante a los ámbitos aeroportuarios. Dentro del ámbito aeroportuario, las emisiones vinculadas con las terminales aéreas fueron de 50.473 tCO2 (1,6% de las emisiones totales), de las cuales 88% se generaron a partir del consumo de electricidad y 12% al consumo de gas natural¹⁰. Las emisiones generadas por los vehículos de apoyo en tierra alcanzaron las 9.885 tCO2 (0,3%) producto mayormente de la combustión de diésel. Finalmente, las emisiones de los vehículos de acceso al aeropuerto (transporte pre-post aéreo) sumaron un total de 33.084 tCO2 (1,0%)”.

Con esta caracterización se establecieron 44 medidas de mitigación a largo plazo para reducir las emisiones generadas por el sistema de transporte aéreo nacional. Dichas acciones fueron agrupadas en las siguientes categorías: servicios de navegación aérea (21%), aeropuertos (38%) y líneas aéreas (33%).

Dentro de estas medidas podemos mencionar, solo a título de ejemplo a: Uso Flexible del Espacio Aéreo, Optimización del espacio aéreo en ruta, Navegación Basada en la Performance, Instalación de radares primarios, meteorológicos y modernización de radares secundarios, Certificación Airport Carbon Accreditation, Renovación de escaleras y otros equipamientos de apoyo en tierra, Diseño optimizado de pistas, calles de rodaje y salidas rápidas en todo el SNA, Incorporación de tecnología de iluminación LED, Nuevas estaciones meteorológicas en el SNA, Renovación flota de vehículos de apoyo en tierra, Utilización de fuentes de energía renovable en aeropuertos del SNA, Parquización y arbolado en el lado tierra de los aeropuertos del SNA, Modernización de Flota, Taxi-in con un solo motor, Implementación de EFB (Electronic Flight Bag) para la tripulación técnica, Implementación SkyBreathe, entre otras medidas adoptadas por el Estado nacional.

Claramente si bien cada una de estas tiene su argumentación a través acciones concretas de implementación buscando alcanzar el objetivo pretendido, solo tomaremos como ejemplo de referencia, la medida de mitigación relacionada con Sky Breathe la cual se relaciona con una herramienta analítica de Big Data que permite el manejo de información relevante para la administración eficiente del combustible. El uso de esta herramienta en operaciones como: "Engine Out Taxi-In (EOTI), Idle Reverse Thrust (REVT), Continuous Descent Approach (CDA), APU Reduced Taxi-Out (APUO) y APU Reduced Taxi-In (APUI) permitirá reducir el consumo de combustible y por lo tanto el consecuente aporte de emisiones gaseosas.

Es evidente entonces que con este plan de acción, Argentina renueva su activa decisión de acción en el contexto de los de los objetivos de OACI en materia de cambio climático.

Pero más allá del plan de acción para la reducción del CO2 la Argentina ha venido generando diversas acciones específicas con distintos actores del quehacer nacional

como ser Cancillería, Ministerio de Transporte, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, ANAC, EANA, INTA, INTI, Carbio, ARSA, YPF y la UNLP entre otros.

Dentro de la UNLP podemos mencionar al Grupo de Transporte Aéreo (GTA) de la Unidad de Investigación, Desarrollo, Extensión, y Transferencia (U.I.D.E.T.) "G.T.A.-G.I.A.I." del Departamento de Aeronáutica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata (U.N.L.P.). Dicho GTA ha desarrollado, en el contexto de convenios de colaboración, varios estudios según oportunos requerimientos de ANAC; entre los cuales, y solo a título indicativo, podemos mencionar

- Análisis del esquema internacional de intercambio de emisiones para la Aviación Internacional a nivel Strawman desarrollado por el Environment Advisory Group (EAG) de OACI.
- Análisis comparativo de los planes de reducción de emisiones CO2 presentados a OACI por 24 Estados / Organizaciones
- Análisis preliminar de "Buenos Aires Terminal Maneuvering Area Airspace Redesign" desde el punto de vista ambiental
- Emisiones acústicas y gaseosas derivadas de las operaciones en el Aeroparque Jorge Newbery (SABE).
- Análisis comparativo del APER Argentino con los planes de reducción de emisiones CO2 presentados a OACI por los 24 Estados / Organizaciones.
- Emisiones acústicas y gaseosas derivadas de las operaciones en el Aeropuerto Internacional de Ezeiza (SAEZ).
- Análisis comparativo del Documento 9988 de OACI y los planes de reducción de emisiones presentados a dicha organización.
- Análisis Estado actual del desarrollo de los biocombustibles aeronáuticos en la aviación comercial
- Análisis preliminar del estado actual del desarrollo de los biocombustibles aeronáuticos en la Región Latinoamericana.
- Análisis del Manual de Planificación de Aeropuertos, Parte 2: Utilización del terreno y control del medio ambiente.

Finalmente mencionar que miembros del GTA han participado como integrantes del grupo de expertos del “Global Market-based Measure Technical Task Force – GMTF”. Grupo de Trabajo del CAEP, participando en el subgrupo TG: Monitoring, Reporting and Verification (MRV). Actualmente se participa del “International Transport Forum (ITF)” donde se abordan diferentes áreas de conocimiento entre las cuales están, entre otras tantas, “Decarbonising Transport initiative” y “Decarbonising Transport in Latin American Cities”.

Al repasar entonces lo expresado podemos ver como el Estado nacional sigue una línea de acción en post de lo OE estratégicos de OACI en el contexto de los ODS de Naciones Unidas.

CONCLUSIONES

La problemática ambiental del transporte aéreo sobrelleva diferentes abordajes multidisciplinarios multidimensionales que se encuentran inmersos en sistemas multimodales de transporte y conectividad definiendo así múltiples escalas de caracterización, observancia y análisis.

En este contexto resulta evidente la necesidad de realizar diferentes análisis de sensibilidad de variables que permitan determinar los diferentes pesos relativos de emisión de aportes contaminantes generados en los procesos de planificación, diseño, construcción, operación y gestión de la industria en su conjunto. De esta manera se dispondrá de una herramienta de gestión que permitirá orientar los esfuerzos y los recursos en post de la neutralización o mitigación de los aportes contaminantes.

Y es, en este marco de actuación que las naciones unidas, la organización de aviación civil internacional y la Argentina vienen trabajando a través de paquetes de medidas que implican acciones concretas específicas orientadas a contribuir con el cumplimiento de las metas establecidas por el sistema de transporte aéreo, sus objetivos

estratégicos en un todo de acuerdo con los objetivos de desarrollo sostenible de Naciones Unidas.

RESUMEN SOBRE EL TRABAJO “CARNE ARGENTINA, CARNE SUSTENTABLE: LA GANADERÍA NO ES PARTE DEL PROBLEMA SINO PARTE DE LA SOLUCIÓN”, DEL IPCVA. PARTE 1

DRA NOEMI E. ZARITZKY



El Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina (IPCVA) presentó el 7 de septiembre de 2021 un estudio en el que 45 científicos argentinos relevan la situación actual de la sustentabilidad de la ganadería argentina para explicar cuál es el panorama actual y qué aspectos deben mejorarse.

El trabajo se denomina "Carne Argentina, Carne Sustentable: la ganadería no es parte del problema sino parte de la solución", que incluye temas tales como emisión de gases, huella hídrica, huella de carbono, cuidado ambiental y la sustentabilidad como atributo de calidad.

Es un informe en el que han trabajado 45 científicos nacionales, coordinados por la Red de Seguridad Alimentaria del CONICET. Han sido coordinadores de los distintos ejes temáticos del trabajo, el Dr. Javier Echazarrera (INTI), el Ing. Agr. Ph. D. Aníbal Pordomingo (INTA), el Mag. en Economía, Roberto Bisang (UBA-CONICET) y el Ing. Agr. Ph. D. Ernesto Viglizzo (CONICET).

A continuación se resumen y transcriben los conceptos más importantes del documento. Además se han introducido notas aclaratorias (en letra itálica) para poder comprender mejor alguna terminología utilizada en el texto original. No se han incluido en este resumen las referencias bibliográficas citadas en el documento original y se recomienda consultar dicho texto para ampliar la información.

El link por el cual se puede obtener el documento completo es:

http://www.ipcva.com.ar/documentos/2402_1631020822_sustentabilidad.pdf

El 12 diciembre de 2015, en la COP21 de París, 174 países más la UE alcanzaron un acuerdo histórico para combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones e inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono. El Acuerdo de París se basa en la Convención y, por primera vez, hace que todos los países tengan una causa común para emprender esfuerzos ambiciosos para combatir el cambio climático y adaptarse

a sus efectos. El objetivo central del Acuerdo de París es reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático manteniendo el aumento de la temperatura mundial en este siglo muy por debajo de los 2 grados centígrados por encima de los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitar aún más el aumento de la temperatura a 1,5 grados centígrados. Además, el acuerdo tiene por objeto aumentar la capacidad de los países para hacer frente a los efectos del cambio climático y lograr que las corrientes de financiación sean coherentes con un nivel bajo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

El cumplimiento de esa meta exige descarbonizar la atmósfera a través de una transición que guíe al planeta hacia una economía carbono-neto cero, en la cual la emisión de carbono no debe superar la mitigación. Carbono-neto cero es el gran desafío que debe enfrentar la comunidad internacional en este tiempo en que el cambio climático aparece como la mayor amenaza global a la vida del planeta. En respuesta al Acuerdo de París, Argentina presentó su meta de limitar las emisiones a 483 Mt eqCO₂ (millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente) en el año 2030. En diciembre del 2020, replanteó su compromiso y propuso bajar a 358,8 Mt eqCO₂, pero con el objetivo de alcanzar la neutralidad de carbono en el 2050.

El equivalente de CO₂ (dióxido de carbono), es una medida en toneladas, de la huella de carbono. Huella de carbono es el nombre dado a la totalidad de la emisión de gases de efecto invernadero, por lo tanto la masa de los gases emitidos es medida por su equivalencia en CO₂. La unidad permite comparar el impacto de calentamiento global de la emisión. Se ha elegido el CO₂ por ser la referencia del resto de los gases de efecto invernadero, a los que se considera causantes del calentamiento del planeta. Los gases de efecto invernadero distintos del dióxido de carbono tales como metano, óxido nitroso, son convertidos a su valor equivalente en dióxido de carbono, multiplicando la masa

del gas en cuestión por su Potencial de calentamiento global (GWP).

Co₂ eq= masa del gas x potencial de calentamiento global

El metano (CH₄) es un gas con efecto invernadero potente que contribuye al calentamiento global del planeta Tierra, ya que tiene un potencial de calentamiento global (GWP) de 28.

Debe tenerse en cuenta que se elige el CO₂ como el equivalente al total de los gases de efecto invernadero porque, a pesar de tener un potencial de calentamiento mucho menor que el de otros gases, como el metano o los óxidos nitrosos, es el que más crecimiento ha experimentado en la atmósfera terrestre y el más abundante en porcentaje de todos ellos.

Argentina al ratificar la CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (CMNUCC) asume una serie de obligaciones, como establecer programas nacionales que contengan medidas para mitigar y facilitar la adecuada adaptación al cambio climático.

En el marco de esta convención, a partir de 2014, los países en desarrollo tienen la obligación de presentar cada dos años los REPORTE BIENALES DE ACTUALIZACIÓN (BUR). En el caso de Argentina, estos reportes están hoy a cargo del Gabinete Nacional de Cambio Climático (GNCC), creado según el decreto 891/2016. Dentro de sus objetivos, se encuentra facilitar la adopción de políticas en materia de cambio climático y el cumplimiento de los compromisos provenientes de la CMNUCC y del Acuerdo de París.

*En diciembre de 2019 se publicó en Argentina la Ley n.º 27520 de Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático Global para garantizar acciones, instrumentos y estrategias adecuadas de mitigación y adaptación al cambio climático en todo el territorio nacional. Para alcanzar los objetivos establecidos, en el artículo 2 de dicha ley se crea el **Gabinete Nacional de Cambio Climático (GNCC)** que tiene como fin articular entre las distintas áreas*

*de gobierno de la Administración Pública Nacional, el Consejo Federal de Medio Ambiente y distintos actores de la sociedad civil, el diseño de políticas públicas consensuadas, con una mirada estratégica para reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y generar respuestas coordinadas para la adaptación de sectores vulnerables a los impactos del cambio climático. Como resultado de esta articulación, la ley establece que se desarrollará e implementará el **Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático**.*

Los reportes bienales contienen información actualizada sobre los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (INGEI), las necesidades de apoyo tecnológico y técnico e información sobre las medidas de mitigación y su respectiva metodología de monitoreo, reporte y verificación.

Hasta el momento el inventario se calcula con metodología definida en las Directrices para Inventarios elaboradas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático del año 2016 (IPCC). En 2019 se publicó una actualización de estas directrices que no ha sido adoptada aun por la CMNUCC pero se espera que en los próximos años sea utilizada.

Según el inventario Argentina 2016 el **ganado bovino** aporta un 16% de las emisiones totales nacionales. La categoría fermentación entérica del ganado vacuno aporta la mayor proporción dentro de las emisiones del sector agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de la tierra (AGSOUT1). Respecto a la validación de estos datos, las tensiones aparecen en la metodología de construcción de impacto y su posterior medición.

Los principales cuestionamientos a estos cálculos desde diferentes sectores son:

- Se discute sobre la posibilidad de secuestro de carbono en praderas y pastizales naturales que actualmente no es contemplada en los cálculos del inventario
- Las directrices 2019 bajan los coeficientes de emisión de óxido nitroso proveniente de

las deyecciones de animales en pastoreo (-80%);

- Varios autores sostienen que la permanencia del metano en la atmósfera es menor que la del dióxido de carbono en la tierra por lo cual el factor de conversión que se utiliza para calcular las toneladas de carbono equivalente es inferior.

Más allá de estos cuestionamientos, a nivel global, la ganadería tiene un bajo nivel de emisiones a nivel internacional. **Las emisiones de la ganadería nacional solo representan el 0,15 % de las emisiones totales del planeta.**

Análisis de los Factores de impacto ambiental.

La base científica de los factores de impacto ambiental y sus escalas de abordaje resulta clave, tanto para fijar bases internacionales de negociación como para velar por el uso de reglas de juego en el comercio privado.

Algunas dimensiones relevantes de impacto ambiental son: a) Emisión de gases de efecto invernadero, b) Secuestro de carbono, c) Huella hídrica, d) Biodiversidad y conservación de tierras, e) Preservación del recurso forestal y servicios ecosistémicos.

Este resumen se refiere a la Emisión de gases de efecto invernadero vinculado al sector ganadero bovino; dejaremos para una futura entrega la discusión de las otras dimensiones del impacto ambiental

Emisión de gases de efecto invernadero vinculado al sector ganadero:

Respecto a otros sectores de la economía que solo pueden mitigar emisiones a través de cambios estructurales de envergadura (por ejemplo, la sustitución de combustibles fósiles por renovables, el reemplazo de materiales, o el rediseño integral de procesos), el sector ganadero bovino puede mitigar emisiones en base a procesos naturales y armónicos con la naturaleza. Esta es una fortaleza y una oportunidad debido a que está más

asociada a tecnologías de procesos que de insumos.

Al presente, el sector agropecuario en su conjunto ha adoptado prácticas y mejoras sustanciales, dando como resultado disminuciones del 10% en sus emisiones desde el inicio del compromiso de Kyoto (1990), y un 26% desde el máximo valor inventariado en 2010.

En lo que se refiere a la ganadería, las emisiones GEI están compuestas por diversas fuentes. Estas emisiones han mostrado una tendencia negativa desde 1990, explicada parcialmente por reducción de cabezas, aunque también por mejoras sustanciales de eficiencia del ciclo productivo. Esta reducción de emisiones ha conducido a la ganadería argentina de un valor de 1620 kg de eqCO₂ por cabeza en 1999 a los 1350 kilos de eq CO₂ por cabeza en 2016. Esta evolución positiva no exime al sector de mayores esfuerzos para controlar, y reducir las fuentes de emisión principales, en especial la fermentación entérica, evitar pérdidas por deforestación, pérdidas de pastizales y pasturas perennes. Por otra parte, no alcanza solamente con reducir las emisiones, sino que el sector tiene una oportunidad para actuar como sumidero de C, aportando a las medidas de compensación requeridas en otros sectores, transformándose así en servicios ec-osistémicos.

En este sentido, la mejora de los inventarios nacionales para ajustar la contribución real del sector a las emisiones nacionales resulta una prioridad estratégica.

Otro camino para ajustar las emisiones del sector a escala nacional es el uso de factores de emisión determinados localmente. Por esta vía es posible afinar los valores que por defecto se utilizan en las estimaciones propuestas por las guías del IPCC y brindar un número más cercano y ajustado a la realidad local, lo que permitirá identificar y priorizar las áreas donde se deben realizar mejoras.

Esto mejorará la precisión de la estimación tanto de los inventarios, como de las estimaciones de la HC (Huella de Carbono) de la

carne. Para generar información localmente, resulta esencial apostar al fortalecimiento, planificación e inversión en investigación en el país.

A futuro, la contribución relativa del sector ganadero a las emisiones de gases efecto invernadero GEI, en comparación a otros sectores, puede ser menor. A nivel internacional existe discrepancia respecto de la métrica a utilizar para contabilizar los GEI distintos al CO₂, con particular énfasis en revisar el impacto real del metano. Dos argumentos son los que toman mayor relevancia: i) la menor vida media en la atmósfera de este gas respecto del CO₂; y ii) la diferencia del CO₂ producto de la combustión del carbono acumulado en fuentes fósiles.

En el documento se menciona que en los agro-ecosistemas el metano se genera en procesos biogénicos vinculados intrínsecamente a procesos circulares, por lo tanto, si la cantidad total de metano no cambia año a año, no resulta en una acumulación de GEI. Esta discusión, que puede llevar a un reajuste de la manera de contabilizar la emisión de metano (principal GEI relacionado a la ganadería bovina), si bien no implicará que el sector ganadero deje de ser una fuente de emisión de GEI, conducirá a una menor contribución del sector en relación a otros sectores productivos.

El documento explica con respecto al metano, que alrededor del 90% del metano emitido es inactivado en la estratósfera por un radical libre que se encuentra en la naturaleza llamado Hidroxil (OH), que actúa como una especie de "detergente atmosférico" que rompe la molécula de metano y la convierte en vapor de agua y en un alquil inocuo. Una porción menor del metano emitido es asimismo secuestrada por el suelo. Esto cambia la perspectiva del problema, ya que su gravedad se ve considerablemente atenuada por la propia naturaleza que toma a su cargo el problema de "limpiar" la atmósfera de este gas contaminante. El metano es un gas de corta permanencia en la atmósfera compa-

rado con el CO₂ (aproximadamente 10 años contra más de 100). En consecuencia, algunos trabajos recientes plantean que, si se mantienen niveles estables de emisión de metano, su concentración en la atmósfera debería equilibrarse en lugar de seguir acumulándose como sucede con otros GEI de larga duración en la atmósfera. En ese sentido, las métricas utilizadas tradicionalmente para estimar el poder de calentamiento del metano deberían ser reconsideradas.

El país dispone de una plataforma de sistemas ganaderos integrados a los ambientes con capacidad para producir una amplia diversidad de productos, carne pastoril, o de feedlot, estándar u orgánica, con trazabilidad, denominación de origen, perfil orgánico, nutracéutico, de diversas categorías y pesos a faena o grados de contenido de grasa.

Las emisiones de Argentina son de por sí bajas, debido a que se trata de una ganadería de carácter extensivo, con la mayoría de los sistemas de producción sobre sistemas pastoriles.

Esa base productiva está basada en pastizales ocupando el 95% del área ganadera bovina del país, unos 60 millones de hectáreas, con la mitad del rodeo ubicado en la zona pampeana, que representa alrededor de un tercio de esa superficie.

La importancia de las características de los sistemas extensivos de Argentina radica que en los sistemas de base pastoril, aun con la terminación a corral durante los tres o cuatro meses de engorde, el forraje de la fase de cría ocupa entre el 70 y el 80 % de la cantidad de materia seca y cantidad de energía consumida en el sistema.

Las pasturas en la región templada sostienen el 60% del stock bovino y son la base de más de 50% de la producción de carne del país. Los pastizales naturales y las pasturas megatérmicas completan la plataforma sobre la que se asienta el resto del stock y la producción. Constituyen la columna vertebral de las diversas variantes y estrategias

de intensificación y competitividad de la ganadería.

Las pasturas megatérmicas o pastos subtropicales son forrajeras que prosperan con climas y suelos adversos, ya sea por cálidos, secos, u salinos. Tienen la característica de crecer bien en ambientes tropicales y subtropicales. Existen pasturas megatérmicas que se dan bien con climas húmedos y otras pasturas megatérmicas que se dan bien en ambientes semi-desérticos. Han despertado el interés de los productores porque logran maximizar el rendimiento y optimizar el uso de los recursos del suelo, con la virtud de que se adaptan a diferentes ambientes. Para incrementar la productividad de los sistemas ganaderos en determinadas regiones, se requiere aumentar la superficie de estas pasturas que, en su mayoría, son más productivas y de mejor calidad que el pasto natural.

Esa diversidad de sistemas tiende gradualmente también a la integración con otras producciones en rotación de suelos, o usos combinados (silvo-pastoriles). Esas características le confieren a la ganadería atributos de sustentabilidad por su capacidad adaptativa, complementaria y flexible.

Los recursos forrajeros están asociados a la emisión de C en relación directa con su digestibilidad

Algunos forrajes tienden a mayor digestibilidad y menor emisión por unidad consumida aunque también la aridez genera un efecto de pérdida de digestibilidad, lignificación e incremento de emisiones de la fermentación.

La variabilidad y diferencias con forrajeras entre ambientes es clave para una caracterización adecuada del perfil de emisión de C de los sistemas. Diversos sistemas del mundo intentan generar sus estimaciones para alimentar modelos que mejor describan su realidad. El uso de índices reportados en la bibliografía adolecería de insuficiente precisión para calificar a la diversidad de sistemas ganaderos argentinos por sus huellas

ambientales, en particular de C.

La ganadería es la única alternativa productiva viable en áreas con baja calidad de recursos forrajeros, y allí cumple el rol de digestor de fibra no apta para consumo humano. En ese contexto, la gran mayoría de la producción ganadera argentina tiene baja dependencia de insumos externos, ya que los sistemas extensivos de cría basados en pastizales naturales requieren poco o nulo ingreso y uso de agroquímicos y fertilizantes, y de alimentos que no sean producidos en el establecimiento. Por este motivo, varias de las tecnologías de manejo para mejorar o sostener la producción ganadera argentina en esos ambientes confluyen en un mismo sentido.

Si bien la emisión entérica de metano es una constante metabólica de difícil modificación, existen tecnologías de eficacia comprobada para reducirla y posibilitan un camino factible hacia la mejora en la calidad de las dietas animales, a través de mayor digestibilidad de los alimentos ingeridos.

La reducción de la producción de metano entérico se puede lograr a través de diferentes mecanismos, unos directamente relacionados con el manejo de la dieta, sus componentes y las relaciones entre ellos, y otros con el uso de aditivos en la dieta tales como los inhibidores de metanogénesis, aceptores de electrones, ionóforos, compuestos bioactivos de las plantas, lípidos dietéticos, enzimas exógenas, agentes microbianos, manipulación de las arqueas y bacterias del rumen, entre otros.

A su vez, es posible controlar las emisiones de metano y óxido nitroso proveniente del manejo de efluentes en sistemas intensivos (feedlots) mediante el reemplazo de los sistemas abiertos (piletones) -que dificultan la reutilización de nutrientes y la generación de bioenergía- por sistemas cerrados que faciliten la economía circular de estos procesos. El aumento de la eficiencia productiva es

una oportunidad para la ganadería bovina. Aunque una mejora de la eficiencia no necesariamente reduce las emisiones absolutas (por ejemplo, si se expresan por hectárea), es posible reducir las emisiones relativas (o huella de carbono) por unidad de producto comerciable (por ejemplo, por kg de carne o kg de proteína animal).

La genética bovina, la nutrición balanceada, la alimentación y el manejo del pastoreo son ejemplos de cuatro tecnologías que han probado su eficacia para reducir la huella de carbono. En este último tiempo Argentina avanza con investigaciones de mediciones de consumo residual (Residual Feed Intake RFI) en diferentes razas bovinas y sus posibilidades de ser transmitida a la descendencia. Esto contribuye sin duda al mejoramiento de la eficiencia global del sistema productivo ganadero de nuestro país y su consecuente disminución de las emisiones por cantidad de kg de carne producidos,

Engorde a corral y el aprovechamiento de desperdicios de la agroindustria.

La incorporación de la tecnología de engorde a corral sirve para manejar la carga animal y evitar problemas de sobrepastoreo que se dan en otros países con menores recursos ambientales. Asimismo, permite profundizar la vinculación con la agroindustria, posibilitando un mayor uso de subproductos que de otra forma constituyen residuos o desperdicios de dicha agroindustria cuya disposición contribuye a la contaminación ambiental. En ese contexto, la ganadería profundizó la vinculación con la agroindustria para aprovechar subproductos, controlar costos transaccionales e inversiones y aprovechar oportunidades de corto plazo. Es un ávido usuario de subproductos de procesados y destilados del maíz (gluten feed, burlanda) o de la extracción de aceite de la soja y del girasol (expellers y harinas proteicas sin oportunidad de uso en alimentación humana), cáscaras de procesados del maní, de la industria de la cebada y del trigo y otros

cereales de invierno (afrechillos y raicillas), de la horticultura (restos y cáscaras de la limpieza e industrialización de vegetales) y de la fruticultura (orujos, cáscaras y descartes de frutas húmedas y secas). La nueva generación de suplementos para animales en pastoreo como de alimentación a corral, se aleja del formato clásico del grano y concentrado en base a harina de soja. Se proyecta una ganadería de confinamiento o suplementación con una mayor participación de subproductos de otras industrias agroalimentarias. Los subproductos de los sistemas bioenergéticos tienden a transformar los modelos ganaderos intensivos (ej. la burlanda en EEUU cambió la matriz productiva del feedlot).

El uso de pasturas megatérmicas y sus beneficios ambientales.

La incorporación de pasturas megatérmicas ha permitido ir mejorando la receptividad y la producción de ciclo completo en zonas ganaderas de mayor debilidad agroecológica, permitiendo la recuperación ambiental de áreas degradadas.

En regiones con condiciones agroecológicas, la incorporación de pasturas megatérmicas ha expandido la receptividad y la distribución de la oferta de forraje. Con ello creció la oportunidad de lograr mayor producción de terneros por hectárea, de retención de animales en recría, e incluso de engordes estacionales. La incorporación de especies megatérmicas ha sido creciente en los últimos 25 años y ha cambiado la estructura de la ganadería del norte del país.

Aumentó la receptividad y la producción en "ciclo completo", desde la cría al engorde. Luego de la vegetación natural, las pasturas de especies megatérmicas implantadas constituyen el recurso forrajero más importante de los sistemas ganaderos del NEA, una proporción cercana al 20% de la superficie total que permite reducir los procesos erosivos de la agricultura de granos y potenciar las categorías animales con mayores requerimientos de calidad y manejar lotes de

baja producción, de ambientes baja productividad primaria

Por ejemplo en el Chaco Árido, la introducción del "buffel grass" (especie megatérmica) en los sistemas ganaderos permite recuperar en 2-3 años la capacidad productiva forrajera en las áreas más degradadas. El INTA EEA La Rioja ha desarrollado y evaluado un sistema de cría bovina que contempla la siembra e implantación de buffel grass en un 10 a 15% de la superficie total del establecimiento y que sirve de complemento al uso del pastizal natural. En este sistema, la pastura de buffel se utiliza durante los meses de primavera verano (octubre-marzo), coincidente con la época de parición y servicio de los animales. En tanto que, el pastizal natural se utiliza en los meses de otoño invierno (abril-septiembre), época de reposo de la vegetación. El sistema también contempla un manejo del rodeo adaptado a las condiciones ambientales de la región.

Es posible mantener una buena condición del pastizal sosteniendo los niveles de producción de carne en sistemas de cría (norte de Córdoba) en años de menores precipitaciones, con la aplicación de un paquete tecnológico que combina sistema de pastoreo controlado con uso de pasturas cultivadas y confección de reservas forrajeras.

De la revisión sobre especies, implantación y manejo de forrajeras megatérmicas en Argentina surge que la información disponible es importante y con los matices regionales, constituye un capital que el productor dispone para ampliar el área de estas especies y mejorar su utilización.

En este contexto investigaciones llevadas adelante en Australia resaltan la importancia de la incorporación de leguminosas subtropicales que contribuyen a la menor emisión de metano, secuestro de CO₂ y fijación de nitrógeno en el suelo, aumentando la producción forrajera y evitando el empleo de fertilizantes químicos

Tecnología ganadera y oportunidades de mejora para mitigar emisiones

Argentina cuenta con un sistema científico-tecnológico robusto y diverso y es reconocida internacionalmente por la formación de sus profesionales y productores ganaderos en la aplicación de técnicas para el manejo de los sistemas de pastoreo.

La generación de conocimiento científico-técnico en materia de GEI y ganadería, se da no solamente por organismos de ciencia y técnica, con investigadores formados específicamente en la temática, sino también por asociaciones civiles de productores interesados en dar respuesta a este desafío. El foco está en el diseño de estrategias de mitigación y adaptación del cambio climático y en la generación de valores locales de referencia.

El sector reconoce la necesidad de mitigar las emisiones agropecuarias como uno de los grandes desafíos de la actualidad. Si bien el grado de reconocimiento de la relación entre la producción agropecuaria y los GEI es dispar y heterogéneo, existe un creciente interés del sector productivo por abordar la temática y tomar acciones de cambio frente a las demandas de la sociedad respecto de su desempeño ambiental. Esto favorece el diseño y la implementación de buenas prácticas ganaderas que reducen el impacto de la producción sobre el cambio climático.

Las tecnologías, prácticas y procesos que pueden ser incorporados a planteos ganaderos progresivos (no regresivos) incluyen el manejo de carga animal y la intensidad y frecuencia de pastoreo, la aplicación de protocolos de bienestar animal, usos de la tierra y prácticas que favorezcan el secuestro de carbono orgánico en el suelo y restauración de ecosistemas degradados (como los humedales) que justifiquen ser recuperados. En ecosistemas boscosos, la eliminación de la deforestación para siembra de pasturas, y la forestación y reforestación en sistemas silvo-pastoriles. En lo que se refiere a producción de granos y fibras para alimentación animal, el uso de labranzas reducidas o siembra directa, los cultivos de cobertura, el uso mínimo de plaguicidas, la fertilización

de precisión y fuentes mejoradas de fertilizantes nitrogenados (ureas recubiertas, inhibidores de la ureasa de nitrificación), y el manejo de las deyecciones animales y tratamiento de efluentes.

Adicionalmente, hay otros mecanismos que han recibido atención recientemente como es el uso de vacunas, los inhibidores de las enzimas en microorganismos metanogénicos y la selección de animales con menores emisiones de metano. Debe tenerse presente que la factibilidad de aplicación de cada una de ellas debe ser el resultado de una evaluación cuidadosa primero a nivel del animal - más específicamente a nivel del tracto gastrointestinal - y luego a nivel del rodeo, en términos de sus efectos sobre la productividad, la utilización de nutrientes, los costos y beneficios esperados, los que al final son los que determinarán su aceptación por los productores.

Una opción que se viene investigando cada vez más es el uso de ionóforos.

Los ionóforos son aditivos alimenticios utilizados en dietas de finalización. Alteran positivamente la fermentación del rumen y mejoran la eficiencia y salud del animal. Los principales efectos de los ionóforos desde el punto de vista nutricional, son consecuencia de cambios en los patrones de fermentación y del metabolismo del nitrógeno dietético por los microorganismos ruminales. Los cambios ocasionados en el rumen están relacionados con la disminución de bacterias Gram positivas y a la adaptación de bacterias Gram negativas.

Los ionóforos, entre los cuales están la monensina y la lasolacida, (aprobado su empleo por el SENASA), como los de uso más común, actúan sobre las bacterias Gram positivas del rumen, entre las que se encuentran productoras de hidrógeno y formato, de butirato, lactato y amoníaco; en cambio no afectan a bacterias productoras de succinato y propionato. Todo esto resulta en una reducción en la producción de metano, acetato y butirato, y un incremento en la proporción

de propionato en el rumen; disminuye la producción de lactato en el rumen, por lo que hay menos riesgo de acidosis, y también se reduce la desaminación de las proteínas en el rumen y la pérdida de nitrógeno amoniacal en la orina.

En la próxima entrega se continuarán analizando otros aspectos abordados en el documento y referidos a secuestro de carbono, huella hídrica, biodiversidad y conservación de tierras, preservación del recurso forestal y servicios ecosistémicos.



CAETS

Communication Prizes 2022

PREMIO

ANI - Comunicación

**Innovaciones de Alto Potencial
2022**

Consultar Bases: <https://acading.org.ar/>

Convocatoria nacional dirigida a estudiantes universitarios/
terciarios o jóvenes científicos/ingenieros con menos de 10
años de experiencia profesional

CIERRE DE LA CONVOCATORIA EN ARGENTINA:

3 de junio de 2022

ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL EN EL DISEÑO DE ALVIADEROS DE GRANDES PRESAS ARGENTINAS

RAFAEL SEDANE Y RAÚL A. LOPARDO



ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE LA INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL EN EL DISEÑO DE ALVIADEROS DE GRANDES PRESAS

RAFAEL SEOANE ⁽¹⁾ Y RAÚL A. LOPARDO ⁽²⁾

⁽¹⁾ CENTRO DE ESTUDIOS TRANSDISCIPLINARIOS DEL AGUA (CETA). FACULTAD DE CIENCIAS VETERINARIAS. UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

⁽²⁾ DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA, FACULTAD DE INGENIERÍA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático global puede afectar de varias formas el proceso de generación del caudal que escurre en una cuenca. La cantidad de precipitación, particularmente la precipitación intensa, influye en la magnitud de los caudales máximos de los cursos de agua que incrementará la vulnerabilidad de las poblaciones.

En Hidrología, una pregunta importante se relaciona con los efectos del calentamiento y la posible intensificación del ciclo del agua y, de ser así, la naturaleza y características de ese proceso sobre los caudales. La intensificación del ciclo del agua puede conducir a cambios en la disponibilidad de recursos hídricos, un aumento en la frecuencia e intensidad de las tormentas, inundaciones y sequías, y una amplificación del calentamiento a través de la retroalimentación del vapor de agua (Huntington, 2006) y (Koutsoyiannis, 2020).

Este trabajo tiene como objetivo presentar el problema que describen las nuevas investigaciones realizadas con los modelos de cambio climático y mostrar su utilidad para evaluar los riesgos de los aliviaderos en el presente y en un futuro cercano. , en particular para la Argentina, aunque puede resultar de utilidad para otros países.

El interés de este tema está vinculado con los resultados de un análisis realizado que muestran que la mayoría de los embalses en Argentina se clasifican como grandes presas y ya alcanzaron una media desde su construcción de algo superior a los 50 años, existiendo veintiocho embalses con 68 años. Este resultado muestra que numerosas obras en el país se han calculado a partir de datos hidrológicos, modelos y métodos desarrollados antes de los años setenta. El análisis de la antigüedad de las presas de embalse debe considerarse como un aspecto de mucha importancia, debido entre otras cosas, a que resulta sustantivo para poder evaluar los riesgos de los pobladores que se han asentado aguas abajo de los embalses y se han acostumbrado a un control de los caudales que podrían generar una falsa sensación de seguridad.

Tomando el caso de las metodologías es posible advertir que a partir de esa década se han observado importantes avances en la tecnología de estimación en la meteorología, la climatología, la hidrología y la probabilidad y estadística, que obviamente no fueron aplicadas en la época de proyecto y construcción de las obras actuales.

Una hipótesis básica de las estimaciones de los caudales de diseño utilizados en las obras y en los cálculos ha sido considerar que los procesos hidrológicos son estacionarios. Sin embargo, es fuertemente probable que las alteraciones proyectadas debido al cambio climático afecten a diferentes factores que incrementen el riesgo de sobrepaso de los aliviaderos de las presas. Es de destacar que más del 50% de las fallas de presas en el mundo han sido debidas al sobrepaso, asociado a grandes crecidas (Malinow, 1991). Distintas instituciones ya han desarrollado recomendaciones para incorporar modelos no estacionarios y el cambio climático global en las evaluaciones de seguridad de embalses.

La presencia de cambios de una serie temporal en sus momentos estadísticos (por ejemplo, media y varianza), definen un problema de identificación complejo, relacionado con los procesos no estacionarios. En el caso de las series de caudales máximos esta situación hace pensar que se deberían verificar las crecidas de diseño, que fueron calculadas con series reducidas y con metodologías superadas, y aplicarse nuevos métodos de estimación que incorporen los resultados de los modelos del cambio climático global. Los estudios hidrológicos actuales proponen metodologías para incorporar los cambios estimados con modelos climáticos en la estimación de la crecida máxima probable (CMP) y definir la capacidad de los aliviaderos para evacuar las crecidas extremas.

Además de su utilización para controlar las crecidas máximas, otra función positiva de las presas de embalse ante el cambio climático global estará vinculada a los casos de una posible disminución de las precipitaciones que impliquen una mayor cantidad de valores de caudales mínimos, aún menores que los calculados en la actualidad con los datos históricos.

Para esa eventualidad, las presas podrían mantener la capacidad de almacenar agua en tiempos de excesos y paliar los efectos de las dramáticas sequías que se pronostican con extremos de caudales mínimos en

zonas áridas. Este efecto debe ser considerado para el mantenimiento y cuidado de los embalses, en particular por la sedimentación de los mismos, que se ha incrementado en muchas zonas por los efectos antrópicos como la deforestación y el cambio de los usos del suelo.

Los procesos no estacionarios en una cuenca también incluyen además de las características mencionadas en el párrafo anterior las poblaciones que se ven afectadas por los cambios. Por lo tanto, una idea que debe ser considerada es que las condiciones no estacionarias incluyen los cambios del suelo, la sedimentación y poblaciones que se acercan a las áreas más seguras y que podrían verse afectadas por las nuevas condiciones del clima distintas a las originales.

Lo expuesto implica la importancia del seguimiento de las grandes obras que incluya su revisión, pero que además tenga en cuenta los nuevos desarrollos en climatología, meteorología, hidrología y estadística.

MARCO TEÓRICO

Las presas de embalse son infraestructuras críticas cuyo riesgo asociado debe ser adecuadamente gestionado en un proceso continuo y con nuevos datos y modelos actualizados. En forma general y por el análisis de la antigüedad de las obras se puede afirmar que, por lo general, los diseños realizados en Argentina se han realizado con la hipótesis de que las condiciones climáticas e hidrológicas se mantienen estacionarias.

Es probable que las alteraciones proyectadas debido al cambio climático afecten a diferentes factores asociados al riesgo de los embalses. En los últimos años se han desarrollado guías para incluir al cambio climático en las estrategias de apoyo a la toma de decisiones. Publicaciones recientes (Fluixá-Sanmartín et al., 2018) indican que las evaluaciones de seguridad siguen siendo un desafío a partir que aun los métodos no tienen una aceptación generalizada por la comunidad técnica.

Los nuevos modelos de cambio climático, en escala regional, RCM (Regional Climate Model), permiten una mayor precisión en las estimaciones de las principales variables del sistema hidrometeorológico, que son la entrada a los modelos hidrológicos de transformación entre precipitación y caudal en escala de cuenca. Los avances en la modelación del sistema climático han llevado a desarrollar nuevos modelos de circulación general, que, asociados con los regionales, permiten describir las variables del sistema que se simula en una cuenca.

Los modelos hidrológicos utilizan las estimaciones de distintas Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, Representative Concentration Pathways). Las cuatro trayectorias de concentraciones de gases de efecto invernadero son: RCP2.6, RCP4.5, RCP6 y RP8.5, que llevan la denominación para el año 2100 (2,6, 4,5, 6,0, y 8,5 W m/2). La trayectoria RCP2.6 es la más optimista en el sentido que supone que las concentraciones de Gases Efecto Invernadero (GEI) alcanzan su punto máximo entre 2010 y 2020 y luego disminuye. La trayectoria RCP8.5 considera un incremento sostenido para fines del siglo XXI y representa al escenario más desfavorable posible en términos de emisiones.

Boulangé et al. (2021) aplican una combinación de modelos para describir el efecto de los embalses en la mitigación de inundaciones y en la regulación del caudal. Si no se considerara la regulación del caudal el número promedio de personas expuestas a inundaciones, ubicadas aguas abajo de los embalses, se estima entre 9,1 y 15,3 millones por año, para fines del siglo XXI, con los escenarios RCP2.6 y RCP6.0. La inclusión de los embalses puede reducir el número de personas expuestas a inundaciones en un 20,6 % y en un 12,9 % (para RCP2.6 y RCP6.0).

Los modelos hidrológicos definen las estimaciones para distintas Trayectorias de Concentración Representativas, Representative Concentration Pathways (RCP), por sus siglas en inglés). Así, las cuatro trayec-

torias: RCP2.6, RCP4.5, RCP6 y RP8.5, llevan la denominación de sus forzamientos para el año 2100 (+2,6, +4,5, +6,0, y +8,5 W m/2). La trayectoria RCP2.6 es el más optimista en el sentido de que supone que las concentraciones de Gases Efecto Invernadero (GEI) alcanzan su punto máximo entre 2010 y 2020 y luego disminuye. La trayectoria RCP8.5 es más pesimista ya que supone que las concentraciones de GEI continuarán aumentando a lo largo del siglo XXI.

Boulangé et al., (2021), aplican una combinación de modelos para describir el efecto de los embalses en la mitigación de inundaciones y señalan no considerar el efecto de la regulación de caudal. El número promedio de personas expuestas a inundaciones ascenderá a una cifra entre 9,1 y 15,3 millones por año, para fines del siglo XXI (manteniendo la población constante), para dos escenarios de concentración. La inclusión de los embalses puede reducir el número de personas expuestas a inundaciones en un 20,6 % y en un 12,9 % (para RCP2.6 y RCP6.0, respectivamente).

En la figura N° 1, muestra los cambios proyectados en la frecuencia de ocurrencia de caudales máximos para un periodo de un retorno de 100 años y considerando distintos escenarios del cambio climático.

Los resultados mencionados muestran cambios para importantes zonas de la Argentina como el Litoral y la Patagonia, donde están ubicadas grandes obras de generación hidroeléctricas (Yacretá, Salto Grande, El Chocón, Alicura, Piedra del Águila y Pichi Picún Leufú).

A partir de estas ideas, el presente trabajo centra su atención en los riesgos de los aliviaderos de las presas asociados con las nuevas condiciones del clima y los cambios en las tecnologías de cálculo de los parámetros de diseño. Este análisis de algunos de los aspectos del problema para las obras puede ser útil a otros países con condiciones semejantes de desarrollo tecnológico y condiciones socioeconómicas.

Además, los efectos del cambio climático

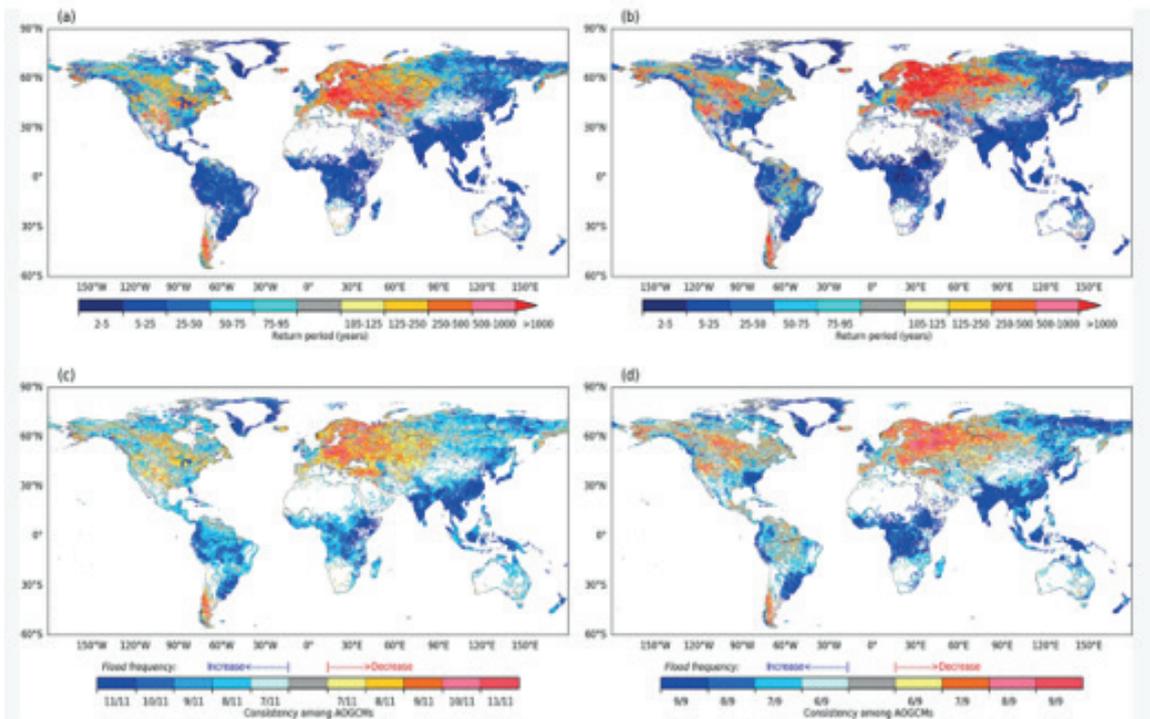


Figura 1. Cambios en las frecuencias de ocurrencia de los caudales para distintos escenarios de cambio climático. Fuente: Hirabayashi et al. (2021).

ya están ocurriendo en Argentina, tal como lo indican estudios de orden internacional y nacional. Existe una importante bibliografía en el tema, (IPCC, 2021) que señala cambios en distintas zonas de América del Sur.

ALIVIADEROS

Las obras hidráulicas se diseñan y construyen para aprovechar con diversos propósitos las corrientes de cursos de agua y ellas deben necesariamente disponer de estructuras que permitan evacuar los caudales excedentes en las mejores condiciones posibles. El aliviadero es fundamentalmente responsable de asegurar que el pasaje de las crecidas no produzca el sobrepaso de la obra de retención, con lo que se transforma en el elemento de seguridad de todas las estructuras componentes.

"Pesados como paquidermos o altivos como águilas, los evacuadores de crecidas están allí, en el acceso a la garganta de un río o en la desembocadura de un extenso espejo de embalse, a la vez guardabarreras y gen-

darmes de la circulación hidráulica. Para la mayor parte de ellos, su vida es desesperadamente vacía y aparentemente inútil. Como esfinges bajo el sol, sus grandes cuerpos pesados preguntan al destino sobre la estadística de los extremos. Luego, un buen día, o más bien una mala noche, todo se explica; luchan contra Niágaras, abrazan ríos de lodo, son golpeados por grandes árboles desgarrados que aferran sus pies en la roca o el hormigón, y son violentamente desgastados por la furia de las aguas" (Gruat, Thirriot y Trivellato, 1983).

El aliviadero tiene entonces por misión básica derivar y transportar el agua sobrante del embalse y amortiguar su energía al reintegrarla al cauce para evitar perjuicios a la propia presa y a los bienes y personas de aguas abajo. La necesidad del aliviadero da un carácter esencialmente hidráulico al diseño de la presa, que de otra forma hubiera quedado reducida a una pura estructura resistente. Las obras de alivio, con sus exigencias funcionales y espaciales, influyen y hasta condicionan la estructura resistente, motivando

en ocasiones la elección de su tipología (Vallarino, 1998).

En términos generales, un aliviadero sirve para uno o más de los tres propósitos principales siguientes: dar seguridad contra el sobrepaso de la presa, limitar la sobrecarga del embalse durante las crecidas menos severas que la de diseño y permitir la regulación del almacenamiento del embalse.

Para el caso de vertederos de perfil normal el caudal de diseño erogado resulta directamente proporcional a la longitud efectiva de vertimiento y en relación a la potencia $3/2$ de la carga hidráulica sobre la cresta.

De acuerdo con la expresión de cálculo el caudal máximo Q_{max} que eroga un vertedero para alivio de crecidas, dada una carga hidráulica máxima H_{max} , que de ser superada produciría el sobrepaso de la obra y su casi segura falla. La única solución previa en caso de que por las razones hidrológicas y climáticas antes tratadas se estimara un caudal mayor, debería ser aumentar la longitud "L" del vertedero. Ello podría ser posible mediante una obra auxiliar, un vertedero fusible u otro medio de descarga de excedentes. Para tener en consideración un incremento de longitud de vertimiento en cauces angostos, se han desarrollado proyectos de aliviaderos novedosos, que tratan de resolver ese aspecto con formas especiales, por ejemplo, los vertederos en laberinto o los denominados "piano key weirs" (Schheiss A.J., 2011), (Hosseini et al., 2016).

ANTIGÜEDAD DE LAS PRESAS

El problema de la antigüedad de los embalses relaciona la obsolescencia de las tecnologías de diseño y construcción con la variabilidad climática natural y el cambio climático global. Por otra parte, los cálculos muestran que las obras se diseñaron y construyeron en una época que los caudales utilizados estaban asociados a otras condiciones hidrológicas.

La necesaria tarea de la revisión de las obras, está relacionada con el proceso de envejeci-

miento natural que afecta, en forma diferenciada, las distintas componentes de una presa y su embalse. También, se debe señalar la importancia de las inversiones necesarias para resolver los problemas y disminuir el riesgo de falla de estas obras, que pueden afectar severamente a la población.

La mayoría de las 58.700 grandes presas en todo el mundo se construyeron entre 1930 y 1970 con una vida útil de diseño de 50 a 100 años. Si bien a los 50 años una gran presa de hormigón probablemente pueda comenzar a mostrar signos de envejecimiento, debe destacarse que las presas que estén bien diseñadas, construidas y mantenidas pueden alcanzar fácilmente los cien años de servicio. Los signos de envejecimiento incluyen el aumento de los casos de fallas, el aumento progresivo de los costos de reparación y mantenimiento de las presas, el aumento de la sedimentación de los embalses y la pérdida de la funcionalidad y eficacia de la obra, manifestaciones fuertemente interconectadas. Como ejemplo, se cita la destrucción de las presas de Edenville y Stanford en Estados Unidos. La primera, de 16 m de altura, fue construida el año en 1924 en la confluencia de los ríos Tittabawassee y Tobacco en Michigan, con los objetivos de generar energía hidroeléctrica y servir al control de inundaciones. La estructura falló en mayo del año 2020, luego de la ocurrencia de fuertes precipitaciones. Se recuerda (Malinow, 1991), que la mayor cantidad de fallas de presas en el mundo se debe a un sobrepaso de las mismas por una creciente de aguas arriba que supera la calculada en el diseño de la obra. La presa de Edenville era una presa de tierra con aliviadero de hormigón, que fue superada y seriamente destruida, vertiendo sin control el volumen del lago Wixom hacia aguas abajo. Debido a ese motivo, el lago Sanford aumentó más rápidamente de lo que podrían gestionar los aliviaderos de la presa del mismo nombre (uno regulado con compuertas y otro vertedero fusible para emergencias) por lo que la capacidad combinada no resultó suficiente (American Society of Civil Engi-

neers, 2021).

Este ejemplo muestra la importancia de la verificación de las obras ante nuevos escenarios de los forzantes climáticos, interés que probablemente, es compartido por distintos países. Por tal motivo en China, con cien mil embalses de varias diferentes tipologías (Huang et al., 2021), han realizado un estudio de los efectos de los cambios no estacionarios sobre las precipitaciones, aplicando un modelo de cambio climático para evaluar las variaciones de los riesgos considerando las dos condiciones (estacionaria y no estacionaria) y sus efectos sobre los embalses.

Se ha observado un cambio en los modelos aplicados para estimar las crecidas máximas que generan el caudal de ingreso a los embalses o "Inflow Design Flood" (IDF). En la década del setenta se comenzó a definir un nuevo paradigma que avanzó en la comprensión de los procesos del ciclo hidrológico y su formulación matemática, mejorando las estimaciones de los caudales que se aplican en el diseño de ingeniería.

Una teoría central para explicar la transformación precipitación-caudal es el modelo del hidrograma unitario instantáneo. Ese modelo está configurado por una expresión matemática que relaciona las precipitaciones efectivas (precipitación total menos las pérdidas en el suelo debidas a la infiltración) con el caudal directo. Por lo tanto, en la época de la construcción de la obra norteamericana mencionada (década de los años veinte del siglo pasado), no se habían desarrollado aún las principales teorías que se utilizaron posteriormente en la estimación de los parámetros de diseño de aliviaderos, como el hidrograma unitario (Clark, 1945), el hidrograma unitario instantáneo de Nash (1960), el modelo de valores de extremos (Gumbel, 1958) y la estimación de la Precipitación Máxima Probable PMP (WMO, 2009).

En Argentina, durante la década del ochenta, se realizó una aplicación del modelo de la PMP y la estimación de la CMP utilizando un modelo determinístico continuo para el diseño del embalse de Piedra del Águila

(Devoto et al, 1982). La obra fue construida sobre el río Limay para la atenuación de crecidas y generación eléctrica, aduna presa de hormigón de gravedad con una altura de 172 m y un aliviadero que permite erogar hasta 10.000 m³/s. Esta crecida fue verificada, veinte años después, con un modelo determinístico por eventos e incorporando nuevas tormentas. En la componente meteorológica se analizaron en el Instituto Nacional del Agua las tormentas de los años 1944, 1945, 1981, 1985 y 1993, incorporándolas al proceso de estimación de la crecida máxima probable (INA, 2002).

La aplicación del modelo de la precipitación máxima probable (PMP) y un modelo determinístico para calcular la crecida máxima probable (CMP) muestran un cambio de la metodología de estimación de la crecida de diseño para esta cuenca: así, por ejemplo, el complejo El Chocón-Cerros Colorado, es una obra construida con una crecida estimada con un modelo probabilístico y se utilizaron los caudales observados en el periodo 1903-1958.

La aplicación del modelo PMP-CMP muestran un cambio de las metodologías de estimación de la crecida de diseño para esta cuenca: Así, por ejemplo, el complejo El Chocón-Cerros Colorado, es una obra construida con una crecida estimada con un modelo probabilístico y se utilizaron los caudales del periodo 1903-1958. Estos valores fueron verificados con la técnica PMP-CMP, AIC (2006). Devoto 2022 (Comunicación personal).

Cabe mencionar que en Argentina ya se han estimado las crecidas de diseño del río Santa Cruz para los aprovechamientos hidroeléctricos actualmente en construcción en su cauce, incluyendo los posibles impactos del cambio climático (UNLP, 2021). Otros autores (Catalini et al., 2022), estiman las precipitaciones extremas que se pueden utilizar para la aplicación en el diseño de obras hidráulicas pequeñas y medianas.

Catalini et al., (2022), estiman las precipitaciones extremas que se pueden utilizar para la aplicación en el diseño de obras hidráulicas pequeñas y medianas.

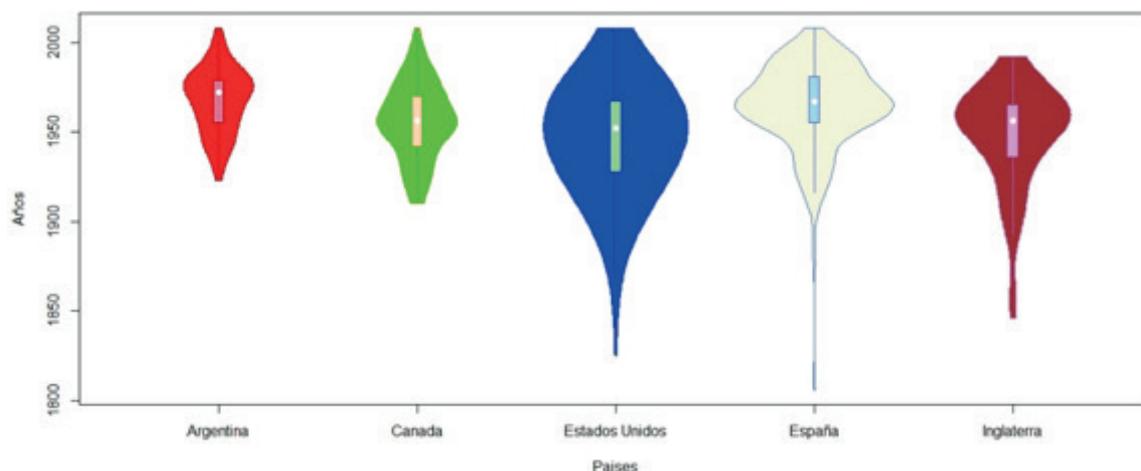


Figura 2. Diagramas de violín para los años de finalización de las obras ubicadas en distintos países.

Debe destacarse que en la Argentina, desde el desastre del dique Frías sobre el arroyo mendocino del mismo nombre en 1937 (Capitanelli, R.G., 1970), que produjo veintiún muertos, sesenta desaparecidos y cuantiosas pérdidas, no hubo que lamentar la destrucción de grandes presas (de más de quince metros de altura). Sin embargo, cuando ya se contaba con mayor conocimiento de la hidrología, en julio de 2000 se produjo la rotura de una pequeña presa en Anillaco, provincia de La Rioja, construida diez años antes para agua de uso industrial y riego y

con anterioridad, en octubre de 1999, se había producido la rotura de otra presa construida con propósitos similares en Fiambalá, provincia de Catamarca (ORSEP, 2010). Para describir cuantitativamente el problema de la antigüedad se presentan resultados de comparación en forma gráfica de los sistemas de presas de: Argentina, Canadá, España, Inglaterra y Estados Unidos (FAO, 2015). La figura N° 2 muestra las características de las funciones de densidad y los cuartiles respectivos de las fechas de finalización de las obras. Se ha utilizado el gráfico de violín que

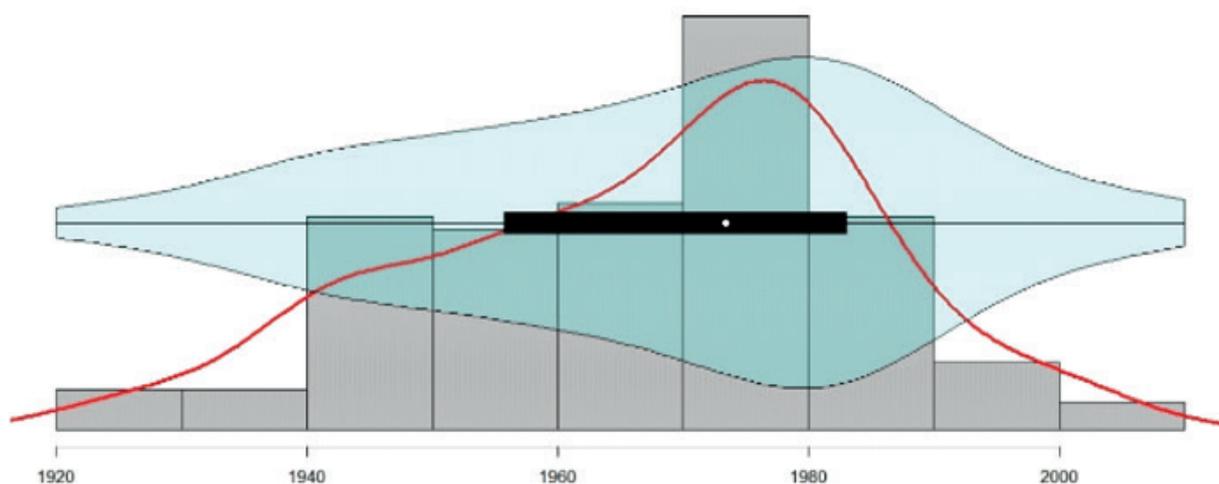


Figura 3. Diagrama de violín para el año de finalización de las obras en la Argentina.

combina distintas informaciones de la estadística descriptiva. Se puede observar que los casos de Argentina y Canadá son diferentes, las construcciones de presas comenzaron años después de España, Inglaterra, y Estados Unidos. La estimación del tercer cuartil resulta: Argentina (68 años), Canadá (81 años), España (68 años), Inglaterra (87 años) y Estados Unidos (95 años).

Se observa que, para las obras construidas en los cinco países mencionados, la edad media desde la finalización de las mismas muestra una antigüedad que en todos los sistemas supera los cincuenta años. Para la Argentina, el análisis indica la importancia de la década de los setenta para la construcción y la cantidad significativa de obras anteriores a esa década (Figura N° 3). Este análisis muestra: una media de 56 años y una mediana de 51 años. En el tercer cuartil hay 28 embalses que con 68 años ya han superado una vida útil estimada de 50 años. Se han considerado los 108 embalses definidos por la base de datos ya indicada.

En definitiva, la mayoría de las presas de embalse argentinas presentan una altura mayor a quince metros, por lo que son “grandes presas de embalse”, cuya vida media ha superado los 50 años. Un análisis del problema de las presas antiguas en Argentina se puede consultar en una referencia reciente (Malinow, 2020).

En un análisis de los caudales extremos (Meigh et al., 1997), han demostrado que existe una mayor incertidumbre para las estimaciones de los caudales máximos anuales en las regiones áridas y semiáridas que en las regiones húmedas ubicadas en distintas regiones del mundo. Estos resultados fueron incorporados para estimar un índice de impacto potencial para veinte embalses de Argentina; Devoto y Seoane (2010).

Dada la importancia del tema, en noviembre del 2021, Estados Unidos promulgó la Ley de Empleo e Inversión en Infraestructura. Esta ley describe la financiación de varios programas de seguridad de presas y se puede citar algunas líneas de inversiones relacionadas

con los motivos de esta investigación. En este caso se habrían destinado inversiones para la rehabilitación de presas de alto riesgo potencial y para la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica, (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA), para estudios sobre la Precipitación Máxima Probable (PMP).

UN EJEMPLO DE DETECCIÓN DE CAMBIOS EN LA CUENCA DEL PARANÁ (CORRIENTES)

Algunos autores (Beaulieu et al., 2012) han descrito que el cambio en la estructura de una serie temporal climática puede incluir formas combinadas, señalando además la posibilidad de su detección en series climáticas. Por lo tanto, es necesario contar con métodos que permitan identificar estos casos, que se pueden presentar en series hidrológicas asociadas a variables climáticas, como pueden ser las de los caudales máximos anuales que se utilizan en la teoría de valores extremos.

En el influyente libro sobre la teoría de valores extremos, (Coles, 2001), se analizan los modelos matemáticos para las secuencias de extremos no estacionarios. Este autor señala que: ‘los procesos no estacionarios presentan características que cambian sistemáticamente con el tiempo’.

Luego otros, Villarini et al., (2009), orientan su investigación a estudiar la validez de la hipótesis de la estacionariedad. En la investigación definen que una serie de tiempo hidrológica es estacionaria cuando no presenta tendencias, cambios o periodicidad.

Entonces, el problema a resolver consiste en comprobar la presencia de cambios que varían lentamente (análisis de tendencias) o puntos de cambio (es decir, la ocurrencia de cambios abruptos en la media y/o la varianza de la distribución de la variable de interés). La principal diferencia entre los dos análisis es que cuando se detecta una tendencia, es probable que continúe en el futuro. Por otro lado, la presencia de un punto de cambio in-

dica distintas características presentes en dos partes de la serie, y es probable que el estatus siga siendo el mismo hasta que se produzca un nuevo cambio de régimen.

Estas ideas se han utilizado para realizar un análisis de una serie de caudales máximos observados en el río Paraná y se ha seleccionado y aplicado la metodología propuesta por Villarini et al. (2009).

La secuencia de aplicación de las pruebas consiste en utilizar primero la prueba de Pettitt y luego la de Mann-Kendall. La primera prueba permite identificar un único punto de cambio (en la media o varianza). Si hubiera un único punto de cambio la segunda prueba, permite identificar la presencia de tendencias en cada una de las sub-series.

La prueba de Pettitt, (Pettitt, 1979) se aplica comúnmente para detectar la presencia de un solo punto de cambio en series hidrológicas con datos continuos. En la primera (H0) las variables siguen una o más distribuciones que tienen el mismo parámetro de ubicación (sin cambio), y según la hipótesis alternativa (HA), existe un punto de cambio. La prueba de Mann-Kendall (Mann, 1945;

Kendall, 1975) es la prueba estadística más utilizada para detectar la presencia de tendencias temporales en los datos de series hidrológicas.

La aplicación de la prueba de Pettitt para la serie temporal de caudales máximos observada en la estación Corrientes, río Paraná y el resultado muestra un punto de cambio (72, año 1976) con un valor $p = 0,06445$.

Luego, se ha aplicado la prueba de Mann-Kendall a las dos sub-series. La prueba tiene como H0 (hipótesis nula) que no hay tendencia presente en los datos. La HA (hipótesis alternativa) es considerar que una tendencia está presente en los datos. Si el valor "p" de la prueba es inferior a algún nivel de significación (por ejemplo, entre 0,05 y 0,01), entonces hay evidencia estadísticamente significativa que los datos de la serie temporal presentan una tendencia. La prueba de Mann Kendall aplicada a cada una de las sub-series muestran que ambos valores p son superiores a 0.05 y 0.10 utilizado generalmente para analizar la significación. En este caso no se ha detectado tendencias en las dos sub-series.

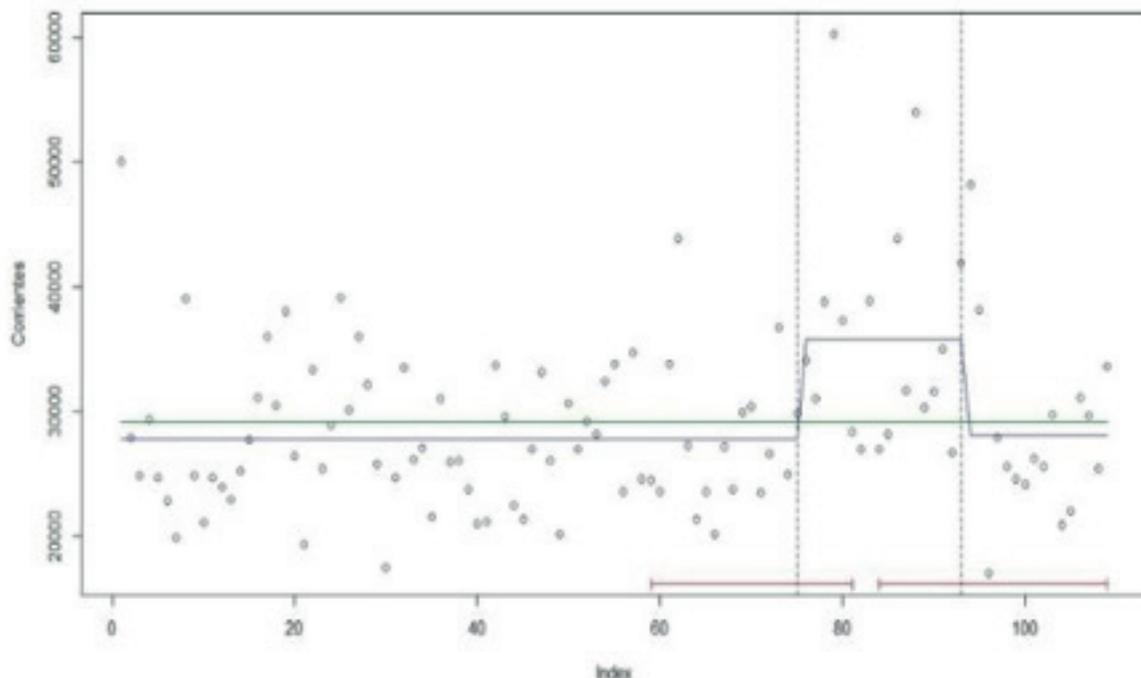


Figura 4. Gráfico de identificación de puntos de cambio en la serie de los caudales máximos diarios en Corrientes.

Periodo de Retorno (años)	Longitud del vertedero Sub serie 1 (m)	Longitud del vertedero Sub serie 2 (m)	Incremento longitud del vertedero (%)
5	160,3	182,4	13,8
10	178,4	206,4	15,7
20	196,0	230,2	17,5
50	219,1	262,4	19,7

Tabla 1. Estimación de las longitudes de vertederos requeridas para evacuar las crecidas para distintos periodos de retorno para dos periodos.

Para describir gráficamente los cambios en la serie de extremos se ha aplicado el programa denominado "strucchange" (software R), Zeileis, et al. (2002). que proporciona un conjunto de métodos para detectar cambios, estimar las medias de las sub-series y los puntos de cambio. El resultado de su aplicación en la serie de caudales máximos de Corrientes muestra que la descripción gráfica (Figura N° 4) coincide con la idea presentada por Beaulieu et al., (2012).

A continuación se presenta un ejemplo diseñado para mostrar la importancia de analizar la presencia de cambios en una serie hidrológica extensa. Se evalúan los cambios que significa utilizar la primera parte de la serie hidrológica (1904-1975) respecto de los cálculos realizados con la información del periodo siguiente (1976-2012).

A partir de los resultados obtenidos por la prueba de Pettitt y que permitió identificar dos sub-series se ha aplicado un modelo de valores extremos, función de densidad de probabilidades Gumbel (Gumbel, 1958). Con este modelo y para las dos muestras se han estimado, las dos relaciones de periodos de retorno-caudal. Luego, se calculó para diferentes periodos de retorno, las longitudes de los aliviaderos asociados con las estimaciones realizadas a partir de las dos sub-series. La Tabla N° 1 muestra la influencia que los cambios en la relación entre periodo de retorno y caudal tienen sobre la dimensión de un vertedero para las dos series de máximos

analizados: sub-series 1 y 2. En la segunda columna de la Tabla N° 1 se muestra que para la segunda sub-serie se necesita una mayor longitud del aliviadero para las nuevas condiciones hidrológicas. Por ejemplo, se observa que para un periodo de retorno de 100 años la longitud del vertedero se incrementaría en 21.4%. En la bibliografía existen métodos adecuados para estimar los extremos en casos no estacionarios. Coles (2001) señala que es posible relacionar la variación de los parámetros de las funciones de densidad de probabilidades de extremos con el tiempo o con otra variable, por ejemplo, con algún indicador de la variabilidad climática.

Este esquema implica que se podría representar una serie de extremos con un modelo GEV (Generalized Extreme Value), donde $Z_t \sim \text{GEV}(\mu(t), \sigma, \xi)$ e incorporar la serie del Índice de Oscilación del Sur (IOS) con la siguiente expresión, $\mu(t) = \beta_0 + \beta_1 \times \text{IOS}(t)$, que modifica el parámetro de ubicación de la función. El modelo inicial es $Z_t \sim \text{GEV}(\mu, \sigma, \xi)$, con tres parámetros: ubicación, escala y forma y fue propuesto por Jenkinson, (1955).

A su vez (Villarini et al., 2009) proponen un modelo lineal generalizado. Este modelo se puede completar con un método de estimación robusta. De esta forma se podría resolver otro problema subyacente: la presencia de observaciones atípicas en la muestra. Esta solución se aplicó para la serie de caudales del río Neuquén (Seoane y García Ben,

2011) y (Bianco et al., 2005).

El primer análisis mostró la posibilidad de la identificación de puntos de cambio y tendencias utilizando nuevos modelos de detección. La aplicación de estas pruebas permite la detección de componentes no estacionarias en las series. El caso presentado, con ciertas simplificaciones, es útil para comprender algunas de las componentes del problema. El ejemplo anterior muestra la posibilidad de estudiar el efecto de los cambios hidrológicos sobre las dimensiones del aliviadero de crecidas. Finalmente, se ha incorporado una descripción de algunas de las soluciones propuestas (Coles, 2001), que permiten la estimación en un contexto no estacionario al utilizar una relación que vincula un parámetro con un indicador de la variabilidad climática.

RIESGO DE UNA OBRA (ESTACIONARIO Y NO ESTACIONARIO)

Los conceptos de riesgo y periodo de retorno son fundamentales en el análisis de los eventos hidrológicos extremos tanto para la planificación como la gestión de sistemas mediante el modelo más adecuado para los casos estacionarios y no estacionarios en el diseño y verificación de obras. Este tema es importante porque el riesgo permite relacionar la vida útil con la probabilidad de ocurrencia de un evento. Un ejemplo sencillo muestra que si la ocurrencia de un evento es de 50 años y el caudal máximo tiene un periodo de retorno de 500 años entonces el riesgo es del 10 %. Sin embargo, si se considera un cálculo para una obra de 75 años entonces el riesgo se elevaría al 14%. Bras (1989) presenta interesantes aplicaciones de los modelos de variables aleatorias discretas en la estimación de la información necesaria para el diseño de obras; bajo condiciones estacionarias.

Por otra parte, se señala que los enfoques tradicionales asumen que los procesos hidrológicos evolucionan en un ambiente donde el ciclo hidrológico es estacionario (Salas et

al., 2018). Sin embargo, en los últimos años, se ha vuelto cada vez más evidente que en muchas áreas las actividades antropogénicas y factores estresantes inducidos por el clima causan condiciones no estacionarias. Por ello, es posible señalar la importancia de una nueva mirada que tienda a estudiar la relación entre la sociedad y la Hidrología, que en este caso esté asociada a los cambios del clima, las obras y las personas. Este aspecto de la no estacionariedad se puede consultar bibliografía muy actualizada (Koutsoyiannis, 2021).

Otros autores (Rootzen et al., 2013) presentan un ejemplo que es útil para entender el papel del clima en el problema del diseño y la verificación de obras. Ellos señalan que una obra de ingeniería que se planifique para estar en servicio entre los años 2015 y 2064 debería poder resistir a riesgos diferentes a los que tuvo una construcción similar entre los años 1961 y 2010. Un comportamiento con estas propiedades no se puede representar usando el concepto inherentemente estacionario de los niveles de retorno, y los riesgos no se pueden evaluar si solo se conoce la duración de la vida útil proyectada de una construcción. Para una evaluación con estas propiedades también se debe especificar durante cuantos años se planifica que esté en servicio un embalse.

Albertini et al. (2020) señalan que en los últimos años, varios estudios sociales e hidrológicos han investigado el riesgo generados por las complejas interacciones entre las inundaciones y las sociedades. Se propone un nuevo modelo socio hidrológico de las interacciones hombre-inundación que represente tanto los cambios en el embalse como en las estrategias de manejo y actualización del sistema.

Estos conceptos muestran la importancia de considerar el riesgo mediante la aplicación de distintos modelos. En el siguiente parágrafo se analiza la aplicación conjunta de modelos de cambio climático y uno hidrológico para una descripción de las condiciones futuras en la cuenca del Plata.

MODELOS DE CAMBIO CLIMÁTICO Y LA EVALUACIÓN HIDROLÓGICA DE CAUDALES

Los efectos del cambio climático ya están ocurriendo en Argentina, tal como lo indican estudios nacionales e internacionales. Existe una importante bibliografía en el tema, (IPCC, 2021) que señala cambios en distintas zonas del país. El desarrollo de nuevos modelos de cambio climático, en escala regional, RCM (Regional Climate Model), permite una mayor precisión en las estimaciones de las principales variables del sistema hidrometeorológico. Esta serán las variables de entrada a los modelos hidrológicos de transformación entre precipitación y caudal.

La modelación del sistema climático con los modelos regionales permite describir las variables del sistema que se simulan en una cuenca, poniendo el énfasis en el escurrimiento superficial, que interesa en este trabajo. Debido a que la resolución espacial es amplia en los GCM (cuadrícula horizontal entre 100 y 300 km), se reduce su salida a una resolución más fina, usando un modelo climático regional (RCM).

En los últimos treinta años se han desarrollado nuevos modelos regionales, con una resolución del orden de 25 a 50 km. En Argentina, un ejemplo de estos avances fue

la incorporación del PRECIS en el marco de un proyecto de investigación, CLARIS, de los efectos del cambio climático global en la cuenca del Plata. Otros autores (Boulangier et al., 2016) presentan una descripción de distintas componentes del proyecto CLARIS, que fue desarrollado entre 2008 y 2012 y tuvo como objetivo proyectar los impactos regionales del cambio climático en la Cuenca del Plata para los períodos 2010-2040 y 2070-2100.

El modelo PRECIS permite la estimación de los campos de distintas variables meteorológicas en una escala areal pequeña y utiliza un modelo de circulación general como condición de borde. El modelo climático PRECIS (Providing REgional Climates for Impacts Studies), fue desarrollado por el Hadley Centre de la Oficina Meteorológica del Reino Unido y es un modelo atmosférico y de superficie terrestre de área limitada y alta resolución que se puede ubicar en cualquier parte del mundo.

Directamente relacionado con el tema de este trabajo se puede señalar la aplicación del modelo determinístico de transformación precipitación caudal "Variable Infiltration Capacity (VIC)", asociado con el PRECIS para la estimación de los efectos de los cambios en las entradas sobre los caudales en la cuen-

Serie de caudales	Periodo de retorno (2 años)	Periodo de retorno (10 años)	Periodo de retorno (20 años)
Observados 1904-1969	26684,9	35457,6	38809,7
Observados 1970-2011	29575,2	40519,0	44700,7
Modelo 2021-2140 (futuro cercano)	29505,0	45970,5	52262,0
Modelo 2071-2098 (futuro lejano)	29620,4	42422,1	47313,6

Tabla 2. Estimación, con un modelo de extremos Gumbel, datos de una simulación de caudales en Corrientes (m³/s). Modelo IPSL.

ca del Plata (Saurral et al., 2013) (Camillioni et al., 2013). Esta asociación permite la estimación de caudales en escala diaria como la utilizada en la discusión del siguiente caso.

A continuación, se presenta un análisis de extremos de una serie de caudales máximos “futuros” que fueron estimados con las variables de entrada definidas con el modelo IPSL (Institut Pierre-Simon Laplace). El modelo IPSL-CM5 es una versión del modelo IPSL de sistema terrestre completo. Los caudales se han estimado, a partir de los escenarios hidrológicos futuros, considerando los datos de distintos modelos regionales para los períodos 2021–2040 (futuro cercano) y 2071–2090 (futuro lejano), (Saurral et al., 2013), Se aplica un modelo de extremos para estimar una variación futura y describir, solamente a un nivel didáctico, los efectos estudiar una serie generada con un modelo de cambio climático regional y un modelo hidrológico. Para una estimación orientada a fines de diseño o verificación se sugiere consultar otros trabajos (Hirabayashi et al., 2013) (Lawrence, 2020).

Como ejemplo, se ha seleccionado una función de densidad de probabilidades Gumbel para estimar los caudales futuros. En la tabla N° 2 se comparan las estimaciones para el periodo 2021–2040 y para el periodo 2071–2090, estas son comparadas con las obtenidas con dos series observadas, periodos (1904-1969) y (1970-2011). Los resultados del experimento numérico anterior muestran un incremento de los caudales máximos tanto para el futuro cercano (2021-2040) como del lejano (2071-2098). La utilización de datos de otros modelos climáticos asociados con el modelo hidrológico VIC han definido otras estimaciones distintas, y por lo tanto, los resultados presentados corresponden, solamente, a un experimento numérico realizado en el marco del citado proyecto. En Camillioni et al., (2022) se presentan resultados más actuales de la aplicación de nuevos modelos y que permiten contar con caudales estimados para distintas sub-cuencas de la cuenca Del Plata.

CONCLUSIONES

La mayor frecuencia y severidad de las crecidas pueden llevar al límite a los parámetros de diseño de un embalse y por lo tanto acelerar el proceso de envejecimiento de las presas.

El análisis de la información de las presas construidas en Argentina muestra que ellas tienen una antigüedad media de cincuenta y seis años y una mediana de 51 años (superando su “vida útil” clásica). Se ha estimado el tercer cuartil de la antigüedad, y son veintiocho embalses lo que superan los 68 años, Además, un porcentaje significativo de estas obras presentan una altura mayor a 15 metros, por lo que son consideradas internacionalmente como “grandes presas”, lo que define condiciones más exigentes para su dimensionamiento, verificación y operación. Varias de estas obras están ubicadas en una zona árida o semiárida, que las hace aún más vulnerables a la ocurrencia de extremos hidrológicos.

Claramente, desde los años sesenta, época de diseño de las numerosas obras construidas en los setenta, se ha incrementado el desarrollo de nuevas investigaciones en distintas áreas del conocimiento. Por ejemplo, las explicaciones climatológicas sobre la variabilidad climática (ENSO, PDO) que son procesos que presentan una baja frecuencia de ocurrencia.

Por otra parte, se espera que el aumento del contenido de vapor de agua en la atmósfera, debido al calentamiento global, altere las propiedades de las precipitaciones y el comportamiento de sus valores extremos. Esto plantea la necesidad de aplicar modelos no estacionarios y modelos de cambio climático para estimar la precipitación máxima probable (PMP).

Para la verificación de las obras existentes y los diseños de las que se construirán en el futuro, se señala la importancia de estudiar la relación entre los resultados de los modelos del cambio climático global y los parámetros de diseño de las obras de alivio de las presas. El análisis realizado advierte que

existen numerosas obras que no fueron proyectadas con la técnica de la precipitación máxima probable, modelo estándar, y que actualmente se puede aplicar asociado con los resultados de los modelos de cambios climático global.

En consecuencia, se debería efectuar el cálculo tomando en consideración escenarios climáticos futuros, obtenibles a partir de los modelos climáticos específicos existentes. Sería entonces de interés revisar las crecidas de diseño de distintas obras, grandes y pequeñas, para tener la certeza de que permitirán el pasaje por sus aliviaderos en los casos críticos.

Ante la evidente presencia de alteraciones importantes del clima terrestre, que tiene una tendencia a generar un fenómeno de incremento en la severidad de valores extremos (máximos y mínimos) de caudales de los ríos, el aprovechamiento del efecto regulador de los embalses será una confiable alternativa de mitigación tanto para disminuir los riesgos de graves inundaciones en el caso de extremos positivos, como para garantizar un volumen de agua necesario para la vida de las comunidades afectadas por sequías. En definitiva, es al menos cuestionable que se nieguen las virtudes de obras hidráulicas que han sido, son y seguirán siendo motivo de desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida y sólo se discutan como alternativas negativas en el caso de aquellas destinadas a la generación eléctrica (por otra parte, limpia y renovable), sin tener en cuenta su importancia para paliar los efectos de crecidas depredadoras y sequías extraordinarias que parecen ser inevitables por el calentamiento global.

Los embalses existentes generalmente funcionan según lo previsto para otras condiciones climáticas. Las futuras condiciones pueden incluir nuevas características de la estacionalidad de los caudales y también la ubicación de las crecidas dentro del ciclo anual, lo que implicaría cambiar los criterios de optimización para los caudales a lo largo del año. En nuestro país el almacenamiento total se mantiene constante desde la última

gran obra. Sin embargo, la capacidad de almacenamiento, que disminuye por el proceso de colmatación de sedimentos, es un aspecto significativo para mitigar los efectos de los extremos hidrológicos presentes y futuros.

Los nuevos modelos de cambio climático regional asociados con los hidrológicos de escala global y regional ya permiten realizar estudios para evaluar los impactos y mejorar la adaptación a las condiciones climáticas futuras. Por lo tanto, se considera importante la aplicación de estas nuevas técnicas de modelación hidrológica para el análisis y verificación de los aliviaderos. El presente trabajo pretende haber llamado la atención sobre la importancia de las variaciones del clima, su interacción con la antigüedad y con los cambios en los riesgos de las obras y sus efectos sobre la sociedad.

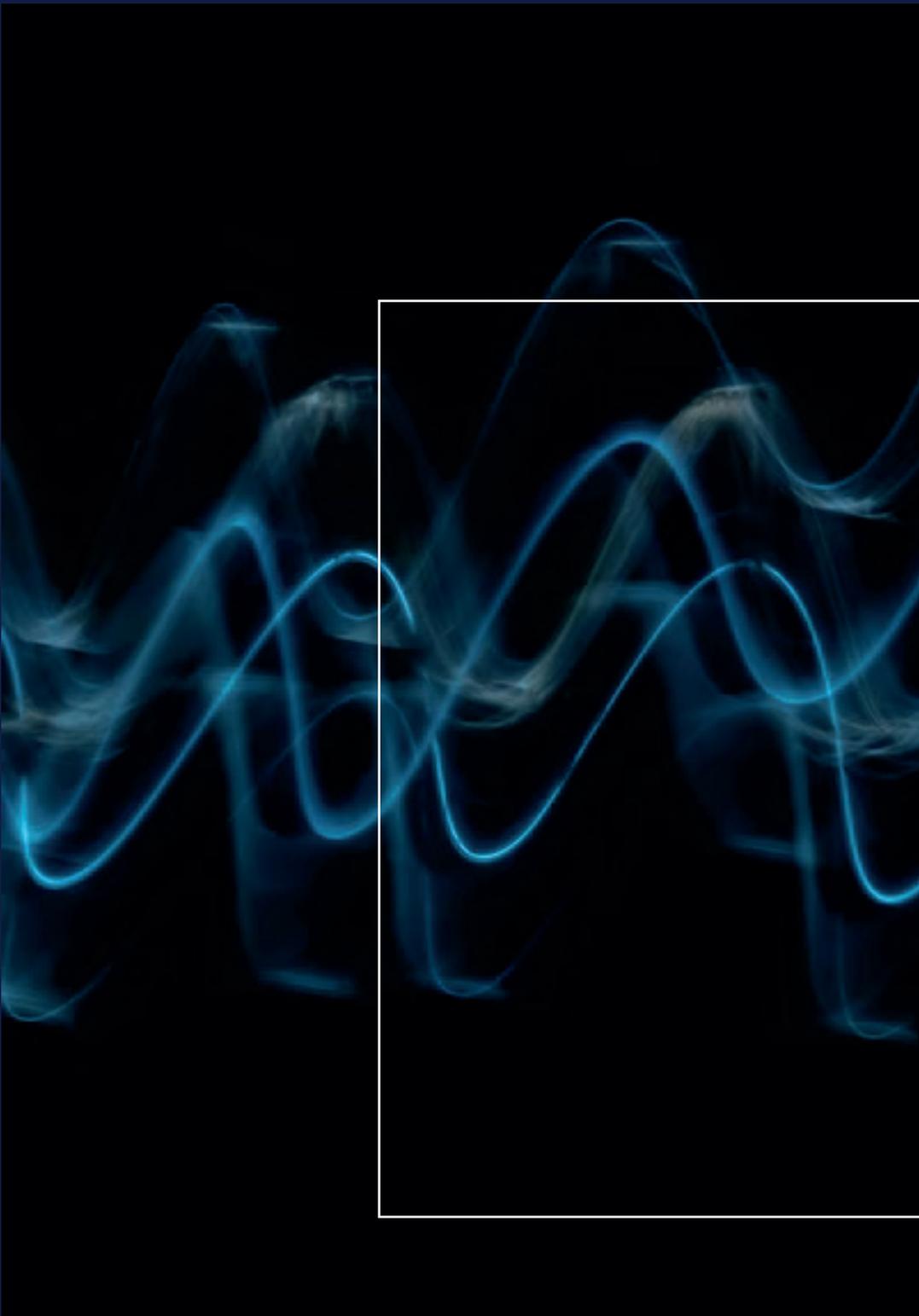
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albertini, C., M. Mazzoleni, V. Totaro, V. Iacobellis, and G. Di Baldassarre (2020). Socio-Hydrological Modelling: The Influence of Reservoir Management and Societal Responses on Flood Impacts. *Water*, 2(5), 1384.
- American Society of Civil Engineers (2021). Edenville and Sanford Dam Failures Field Reconnaissance Report". Geotechnical Special Publication No. 327. Embankments, Dams, and Slopes Committee of the Geo-Institute. Ed. by Pradel, D. and , A. Lobbstaël.
- Beaulieu, C., J. Chen, and J. L. Sarmiento (2012). Change-point analysis as a tool to detect abrupt climate variations. *Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 370(1962), 1228–1249.
- Bianco, A.M., M. García Ben and V.J. Yohai (2005). Robust estimation for linear regression with asymmetric errors. *Canadian Journal of Statistics*. 33(4). 511-528.
- Boulanger, J., A. F. Carril, E. Sanchez (2016). CLARIS-La Plata Basin: regional hydroclimate variability, uncertainties and climate change scenarios. *Climate Research, Inter Research*, 68 (2-3), 93-94.
- Boulange, J., N. Hanasaki, D. Yamazaki and Y. Pokhrel (2021). Role of dams in reducing global flood exposure under climate change. *Nat Commun*. 12, 417.
- Bras, R. L. (1989). *Hydrology: An Introduction to Hydrologic Science* (Addison-Wesley series in Civil Engineering). Addison-Wesley.
- Camilloni, I., R. Saurral, N. B. Montroull (2013). Hydrological projections of fluvial floods in the Uruguay and Paraná basins under different climate change scenarios; Taylor and Francis; *International Journal of River Basin Management*; 11; 4; 12-2013; 389-399.
- Camilloni, I., N. Montroull, C. Gulizia, and R. Saurral (2022). La Plata Basin hydroclimate response to solar radiation modification with Stratospheric Aerosol Injection. *Frontiers in Climate*, en prensa.
- Capitanelli, R.G. (1970). Causas de la destrucción del dique Frías y bases para nuevos sistemas de defensas. *Boletín de Estudios Geográficos*, vol. XVII, N° 67.

- Catalini, C. G., N. F. Guillén, C. M. García, F. Bazzano, M. M. Baraguet (2022). Aplicación en línea para el mapeo en Argentina de información de lluvias extremos para diseño hidrológico. IN-GENIUM. Revista de la Academia de Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires.39-55. ISSN 2796-7042.
- Coles, S. (2001). *An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values*. Springer-Verlag London. ISSN0172-7397.
- Clark, C. C. (1945). Storage and the unit hydrograph. *Trans. ASCE*. 110. (2261):1419-1446.
- Devoto, G., R. Manzano, I. Obertello and R. Seoane (1982). Probable maximum flood for the design of Piedra del Aguila project. *Commission International des Grande Barrages*, San Francisco,1543 1560.
- Devoto, G. y R. Seoane (2010). Indicador de riesgo y análisis hidrológico de la vulnerabilidad de presas ante escenarios del cambio climático. Criterios para la determinación de crecidas de diseño en sistemas climáticos cambiantes. Universidad Nacional del Litoral. Ediciones UNL. ISBN 978-987-657-371-9, 23-31.
- FAO (2015). <https://www.fao.org/aquastat/en/databases/dams>.
- Fluixá-Sanmartín, J., LAltarejos-García, A. Morales-Torres, and I. Escuder-Bueno (2018). Review article: Climate change impacts on dam safety, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 18, 2471–2488.
- Gruat, J., Thirriot, C. y D. Trivellato (1983). Trente ans d'évacuateurs de crues au laboratoire. *La Houille Blanche*, N° 3/4, 209-220.
- Gumbel, E.J. (1958). *Statistics of Extremes*, Columbia University Press, New York.
- Hirabayashi, Y., R. Mahendran, S. Koirala, L. Konoshima, D. Yamazaki, S. Watanabe, H. Kim and S. Kanae (2013). Global flood risk under climate change. *Nature Climate Change* 3(9), 816–821.
- Hirabayashi, Y., M. Tanoue, O. Sasaki, X. Zhou, and D. Yamazaki (2021). Global exposure to flooding from the new CMIP6 climate model projections. *Sci. Rep.* 11, 3740.
- Hosseini, K., E. J., Nodoushan, R. Barati and H. Shahheydari (2016). Optimal design of labyrinth spillways using meta-heuristic algorithms. *KSCE Journal of Civil Engineering* 20 (1), 468–477.
- Huang, H., Cui, H. and Q. Ge (2021). Assessment of potential risks induced by increasing extreme precipitation under climate change. *Nat Hazards* 108, 2059–2079.
- Huntington, T. G. (2006). Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis, *J. Hydrol.*, 319, 83–95.
- Instituto Nacional del Agua (2002). Estudio de la Crecida Máxima Probable para el río Limay. Convenio entre el Instituto Nacional del Agua y el Ente Regulador de Seguridad de Presas (ORSEP).
- IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- Jenkinson, A.F. (1955). The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 81: 158-171.
- Kendall, M. G. (1975). *Rank Correlation Methods*, Charles Griffin, London.
- Koutsoyiannis, D. (2020) Revisiting the global hydrological cycle: is it intensifying?, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 24, 3899–3932.
- Koutsoyiannis, D. (2021). *Stochastics of Hydroclimatic Extremes-A Cool Look at Risk*, ISBN: 978-618-85370-0-2, 333, Kallipos Open Academic Editions, Athens.
- Lawrence, D. (2020). Uncertainty introduced by flood frequency analysis in projections for changes in flood magnitudes under a future climate in Norway. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 28.
- Malinow, G.V. (1991). La seguridad de presas existentes durante crecidas extraordinarias, D C, Ministerio de Defensa, Dirección Nacional de Defensa Civil, Año I, N° 1.
- Malinow, G.V. (2020). Consideraciones hidrológicas en relación con añosas presas argentinas. Comunicación personal.
- Mann, H. B. (1945). Non-parametric tests against trend, *Econometrica*, 13, 245-259.
- Meigh, J. R., F. A. K. Farquharson and J. V. Sutcliffe (1997). A worldwide comparison of regional flood estimation methods and climate, *Hydrological Sciences Journal*, 42:2, 225-244.
- Nash, J. E. (1960). A unit hydrograph study with particular reference to British catchments. *Froc. Inst. Civil Engrs*. 17:249-282.
- ORSEP (2010). Más de 10 años fiscalizando la seguridad estructural y operativa de las presas. Organismo de Seguridad de Presas. 1a Edición. Buenos Aires.
- Pettitt, A. N. (1979). A non-parametric approach to the change point problem. *Journal of the Royal Statistical Society Series C, Applied Statistics* 28, 126-135.
- Rootzen, H. and R. W. Katz (2013). Design Life Level: Quantifying risk in a changing climate, *Water Resour. Res.*, 49, 5964–5972.
- Salas, J. D., J. Obeysekera and R. M. Vogel (2018). Techniques for assessing water infrastructure for nonstationary extreme events: a review, *Hydrological Sciences Journal*, 63:3, 325-352.
- Saurral, R. I., N. B. Montroull and I. A. Camilloni (2013) Development of statistically unbiased twenty-first century hydrology scenarios over La Plata Basin, *International Journal of River Basin Management*, 11:4, 329-343.
- Seoane, R. y M. García Ben (2011). Modelo de regresión Gamma y la detección de no estacionariedad en variables hidrológicas. Terceras Jornadas Interdisciplinarias de la Universidad de Buenos Aires. Programa Interdisciplinario de la Universidad de Buenos Aires sobre Cambio Climático.
- Schleiss, A. J. (2011). From Labyrinth to Piano Key Weirs- A historical review. In: *Proceedings of the International Conference on Labyrinth and Piano Key Weirs (PKW 2011)*. 3–15. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- UNLP (2021). Crecidas de diseño del río Santa Cruz. Informe para Integración Energética Argentina S.A., Universidad Nacional de La Plata, diciembre 2021.
- Vallarino, E. (1998). *Tratado básico de presas*, Tomo II, Aliviaderos, construcción y explotación de presas, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 4a. edición, Madrid.
- Villarini, G., F. Serinaldi, J. A. Smith and W. F. Krajewski (2009). On the stationarity of annual flood peaks in the continental United States during the 20th century, *Water Resour. Res.*, 45(8).
- WMO (2009). *World Meteorological Organization. Manual on Estimation of Probable Maximum Precipitation*, 3rd edition, WMO No 1045. Geneva.
- Zeileis, A., F. Leisch, K. Hornik and C. Kleiber (2002). Strucchange: An R Package for Testing for Structural Change in Linear Regression Models. *Journal of Statistical Software*, 7(2), 1–38.

SOBRE RUIDO, SONIDO Y CONTAMINACIÓN SONORA

ALICE ELIZABETH GONZÁLEZ



INTRODUCCIÓN

Entre los sonidos que hay a mi alrededor sin distraerme, están los carros que circulan por la calle, el aserrador vecino, y aquel que, cerca de la fuente de Meta Sudans, afina sus flautas y trompetas y más que cantar, berrea.

Así describía Séneca, en una de sus Cartas a Lucilio, los ruidos usuales (es decir, que no lo distraían por ser los de todos los días) de la vida cotidiana de la antigua Roma, en el año I d.C. (Querol i Noguera, 1994). Pero seguramente a menos de unos ajustes relacionados con los siglos que han pasado, hoy se podría decir que “entre los sonidos que hay a mi alrededor sin distraerme, están los ruidos del tránsito que circula por la calle, los comercios y talleres del barrio, y aquel que, al lado de mi casa, escucha su musiqueta a todo volumen hasta que se va a bailar a los boliches de moda” (González, 2016).

Curiosamente, los principales problemas de ruido en nuestra sociedad actual siguen siendo, esencialmente, los mismos 2000 años después: el ruido de tránsito, el ruido asociado con el trabajo y el que deriva de las actividades de recreación. Cuesta pensar que esto tenga que ver con la dificultad de resolución de problema como tal, cuando la Humanidad ha logrado dominar tantos otros. En este artículo se presentan algunas ideas que pueden contribuir a reflexionar sobre el asunto. Para ello, la discusión se orientará a partir de la definición de contaminación que da la toxicóloga mexicana contemporánea Dra. Lilia Albert.

CONTAMINACIÓN SONORA

Aunque hay muchas posibles definiciones, a los efectos de ordenar este trabajo se seguirá la que propone Albert (1997), quien define “contaminación” en los siguientes términos: *Se designa como contaminación a la introducción o presencia de sustancias, organismos o formas de energía en ambientes o sustratos a los que no pertenecen o en cantidades superiores a las propias de dichos sustratos, por un*

tiempo suficiente y bajo condiciones tales que sean capaces de interferir con la salud y la comodidad de las personas, dañar los recursos naturales o alterar el equilibrio ecológico de la zona.

No hay dudas de que es válido hablar de “contaminación sonora”, pero ¿qué tiene de particular el ruido como contaminante, que dificulta tanto su control? El ruido es una forma de energía, es decir, es un contaminante físico: como cualquier sonido, se lo considere o no como “ruido”, se trata de fluctuaciones de la presión del medio que se propagan en forma de ondas y que tienen la posibilidad de generar sensación auditiva en las personas.

Ruido y sonido

El primer punto a presentar es una pregunta aparentemente sencilla: ¿es lo mismo “sonido” que “ruido”? Aunque físicamente ambos corresponden al mismo fenómeno -y también son sonidos la música y la voz-, parece que habría algo más a considerar en la definición para poder diferenciarlos.

Aunque no siempre el significado técnico o específico que una disciplina atribuye a un vocablo coincide con el que recoge el Diccionario de la Real Academia Española, en este caso resulta de interés revisar algunas de las definiciones de la RAE (2021).

sonido

Del lat. sonitus, infl. en su acentuación por ruido, chirrido, rugido, etc¹.

1. m. Sensación producida en el órgano del oído por el movimiento vibratorio de los cuerpos, transmitido por un medio elástico, como el aire.

4. m. Fís. Vibración mecánica transmitida por un medio elástico.

Según Corominas (1987), la palabra “sonido” es algo más de un siglo más joven que “rui-

¹LOS SUBRAYADOS CORRESPONDEN A TEXTOS EN CURSIVA EN LOS ORIGINALES.

do". Aparece hacia 1220-50, probablemente a partir de la voz "son" del occitano antiguo. Según etimologías.dechile.net (2022), la voz sonitus en latín también querría decir "sensación de escuchar", y de ahí vendría el vínculo con la experiencia sensorial. Así, etimológicamente, puede entrecruzarse que "sonido" se asociaría más con el receptor que con el emisor. Sin abandonar la posición del receptor entonces, las definiciones de la RAE de "música" y "voz" conducen a tipos específicos de sonidos: en el caso de la voz, es un sonido que se diferencia por su fuente emisora (las cuerdas vocales) y en el de la música, por su intención (recrear, conmover).

voz

Del lat. *vox, vocis*¹.

1. f. Sonido producido por la vibración de las cuerdas vocales.

músico, ca

Del lat. *musicus*, y este del gr. *μουσικός mousikós*; la forma f., del lat. *musica*, y este del gr. *μουσική mousiké*¹.

5. f. Sucesión de sonidos modulados para recrear el oído.

7. f. Arte de combinar los sonidos de la voz humana o de los instrumentos, o de unos y otros a la vez, de suerte que produzcan deleite, conmoviendo la sensibilidad, ya sea alegre, ya tristemente

En tanto, la definición de "ruido" que da la RAE, lo coloca primero que nada como una categoría dentro de los sonidos (un sonido que no es articulado, es decir, que no es portador de información, no es ni palabra ni música) y que, a diferencia de la música – cuya intención sería producir deleite – usualmente genera desagrado:

ruido

Del lat. tardío *rugitus* 'rugido', 'estruendo'¹.

1. m. Sonido inarticulado, por lo general desagradable.

Este vocablo habría aparecido, según Corominas (1987), hacia 1140, y habría condi-

cionado la acentuación de otros vocablos, como "sonido" y "chirrido". El protagonismo implícito del receptor en la definición de ruido es innegable, ya que es quien, a través de su percepción, decide si un sonido es o no ruido. No deja de ser interesante recoger algunas puntualizaciones que realiza Rego (2014), al notar que la etimología del término en francés alude en cierta medida a la fuente que origina el ruido:

El francés bruit procede del verbo bruire («zumbar»/«murmurar»), en el que se combinan las palabras latinas braire («rebuznar»/«berrear») y rugire («rugir»). La inglesa noise procede del antiguo término francés noise, que significa «estruendo», «alboroto», «pelea».

(...) Algunas teorías apuntan que noise podría proceder del latín nausea (del griego nausia, con el mismo significado), término con el que comparte el sentido de «molestia». Otras teorías apuntan al término latino noxia, que significa «nocivo».

Como remarca la autora, el vocablo en alemán es el que tiene un origen más alejado de los demás, al aparecer en su etimología otras acepciones como "ebriedad" y "éxtasis"² (Rego, 2014):

En alemán, existen varios términos que significan «ruido», pero el más común es Geräusch, que deriva de Rauschen («el murmullo del viento») y que está relacionado con Rausch, que significa, entre otras cosas, «ebriedad» y «éxtasis». Aquí es donde las cosas empiezan a ponerse interesantes, ya tenemos el sentido de «sonido molesto» y el de «perturbación», que son los más obvios, pero también el de «borracheira» y «delirio», que son tanto efectos colaterales de cierto tipo de ruidos como de la música noise.

Se podría discutir si es más conveniente hablar de contaminación sonora o de contaminación ruidosa, ya que el propio Diccionario de la RAE induce a preguntárselo:

ruidoso, sa

1. adj. Que causa mucho ruido.

sonoro, ra

Del lat. sonōrus².

- 1. adj. Que suena o puede sonar.
- 2. adj. Que suena bien, o que suena mucho y agradablemente.

Lo que está claro es que el concepto de contaminación acústica es bastante más amplio, ya que incluye lo relativo a otras ondas materiales no audibles, como las vibraciones y los ultrasonidos, lo que conduciría a otra discusión que excede la intención de este artículo:

acústico, ca

Del gr. ἀκουστικός akoustikós, de ἀκούειν akoúein 'oír'².

- 3. adj. Perteneciente o relativo a la acústica.
- 7. f. Parte de la física que trata de la producción, control, transmisión, recepción y audición de los sonidos, ultrasonidos e infra-sonidos.

En todo caso, si “lo ruidoso” es lo que interfiere y “lo sonoro” se refiere a sonidos agradables, la designación de contaminación sonora contribuye más aún a poner en evidencia la subjetividad del receptor y los flexibles criterios estéticos a partir de los cuales lo que se considera música -o buena música- van cambiando.

Dice Crego Morán (2015):

Menciona (Umberto) Eco brevemente que el compositor Louis Spohr dijo que era “una orgía de estruendo y de vulgaridad”³, tras escuchar la primera audición pública de la “Quinta Sinfonía” de Beethoven.

El mismo autor sintetiza de la siguiente forma las diferencias principales entre sonido y ruido; el foco en el receptor es evidente (Crego Morán, 2015):

...un sonido se percibirá como un ruido agresivo o molesto dependiendo de las circunstan-

cias fundamentalmente. Pero una parte muy importante de dichas circunstancias será el propio oyente pues su actitud y expectativas condicionarán su percepción como ruido indeseado o, por el contrario, como sonidos que le rodean y que pueden ser aceptables, entendibles e incluso disfrutables.

En la actualidad, la importancia del contenido semántico o de información útil para el receptor, hace que una de las definiciones más generalizadas de “ruido” sea la que da la RAE desde el punto de vista de la lingüística:

ruido

5. m. Ling. En semiología, interferencia que afecta a un proceso de comunicación.

En síntesis, se habla de “ruido” cuando se está ante un sonido que no aporta información relevante y que interfiere con otra señal sonora, que sería el “sonido” que sí se desea escuchar.

Solo para no perder de vista el porqué de la discusión precedente, vale la pena anotar que si se habla de dióxido de carbono, se designa del mismo modo cuando se habla de su capacidad de calentamiento atmosférico en cuanto gas de efecto invernadero (GEI), que si se lo invoca como insumo para la fotosíntesis de las plantas verdes o como producto de la respiración de ellas y de los organismos heterótrofos. Sin embargo, todo hace pensar que en su rol de GEI es un gas poco deseable mientras que es noblemente imprescindible para sintetizar materia orgánica a través de la fotosíntesis. Así pues, el primer inconveniente que aparece es definir qué se entiende por ruido, y esto bien podría dificultar su control pues ¿por qué se debería controlar algo que para algunos, pocos o muchos, no es ni relevante ni indeseado?

^{2,3}LOS SUBRAYADOS CORRESPONDEN A TEXTOS EN CURSIVA EN LOS ORIGINALES.

CONTAMINACIÓN FÍSICA

Dado que el sonido (y por ende el ruido) es una manifestación de la energía acústica, el ruido es un contaminante de tipo físico. Es una onda –o mejor dicho, un conjunto de ellas- que se propaga en un medio material, que corresponde a lo que Albert (1997) designa como “sustrato” en su definición de contaminación:

...la introducción o presencia de sustancias, organismos o formas de energía en ambientes o sustratos a los que no pertenecen o en cantidades superiores a las propias de dichos sustratos...

Henos aquí frente a un segundo problema: ¿a qué sustratos pertenecen las ondas sonoras y cuáles deberían ser las “cantidades” propias de tales sustratos?

Como el sonido puede propagarse en cualquier medio material, un criterio posible podría ser observar las cantidades de energía acústica naturalmente presentes en cada medio. Por ejemplo, en el medio acuático todo hace pensar que el sonido que emiten los motores de las embarcaciones es ampliamente superior al de los sonidos emitidos por las criaturas marinas y, en tal caso, podrían considerarse como contaminantes. Pero no es tan directo el análisis cuando se piensa en el aire, dado que hay muchos sonidos de muy elevado nivel de presión sonora en la Naturaleza: desde las tormentas a las cataratas, desde los rugidos a los terremotos.

Esto lleva a una vieja pregunta: ¿cuánto ruido es “mucho ruido”?

Desde el punto de vista de las personas, CDC (2019) señala unas pruebas sencillas para saber si se está expuesto a mucho ruido:

- Tiene que hablar más alto para que lo escuchan.
- El ruido le hace doler los oídos o los hace zumbar.
- Apenas para el ruido, usted tiene dificultad para oír o los sonidos normales parecen amortiguados.

En cuanto a animales, se sabe desde 1975 que algunos comportamientos ocasionados por la exposición a ruido son (Radle, 2007):

- Levantar la cabeza.
- Trotar distancias cortas o batir las alas.
- Conductas de pánico y fuga.

Es muy probable que varias veces al día, en la calle, en el trabajo, en un comercio o en el transporte público, sea necesario hablar un poco más fuerte que lo habitual para poder comunicarse. Pero en general lo hacemos automáticamente, sin cuestionarnos si quién o qué es lo que debería cambiar...

DOSIS DE RUIDO

...por un tiempo suficiente y bajo condiciones tales que sean capaces de interferir...

Para que los efectos adversos del ruido –o de cualquier otro contaminante- se manifiesten, es necesario que la exposición dure un tiempo suficiente como para que la cantidad de contaminante que alcance al receptor sea capaz de producir tales efectos. Esa cantidad usualmente se calcula en términos de intensidad por tiempo y se designa como “dosis”.

El concepto de dosis es bastante antiguo; fue formulado por primera vez por Paracelso en los albores del Siglo XVI, en los siguientes términos: “dosis sola facit venenum”. Este enunciado indica que los efectos, adversos o no, de exponerse a un contaminante dependen siempre de la cantidad de éste que alcance al receptor, es decir, de la dosis. La dosis de ruido se suele calcular como el porcentaje del tiempo máximo de exposición a un cierto nivel de presión sonora que está legalmente permitido. Como las dosis se calculan en base a niveles legales, pueden aparecer situaciones un tanto absurdas, como la que se propone a continuación a modo de ejemplo: supóngase que una persona estuviera expuesta en su trabajo a un nivel de presión sonora de 86 dB con ponderación A, evaluado como promedio energético durante las 8 horas de la jornada laboral . Como

usualmente se interpreta que la normativa ocupacional uruguaya permite una exposición máxima de 8 horas a un nivel energético promedio de 80 dB con ponderación A, desde el punto de vista de la legislación uruguaya estaría sometida a una dosis de ruido de $100 \times 8/2 = 400 \%$; pero esa misma exposición en Argentina, donde la normativa ocupacional establece como límite legal una exposición máxima de 90 dB con ponderación A para la misma jornada laboral⁴ de 8 horas, resultaría en una dosis cercana al 44 % (en ambos casos se ha supuesto una tasa de intercambio⁵ de 3 dB, que es la usual en ambos países). Por cierto, los efectos adversos del ruido “no piden permiso” a la legislación para producirse o no en función de qué lado del Río de la Plata se realice la evaluación. Una particularidad más que no debe perderse de vista es que el ruido actúa como un estresor o agente estresante para el organismo humano. Se considera estrés a una reacción o conjunto de reacciones inespecíficas con que el organismo se defiende ante factores agresivos del entorno físico, psíquico y social (Bernabeu, 2009). Al respecto, indica González (2017):

...aunque exista un cierto nivel de acostumbramiento a los niveles sonoros que pueden crear malestar o motivar alerta, los efectos de interferencia que causa el ruido en el organismo no son adaptativos⁶: las reacciones de estrés están presentes siempre y pueden incrementarse si la exposición continúa. La estimulación constante de los centros cerebrales hace que la respuesta al estrés se mantenga, con repercusiones neurosensoriales, endócrinas, cardiovasculares, digestivas, que contribuyen a la pérdida de salud física y mental.

Se dice que se sufre de estrés cuando el organismo está sometido a sobreesfuerzos que desafían y eventualmente superan su resistencia. El desequilibrio entre las demandas psíquicas o del entorno y la capacidad del sujeto para responder a ellas, produce un exceso de tensión nerviosa, del que el organismo procura defenderse contrapesando

esas demandas con respuestas fisiológicas. Aunque usualmente un estrés moderado no es perjudicial para el organismo, si esta reacción se repitiera o resultara sistemáticamente inefectiva, podría producir un desequilibrio en los mecanismos normales de respuesta. De ocurrir, esto podría llevar a diversas alteraciones de la salud. En efecto, en el corto plazo, las hormonas asociadas con el estrés promueven la adaptación a las circunstancias (alostasis) potenciando la función inmune, pero a la larga, si ese esfuerzo por adaptarse no es exitoso, el estrés crónico actúa como inhibidor de la respuesta inmunitaria y provoca cambios sobre el sistema inmunológico que conducen a la enfermedad (Orozco et al., 2010).

Adicionalmente, si el ruido se combina con otros agentes estresantes, sean éstos ambientales, sociales o psicológicos, la capacidad de adaptación del individuo se reduce: como ocurre a todos los seres vivos, ante la confluencia de varios factores de estrés, la capacidad de adaptación y la resistencia a la acción de otros agentes se reduce; la vulnerabilidad ante factores de estrés aumenta y con ella, la probabilidad de sufrir efectos adversos sobre la salud también.

Hasta aquí se ha aludido a la cuestión del tiempo necesario para que se produzcan efectos adversos asociados al ruido. El enunciado de Albert (1997) dice textualmente: “...por un tiempo suficiente y bajo condiciones tales...”. No es posible eludir, pues, mencionar aunque sea someramente, cómo pueden

⁴EL PROMEDIO ENERGÉTICO DE NIVELES DE PRESIÓN SONORA SE DESIGNA COMO NIVEL SONORO CONTINUO EQUIVALENTE; EN ESTE CASO, EN QUE SE REFIERE A UN LAPSO DE 8 HORAS Y SE EXPRESA CON PONDERACIÓN FRECUENCIAL A, SE ESCRIBIRÍA: LAEQ,8H = 86 DB

⁵LA TASA DE INTERCAMBIO SE REFIERE AL INTERVALO A CONSIDERAR PARA QUE EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN ADMISIBLE SE REDUZCA A LA MITAD. CUANDO ES DE 3 DB, IMPLICA QUE SI ES ADMISIBLE UNA EXPOSICIÓN DE 8 HORAS A 80 DB, ENTONCES PARA UNA EXPOSICIÓN DE 4 HORAS EL NIVEL ADMISIBLE SERÁ DE $80 + 3 = 83$ DB. USUALMENTE SE EMPLEAN TASAS DE INTERCAMBIO DE 3 DB O DE 5 DB.

⁶LOS SUBRAYADOS CORRESPONDEN A TEXTOS EN CURSIVA EN EL ORIGINAL.

jugar las condiciones de exposición en la ocurrencia de los efectos del ruido. Es que cada actividad humana requiere un cierto entorno acústico para realizarse en mejores condiciones; para escuchar música se requiere menor exigencia que para dormir; tareas de gran demanda física podrían verse favorecidas por un mayor nivel de presión sonora, pero tareas que demandan un gran esfuerzo intelectual suelen verse perjudicadas en entornos ruidosos. En definitiva, los niveles de presión sonora deseables no son los mismos en diferentes lugares, ni lo son en un mismo lugar en función de la tarea que se desee realizar. Adicionalmente, y aunque todos somos “hacedores” y “usuarios” del paisaje sonoro que habitamos, cuando se percibe que existe alguna forma de controlar la fuente emisora –tanto en forma directa como a través de terceros- el grado de perturbación o molestia que produce el ruido, se reduce (Hanning, 2010).

EFFECTOS SOBRE LAS PERSONAS

...interferir con la salud y la comodidad de las personas...

La intención de este trabajo no apunta a realizar una presentación detallada de los efectos del ruido sobre la salud de las personas, pero no por ello se omitirá mencionar por lo menos los principales de ellos. Los efectos ocasionados por la exposición a ruido se suelen clasificar en efectos auditivos, extraauditivos y psicofísicos (Niemann y Maschke, 2004; WHO, 2011). De ellos, los que suelen tardar más tiempo en manifestarse son los relacionados con el incremento del umbral de la audición.

Es posible que esta sea otra de las causas por las que se suele dificultar la identificación del ruido como contaminante: así como el deportista no se suele considerar afectado por un exceso de entrenamiento hasta que no sufre una lesión muscular, muchas veces las personas se niegan a aceptar que la exposición a elevados niveles de presión

sonora pueda causarles náuseas, hipertensión o enfermedades respiratorias, y se continúan exponiendo durante años –muchas veces en forma voluntaria y consciente- hasta que la pérdida auditiva se hace evidente; lamentablemente, entonces ya es demasiado tarde para recuperar la salud perdida.

Los efectos sobre el aparato auditivo suelen clasificarse como trauma acústico (producto de una única exposición a niveles sonoros muy elevados) o como elevación del umbral auditivo; en este segundo caso, la elevación puede ser temporal o permanente. La exposición reiterada a elevados niveles de presión sonora que genera elevación temporal del umbral auditivo, puede terminar por producir una elevación permanente del mismo. La elevación del umbral auditivo es lo que usualmente se designa como pérdida auditiva, hipoacusia o sordera; tarda un tiempo prolongado en manifestarse una vez que el proceso comienza, ya que las frecuencias que se pierden primero son las más altas, por encima de las frecuencias de la palabra hablada.

Entre los efectos extraauditivos, se cuentan enfermedades cardiovasculares; hipertensión arterial; enfermedades respiratorias; enfermedades del sistema músculo-esquelético; trastornos del sueño; alergias; úlcera gástrica; artritis; respuestas hormonales / neuroendócrinas; debilitamiento del sistema inmunológico; migrañas. La eosinofilia (un síntoma de alergia), la hiper- e hipoglucemia (concentraciones de azúcar en sangre anormalmente altas o bajas respectivamente) y la hipokalemia (nivel anormalmente bajo de potasio en sangre, que se asocia con síntomas de debilidad y anomalías del corazón) pueden ser también causadas por el ruido. Eriksson y Katz (2015) y Pyko et al. (2014) ratifican que la exposición a ruido de tránsito puede elevar el riesgo de obesidad; los primeros autores lo confirman a través de la relación con el perímetro de la cintura, en tanto Pyko et al. lo hacen a través del índice de masa corporal.

Entre los efectos psicofísicos, no pueden

dejar de mencionarse la depresión; estrés; enmascaramiento e interferencia con la comunicación; pérdida de rendimiento intelectual; deterioro cognitivo en niños; irritabilidad; agresividad; cambios repentinos de humor; pérdida de solidaridad; molestia. Es sobre el último de los efectos mencionados, la molestia, que resulta interesante realizar una alusión más detallada. De acuerdo con la definición que da la Organización Mundial de la Salud (WHO, 1946):

La salud es un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no sólo la ausencia de afecciones o enfermedades.

Si se toma en cuenta la acepción del vocablo *ruido* que reza “*interferencia que afecta a un proceso de comunicación*” (RAE, 2021), es casi natural deducir que el ruido afecta o puede afectar a la salud de las personas. Sin embargo, recién en 2004 los reportes de esa Organización asumen que la molestia que ocasiona el ruido es, en sí misma, un efecto adverso para la salud de quienes lo padecen (Niemann & Maschke, 2004). El paso siguiente no se hizo esperar: rápidamente el ruido ambiental se integró al conjunto de determinantes ambientales de la salud y se desarrolló una metodología ad-hoc para cuantificar su incidencia. La propia Organización Mundial de la Salud publicó pocos años más tarde (WHO, 2011):

Realizados los cálculos, se estima que los ‘años de vida ajustados por discapacidad’⁷ perdidos en los estados miembros de la Unión Europea y otros países de Europa Occidental debido al ruido ambiental son 61.000 años de vida por cardiopatía isquémica, 45.000 años por deterioro cognitivo en niños, 903.000 años por trastornos del sueño, 22.000 años por tinnitus (zumbidos o acúfenos) y 587.000 años por molestia. Esto conlleva a que por lo menos un millón de años de vida sana se pierda cada año por el ruido de tránsito en la parte occidental de Europa.

Realmente no es poco.

RUIDO Y DERECHOS HUMANOS

Otras consecuencias que no deberían pasarse por alto se refieren a la vulneración de derechos que implica la exposición a un contaminante tan invasivo, tan fácil de generar como difícil de controlar como es el ruido.

Al realizar el mapa de derechos humanos vulnerados por la Contaminación Acústica, Goiriena y Guinovart (2012) identificaron los siguientes:

- Derecho al honor, a la vida privada y a la información
- Derecho a la inviolabilidad del domicilio
- Protección de la Honra y de la Dignidad
- Derecho a la salud
- Derecho a la propiedad
- Derecho al medioambiente
- Derecho al descanso y a su aprovechamiento

Por su parte, dice Sáenz Cosculluela (2004):

En los lugares afectados, (el ruido) ocasiona daños físicos y psíquicos sobre la salud, provoca degradación ambiental, desintegración del tejido social, deterioro de la convivencia ciudadana y de la calidad de vida.

El ruido provoca también comportamientos adictivos. A niveles intensos desencadena fenómenos endocrinos, como la secreción de adrenalina, generando estados de excitación. Expuestas reiteradamente a niveles de ruido aun no tan intensos, las personas experimentan ansiedad y padecen dificultades para conciliar el sueño si repentinamente se encuentran en entornos silenciosos. Provoca también tensión arterial, sordera, cefaleas; insomnio, irritabilidad, úlceras de duodeno y digestivas, riesgos de accidente, cardiopatías entre otras. La contaminación acústica es una forma de infringir o de quebrar los derechos constitucionales fundamentales de los ciudadanos. El ruido atenta contra los derechos fundamentales de las personas.

⁷ DALY, DISABILITY-ADJUSTED LIFE-YEARS

Presentado de este modo, quizás pudiera pensarse que el autor es algo drástico. Esa idea se diluye rápidamente al leer las afirmaciones de Goiriena y Guinovart (2012), que van en la misma línea:

“Contaminación Acústica” es una problemática conocida tradicionalmente como “ruidos molestos”, y esa misma nominación ha llevado a focalizar la atención en la “molestia” que causa en una persona, la que ocupa entonces el lugar del “molestado”, o de la persona “quejosa”, e instala en el imaginario social la idea de una queja desmedida más vinculada con cierta intransigencia de quien denuncia la molestia, que con los perjuicios que realmente causa. Sin embargo, lo que vecinas y vecinos de Montevideo relatan en las entrevistas, refieren a una invasión permanente de su vida cotidiana, que impide el desarrollo de las actividades más sencillas pero imprescindibles, para una calidad de vida digna.

Las autoras transcriben a su vez el siguiente párrafo, tomado de una carta que obra en un expediente de la Defensoría de Vecinas y Vecinos de Montevideo. Posiblemente sea necesario leerlo varias veces para poder imaginar con cierta verosimilitud la situación que se describe, pues como advierte quien lo escribiera, es difícil entenderlo (Goiriena y Guinovart, 2012):

Comprendemos que es difícil para ustedes o para cualquier persona que no viva en nuestros hogares entender claramente lo que vivimos y sentimos a causa de los ruidos generales en ese lugar del cual lamentablemente somos vecinos. Por eso les proponemos que se imaginen que están en sus casas y que una o varias personas entran en ellas a través de sus puertas y ventanas, no a robarlos ni a atacarlos, sino a molestarlos, a no dejarlos estar en paz, a no dejarlos descansar, a elegir qué música van a escuchar y cuándo van a escucharla, a no dejarlos leer, a no dejarlos dormir; e imaginen que esto sucede día tras día, cada vez que esas personas quieren divertirse y con

total impunidad; pues bien, así de invadidos en nuestros hogares nos sentimos nosotros.

Si con lo transcrito sería ya muy difícil permanecer impávido, Gallardo (2011), uno de los fundadores de la asociación española “Juristas contra el ruido”, lleva su análisis a otra escala. Califica al ruido como “una forma de criminalidad” y en relación a esta forma de “tortura sin contacto” anota:

A lo largo de la historia de la Humanidad se ha reconocido en el ruido su capacidad para molestar, perturbar la tranquilidad y el descanso, servir como herramienta de tortura y, así mismo, instrumentalizarse modernamente a modo de arma criminal con la que causar lesiones (en este sentido, el ruido sería el «cuchillo» con el que «cortar» el sueño). Encontramos varios ejemplos de ello en documentos jurídicos, médicos y hasta bélicos. Desde el código de Hammurabi, pasando por las leyes romanas prohibiendo el paso de vehículos por el interior de las ciudades por la noche, llegando al culmen de la sensibilidad en una de las reales órdenes de determinada reina isabelina que, a finales del Siglo XIX, prohibió que los maridos pegasen a sus mujeres a partir de las 22 h de la noche (a fin de no molestar a los vecinos, claro está).

Como elemento de tortura, sus propiedades dañinas ya fueron «descubiertas» por las más antiguas dinastías chinas (miles de años antes de la Era de Cristo), o bien en conflictos armados como el árabe-israelí o en el «conflicto del Golfo» en los que para desgastar psicológicamente al enemigo (palestinos y soldados iraquíes) se enfocaba hacia sus campamentos potentes bafles que desprendían kilovatios de presión acústica a la atmósfera en forma de música repetitiva. O bien, más recientemente, ha sorprendido a la opinión pública la noticia sobre que el grupo de heavy metal «Metallica» o los responsables de «Barrio Sésamo» hayan pedido de la Administración Obama EE.UU. información respecto del uso que se ha dado a sus piezas musicales en la cárcel de Guantánamo, y no precisamente para amenizar ni dis-

traer a modo de «hilo musical» a los presos allí recluidos (El País –España-, 22 de octubre de 2009). Los usos que se pueden dar a determinados sonidos no son nada inocentes.

Debido a su aversión al ruido, Kant, filósofo alemán, se mudó varias veces a lo largo de su vida, en busca de silencio (Fisher, 1876). No todos los sufrientes de ruido tienen la oportunidad de alejarse de las fuentes que los perturban. La imposibilidad de hacerlo y, por añadidura, la frustración que ocasiona la exposición prolongada a ruido pueden, con el correr del tiempo, convertirse en agresividad y en enfermedad (Querol i Noguera, 1994).

Adicionalmente, la desvalorización de las propiedades en relación al ruido ambiente al que están expuestas es otro de los perjuicios que ocasiona el ruido a las personas. Se puede intentar cuantificar en forma directa –no sin dificultades– en el caso de viviendas. Si el nivel de ruido en oficinas o instituciones educativas es lo suficientemente elevado como para interferir con la comunicación oral, se producen pérdidas económicas que, en la mayor parte de los casos permanecen como costos ocultos que, en el mejor de los casos, se llegan a identificar mucho tiempo después.

EFFECTOS SOBRE OTROS SERES VIVOS

...dañar los recursos naturales o alterar el equilibrio ecológico de la zona.

Una vez más es oportuno visitar el Diccionario (RAE, 2021):

recurso

Del lat. recursus⁸.

7. Conjunto de elementos disponibles para resolver una necesidad o llevar a cabo una empresa.

Desde una perspectiva económica, se consideran recursos todos aquellos medios que contribuyen a la producción y distribución

de los bienes y servicios que usan las personas. Los recursos naturales son aquellos que existen en la Naturaleza sin necesidad de participación de las personas, y contribuyen directa o indirectamente a su bienestar y desarrollo. Los recursos, naturales o no, adquieren un valor económico cuando se tornan escasos en relación a su disponibilidad y a la demanda que hay de ellos.

Un daño a los recursos naturales ocasionado por el ruido podría ser, por ejemplo, cualquiera de los efectos del ruido sobre la biota silvestre. En ese sentido, Mestre (2008) define al ruido en función de tales efectos:

...cualquier sonido que: (1) causa pérdida de audición; (2) enmascara señales necesarias para la comunicación, la orientación, la detección de presas, evitar depredadores y monitorear las condiciones ambientales; (3) ocasiona cambios sobre la salud no auditiva; (4) produce efectos biológicamente significativos en el comportamiento; y (5) altera la población incluyendo la disminución de la abundancia, los cambios en la distribución, o fallos reproductivos.

Dado que se ha demostrado que los paisajes sonoros en los que predominan las fuentes sonoras naturales son favorables para la salud y el bienestar de las personas (Kogan, 2022), la introducción de sonidos antropogénicos en un paisaje sonoro natural puede reducir su calidad, degradarlo o impedir que actúe como un “paisaje sonoro potencialmente restaurador de la salud”, de acuerdo con la nomenclatura del autor.

El ruido puede afectar adversamente a los ecosistemas, estén o no considerados como recursos naturales, es decir, independientemente de que se les asigne un valor económico inmediato. Sin entrar en los ecosistemas acuáticos, en donde los radios de afectación pueden ser increíblemente gran-

⁸LOS SUBRAYADOS CORRESPONDEN A TEXTOS EN CURSIVA EN LOS ORIGINALES.

des para mamíferos marinos (según European Commission Directorate, 2013, de más de 100 km de distancia en el caso de la hincada de tablestacas; para Thomsen et al., 2006, la zona de audibilidad para focas y marsopas supera los 80 km pero el enmascaramiento, en el caso de las focas, alcanza esa misma distancia), se ha estudiado bastante la exposición a ruido en el caso de animales de granja y en diversos ecosistemas terrestres. A sabiendas de que es impracticable, Brouček (2014) sugiere mantener un nivel de 50 dB en establecimientos de cría. Las reacciones de estrés en animales de granja se manifestarían a partir de 75 dB. Nosal (2004) sugiere que con un nivel de hasta 70 dBA no habría afectación a las ubres de vacas lecheras, aunque según Gygax y Nosal (2006) la afectación se relacionaría más con las vibraciones mecánicas que con el nivel de presión sonora ambiental.

En cuanto a ecosistemas silvestres, posiblemente los casos más conocidos sean los problemas de comunicación que el ruido de carreteras genera a ranas y aves. Para poder comunicarse en un entorno ruidoso, deben cantar más fuerte, pero en el esfuerzo lo hacen también en un tono más agudo. Esto puede llegar a impedir que ejemplares de la misma especie se reconozcan como tales en época de apareamiento, reduciendo la tasa de procreación (Bayne et al., 2008; Fuertes Sánchez, 2010). Según Jones (2008), los ruiseñores que ocupan territorios expuestos al ruido del tráfico cantan más alto de lunes a viernes (cuando el tráfico es más intenso) que los fines de semana.

El ruido de sobrevuelo de aviones puede espantar a aves de sus nidos, generar comportamientos de evitación y un gran consumo de energía tanto en aves como en mamíferos, al incrementarse los movimientos. El efecto del ruido de aerogeneradores sobre aves y murciélagos ha sido largamente estudiado. Si bien muchos estudios se refieren a la reducción del número de nidos cerca de aerogeneradores, también se ha constatado que, con el paso de los años, ocurre un

proceso de regreso a la zona. La mortalidad de aves cerca de las máquinas tiene que ver sobre todo con colisiones; según Dooling (2002), al acercarse a un aerogenerador, especialmente cuando hay vientos fuertes, las aves pierden la capacidad de ver las palas antes de que estén lo suficientemente cerca para oír las. El caso de los quirópteros es diferente: tienen una excelente capacidad de detección y maniobrabilidad en vuelo, por lo que puedan detectar (y evitar) con gran facilidad estructuras como los aerogeneradores; sin embargo, una de las hipótesis de Strickland et al. (2011) que apoyan mucho investigadores es la muerte por barotrauma, es decir, la expansión violenta de los pulmones –que, como los de todos los mamíferos, tienen una gran superficie específica– a causa de la subpresión en la succión de la turbina, puede causarles lesiones internas fatales. De ahí que es frecuente encontrar murciélagos muertos cerca de aerogeneradores, sin ningún signo exterior de daño físico.

Un caso muy interesante es el que presentan Francis et al. (2012) en relación a la incidencia de la contaminación acústica sobre ciertas especies que inciden en la reproducción vegetal. Los autores señalan que especies como el colibrí barba negra (*Archilochus alexandri*) y los ratones de campo (*Peromyscus* Sp.) prefieren lugares con mayores niveles de ruido, en tanto la chara californiana o arrendajo azul (*Aphelocoma californica*) evita las zonas ruidosas porque el ruido puede enmascarar su comunicación vocal (cuanto mayor es el tamaño del ave, aunque es capaz de cantar con mayor intensidad, en general lo hace en frecuencias más bajas, y éstas son más fáciles de enmascarar). Las especies mencionadas cumplen un rol importante en el traslado de semillas de árboles y, en consecuencia, en la reproducción de éstos.

Un ave puede recoger cientos o incluso miles de semillas de piñón (*Pinus edulis*) y enterrarlas para comerlas posteriormente. Muchas de estas semillas son luego desen-

terradas y se consumen, pero muchas otras no son consumidas y germinan. En cambio, los ratones ingieren las semillas y son procesadas por el aparato digestivo del animal, de forma que un aumento en la población de ratones se traducirá en una menor germinación de semillas. La función principal de los ratones es, pues, la de depredadores de semillas: consumen un 40 % de las semillas que encuentran; por lo general guardan muchas semillas que no consumen de inmediato pero más del 80 % de estas reservas se recuperan y se comen.

Las poblaciones de ratones de campo pueden aumentar en zonas ruidosas no sólo debido a la competencia reducida con *A. californica* y otras urracas para la alimentación, sino también por la reducción de la depredación por predadores nocturnos que pueden evitar el ruido, como los búhos. Un aumento en la población de ratones se traducirá en una menor germinación de semillas de *P. edulis* y al reducirse el número de plántulas en áreas ruidosas, se puede generar una disminución del número de estos árboles: en el caso reportado, el número de plántulas fue cuatro veces menor en las áreas ruidosas que en las más tranquilas. Según Francis et al. (2012), la eliminación y depredación de semillas y el reclutamiento de plántulas están condicionados por el ruido, por lo que tienen el potencial de afectar indirectamente, a futuro, la estructura del bosque:

Esto significa que podrá reducirse el número de árboles en áreas más ruidosas, pero esto podría haber pasado desapercibido durante muchos años porque los piñones crecen muy lentamente. Y si hay menos piñones, el hábitat dejará de ser favorable para los cientos de especies que dependen de estos árboles para sobrevivir.

A MODO DE CIERRE

Una vez recorrida paso a paso la definición de contaminación, no hay dudas de que es más que correcto hablar de contaminación

sonora. Sin embargo, si el Hombre ha podido explorar el Espacio y describir el interior del átomo, cuesta entender por qué se sigue sin poder dominar este problema.

Una aproximación primaria muestra que las consecuencias verdaderamente irreversibles, como la pérdida auditiva o el desequilibrio ecológico, tardan muchísimo tiempo en hacerse evidentes. Durante ese tiempo, ocurren otros efectos para los que la relación causa-efecto parece ser menos evidente.

El ruido es un agente contaminante que es muy fácil de producir pero muy difícil de abatir: las medidas son siempre costosas, no sólo en lo económico sino también en lo social y hasta en lo político. Posiblemente esto se asocie con tantas dualidades o aparentes contradicciones que rodean al tema: ¿sonido o ruido? ¿señal o interferencia? ¿agradable o molesto? ¿sonido envolvente o ruido invasivo? ¿la inevitable exposición ambiental o la deseada exposición social? ¿produce adicción o genera depresión? ¿enferma o causa placer? ¿"hacer oídos sordos" o "ser todo oídos"? ¿"sordo como una tapia" o "las paredes oyen"? ¿"lo esencial es invisible a los ojos" o "si no lo veo no lo creo"? Si quien de verdad sabe de qué habla no necesita levantar la voz, ¿por qué tanta gente grita?

Diez años atrás terminaba un trabajo con algunas reflexiones que continúan vigentes. Dos de ellas decían más o menos así (González, 2012):

• ***Cuando el generador de ruido no se hace cargo de la contaminación que provoca, alguien está asumiendo esa externalidad.*** Aunque puede que la Intendencia considere que ese costo lo está asumiendo la Administración, ***quienes verdaderamente pagan por esa externalidad son los vecinos perjudicados.*** Y aunque ***siempre pagan con sus derechos, muchas veces también pagan con su salud.***

• ***Sabemos que todo sonido impuesto es ruido.*** Pero igual lo imponemos. ¿Por qué? Las causas ocasionales pueden ser muchísimas y

*muy diversas, pero la causa última, estructural, radica en que más allá de cuán censurable o agresivo pueda ser, lo hacemos **“porque se puede”**.*

*Pues bien, ya es hora de que **“deje de poderse”**.*

⁹ LOS SUBRAYADOS CORRESPONDEN A TEXTOS EN CURSIVA EN LOS ORIGINALES. SE HAN CONSERVADO LAS NEGRITAS QUE ESTABAN EN EL ORIGINAL.

REFERENCIAS

Albert, Lilia (Ed.) (1997). Introducción a la Toxicología Ambiental. OMS – OPS - Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. 471 pp. 1997.

Bayne, Erin M.; Habib, Lucas; Boutin, Stan (2008). Impacts of Chronic Anthropogenic Noise from Energy-Sector Activity on Abundance of Songbirds in the Boreal Forest. *Conservation Biology*, Volume 22, No. 5, 1186–1193 2008 Society for Conservation Biology, DOI: 10.1111/j.1523-1739.2008.00973.x

Bernabeu Taboada, D. (2009). Efectos del Ruido sobre la Salud. Biblioteca-Médica Ruido (PEACRAM) - Plataforma Estatal de Asociaciones Contra el Ruido (PEACRAM).

Brouček, J. (2014). Review: Effect of noise on performance, stress, and behaviour of animals. *Slovak J. Anim. Sci.*, 47, 2014 (2): 111-123.

CDC (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, USA) (2019). ¿Cuándo los sonidos son demasiado fuertes? Infórmese. Infografía de CDC, Centro Nacional de Salud Ambiental, Gobierno de USA.

Corominas, Joan (1987). Breve Diccionario Etimológico de la Lengua Castellana. Tercera Edición muy revisada y mejorada. 628 pp. 4ª reimpresión, 1987. Madrid: Editorial Gredos, S.A.

Crego Morán, Juan Andrés. 2015. “Desde el ruido”. *AusArt* 3 (2): 106-116. www.ehu.es/ojs/index.php/ausart, ISSN 2340-8510, DOI: 10.1387/ausart.15942

Dooling, R. (2002). Avian Hearing and the Avoidance of Wind Turbines. 84 pp. June 2002, National Renewable Energy Laboratory NREL/TP-500-30844.

Eriksson, Charlotta; Katz, David. Institute of Environmental Medicine, Karolinska Institute, Stockholm, Sweden; Yale University Prevention Research Center, New Haven, Conn. *Occupational & Environmental Medicine* May 25, 2015. <http://etimologias.dechile.net/?sonido>. Consultado en línea en enero 2022.

European Commission’s Directorate & University of

the West of England (UWE) (2013). Future Briefs: Underwater Noise, Revised version. *Science for Environment Policy Issue 7*, 8 pp. June, 2013.

Francis, C. D.; Kleist, N. J.; Ortega, C. P.; Cruz, A. (2012). Noise pollution alters ecological services: enhanced pollination and disrupted seed dispersal. *Proc. R. Soc. B* (2012) 279, 2727–2735. doi:10.1098/rspb.2012.0230

Fuertes Sánchez, L. M. (2010). El croar de las ranas, vital para su supervivencia, Periódico de la Universidad Nacional de Colombia, Unimedios, No. 135, 2010. <http://www.unperiodico.unal.edu.co/vpp/articulo/el-croar-de-las-ranas-vital-para-su-supervivencia>

Gallardo, L. (2011). El ruido: una moderna forma de criminalidad. Artículo original en: *Diario La Ley*, N° 7376, Sección Tribuna, 8 Abr. 2010, Año XXXI, Editorial LA LEY, LA LEY 2207/2010. Ruido y Violencia Acústica, Biblioteca-Jurídica, Plataforma Estatal de Asociaciones Contra el Ruido (PEACRAM), Zaragoza, España.

Goiriena, E.; Guinovart, L. (2012). Tesina: “De la contaminación acústica a una convivencia urbana más humana”, La contaminación acústica en el Departamento de Montevideo, una cuestión de derechos humanos. La actuación de la Defensoría del Vecino de Montevideo en la promoción de una política pública departamental con enfoque de derechos en esta materia. Diplomado Internacional de Especialización en derechos sociales, políticas públicas y gestión global 2011-2012. Fundación Henry Dunant – Chile. Montevideo, Uruguay.

González, Alice Elizabeth. Contaminación Sonora y Derechos Humanos. Serie Investigaciones: Derechos Humanos en las Políticas Públicas. N° 2. Investigación realizada para la Defensoría del Vecino de Montevideo, 463 pp., 2012. Disponible en: <http://www.defensordelvecino.gub.uy/IMAGENES/Foro%20Defensor%C3%ADas%20Locales/DDHHA.pdf>

González, Elizabeth (2016). Lo esencial es invisible

a los ojos. Ciclo "100 años de la denominación de la Facultad de Ingeniería". La Diaria, 20 de julio de 2019. <http://ladiaria.com.uy/articulo/2016/7/lo-esencial-es-invisible-a-los-ojos/>

González, Alice Elizabeth (2017). Acústica Ambiental. Efectos del Ruido sobre la Salud Humana. Cuaderno 4. 60 pp. Montevideo, UdelaR – FI – IM-FIA, 2017. ISBN: 978-9974-0-1533-3 Obra completa; ISBN: 978-9974-0-1538-8 Cuaderno 4.

Gygax L.; D. Nosal, D. (2006). Short Communication: Contribution of Vibration and Noise During Milking to the Somatic Cell Count of Milk J. Dairy Sci. 89:2499–2502, American Dairy Science Association, 2006.

Hanning, Ch. (2010). Wind turbine noise, sleep and health. Sleep disturbance and wind turbine noise, The Society for Wind Vigilance.

Jones, Gareth (2008). Sensory ecology: Noise Annoys Foraging Bats. Current Biology Vol 18 No 23 R1098. doi: 10.1016/j.cub.2008.10.005

Kogan, Pablo (2022). El paradigma del Paisaje Sonoro y su operacionalización. Revista ECOS, Año 3, N°1, Enero - Junio 2022, pp. 8-17, ISSN 2697-2913.

Mestre, Vincent (2008). Effects of Aircraft Noise: Research Update on Selected Topics. A Synthesis of Airport Practice. Airport Cooperative Research Program ACRP Synthesis 9, Transportation Research Board of the National Academies, www.TRB.org

Niemann, H.; Maschke, Ch. (2004). WHO LARES. Final report: Noise effects and morbidity. Interdisciplinary research network "Noise and Health".

Orozco-Medina, M.; Orozco-Barocio, A.; Figueroa-Montaño, A.; Ochoa-Ramos, N. (2010). Discusión en torno a los efectos del ruido ambiental en el sistema inmune. 160th ASA meeting, 7º Congress FIA, 17º Congress IMA, 2nd Pan-American and Iberian Meeting on Acoustics, Cancún, México.

Pyko, A.; Eriksson, C.; Oftedal, B.; Hilding, A.; Östenson, C.; Hjertager Krog, N.; Julin, B.; Aasvang, G.; Pershagen, G. (2015). Exposure to traffic noise and markers of obesity. Occup Environ Med 2015; 0:1–8 doi: 10.1136/oemed-2014-102516

Radle, A.L. (2007). Effect of Noise on Wildlife: A Literature Review, 2007. http://wfae.proscenia.net/library/articles/radle_effect_noise

Real Academia Española. Diccionario de la lengua española, Edición del Tricentenario, Actualización

2021. <https://dle.rae.es/> Consultado en línea en enero 2022.

Rego, Blanca (2014). Etimología del ruido. <http://www.mediateletipos.net/archives/29414>

Sáenz Cosculluela, I. (2004). Conferencia inaugural del I Congreso Nacional contra el Ruido: ruido, salud y convivencia, Peacram, Plataforma Estatal contra el Ruido, Zaragoza, España.

Strickland, M.D.; Arnett, E.B.; Erickson, W.P.; Johnson, D.H.; Johnson, G.D.; Morrison, M.L.; Shaffer, J.A.; Warren-Hicks, W. (2011). Comprehensive Guide to Studying Wind Energy/Wildlife Interactions. The National Wind Coordinating Collaborative, Washington D.C., USA.

Thomsen, F.; Lüdemann, K.; Kafemann, R; Piper, W. (2006). Effects of offshore wind farm noise on marine mammals and fish, COWRIE Ltd., Hamburg, Germany.

WHO World Health Organization (1946). Preámbulo de la Constitución de la Organización Mundial de la Salud. USA, Nueva York, 1946.

WHO World Health Organization, Regional Office for Europe (2011). Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. ISBN: 978 92 890 02295

WHO World Health Organization (2018). Environmental Noise Guidelines for the European Region. ISBN 978 92 890 5356 3

La Dra. Ing. Alice Elizabeth González es Profesora Titular del Departamento de Ingeniería Ambiental del IMFIA, Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República. Realiza tareas de enseñanza de grado y posgrado, investigación, extensión y asesoramiento a terceros. Su principal línea de trabajo es la Acústica Aplicada, con énfasis en Acústica Ambiental. Es autora de más de 200 publicaciones, incluyendo libros, capítulos de libro, artículos en revistas científicas y comunicaciones en congresos. Es socia fundadora de la Asociación Uruguaya de Acústica, de la que fue primera presidente. Actualmente integra el Consejo Directivo de la Federación Iberoamericana de Acústica.

¿DESARROLLO SUSTENTABLE O SOSTENIBLE? HE ALLÍ LA CUESTIÓN

ING. CARLOS OCTTINGER



En la actualidad, todos hablan sobre el desarrollo sostenible o sustentable. Esto lleva a cuestionarnos, ¿sabemos realmente qué quieren decir estos términos?

Estos adjetivos, especialmente en el idioma castellano generan confusiones, cosa que no ocurre en el idioma inglés donde el adjetivo "Sustainable" puede traducirse como sostenible o sustentable, y las diferencias surgen de las definiciones.

Después de una búsqueda en diferentes fuentes y diccionarios, nos quedamos con estas definiciones:

DESARROLLO SUSTENTABLE

- Consiste en un crecimiento regulado que contiene algunas medidas políticas y sociales para encaminar de manera eficiente los recursos del planeta tierra. Este tipo de desarrollo satisface las necesidades actuales de todos los habitantes del planeta, sin comprometer los recursos del futuro.

DESARROLLO SOSTENIBLE

- Hablamos de un tipo de desarrollo que se puede mantener por sí mismo sin que se vean afectados los recursos del planeta. Este tipo de desarrollo no precisa una intervención humana o exterior, ya que puede sostenerse de manera autónoma. Contando con tres factores claves: sociedad, economía y medio ambiente

Según el International Institute for Sustainable Development: "Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs"

Traducido; El desarrollo sustentable es aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades.

El desarrollo sustentable consiste en un cre-

cimiento regulado que contiene algunas medidas políticas y sociales para encaminar de manera eficiente los recursos del planeta tierra. Este tipo de desarrollo satisface las necesidades actuales de todos los habitantes del planeta, sin comprometer los recursos del futuro.

Hablamos de un desarrollo Sustentable cuando éste se puede mantener por sí mismo sin que se vean afectados los recursos del planeta. Este tipo de desarrollo no necesita una intervención humana o exterior, ya que puede sostenerse de manera autónoma. A continuación, se muestran diferentes ideas sobre desarrollo sostenible o sustentable, se incluye en los links para quien desea profundizar en algunas de las ideas expuestas

NOTA: Cuando se habla de un desarrollo que se puede mantener por sí mismo sin que se vean afectados los recursos del planeta, suena a "wishful thinking" (Racionalización de la esperanza) ya que los hidrocarburos y los minerales son recursos naturales que tarde o temprano se agotarán. Además, la realidad de 2021 indica que, a 9 años del 2030, falta bastante para satisfacer las necesidades de millones de seres humanos que hoy habitan este medio geográfico. Como los recursos energéticos se agotarán en un futuro, es necesario desarrollar tecnologías alternativas que los reemplacen ¿Será biomasa, viento, sol, fusión nuclear u otras que aún no imaginamos?

DESARROLLO SUSTENTABLE:

En la Cumbre de Cambio Climático de Estocolmo 1972 se habla de desarrollo sustentable (Sustentable). Se dice que son aquellas políticas de desarrollo que utilizan los recursos naturales de manera que las generaciones futuras puedan acceder a ellos y utilizarlos de la mejor manera. Esta definición se acerca más a la definición de desarrollo sustentable.

DESARROLLO SOSTENIBLE:

En la Cumbre de Cambio Climático de Río de Janeiro de 1992 se decidió ajustar el cri-

terio de Sustainable Development que se ajusta más a lo que llamamos Desarrollo Sostenible. En efecto, la definición dice que son "Aquellas políticas de desarrollo social que garantiza que las generaciones futuras puedan acceder a un bienestar social al menos similar al actual; en una palabra, preservación del bienestar social. Esto incluye bienestar social, medio ambiente y recursos naturales".

En el gráfico adjunto se representan los aspectos claves del DESARROLLO SOSTENIBLE, que se han mencionado en las definiciones anteriores: social, ecológico y económico y las interacciones que existen entre ellos y las políticas que permiten alcanzar dicho modo de desarrollo.

LA UNESCO Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE

20 años después de Río 1992 en lo que se llamó RÍO +20, el Consejo Económico y Social, se ocupa de la Economía Verde y la erradicación de la pobreza. Se enfatiza la necesidad de integrar en el concepto más

amplio del desarrollo SOSTENIBLE, se trata de aquel que abarca desarrollo social, desarrollo económico y protección del medio ambiente y tiene conexiones cercanas con los derechos económicos, sociales y culturales. Se enfatiza:

- La importancia de la cooperación internacional en la promoción de los derechos económicos y sociales y culturales.
- El rol de la mujer en la conservación del medio ambiente y el uso adecuado de los recursos naturales, como asimismo el impacto desproporcionado que carga sobre ellas cuando los recursos se agotan y el medio ambiente se daña.
- La obligación de generar un ambiente de trabajo saludable

Todo el debate sobre Desarrollo sostenible se basa en esta ambigüedad; Las diferencias entre ambos términos son casi imperceptibles, pero una se enfoca más a la intervención humana, mientras que la otra definición se inclina hacia una idea de autosuficiencia. En la actualidad, todos hablan sobre el desarrollo sostenible o sustentable (NDA)

LISTADO DE APORTES SOBRE LOS TEMAS



CENTRALES DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

En este listado se incluyen los links dónde se trata cada uno de estos temas

- La vivienda puede aportar una contribución decisiva al desarrollo sostenible, pero requiere disponer de instrumentos adaptados eur-lex.europa.eu
- El objetivo central del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) es reducir la pobreza en Latinoamérica y el Caribe y fomentar un crecimiento sostenible y duradero. deza.admin.ch
- Publicaciones principales sobre principales sobre la energía para el desarrollo sostenible, el desarrollo industrial, la contaminación del aire/atmosférico y el cambio climático daccess-ods.un.org
- La consecución de estos objetivos contribuirá a un desarrollo realmente sostenible. sellex.es
- El concepto de Desarrollo Sostenible es más amplio que la pura conservación perenne del mundo material. abengoa.es
- Ello constituye una amenaza para la cohesión social y el desarrollo sostenible. obreal.org
- Para ellos la reducción de riesgos de desastres es crucial para alcanzar un desarrollo sostenible. unisdr.org
- Política pública de gestión de sustancias, productos y residuos definida que establezca los criterios rectores claves para el desarrollo sustentable. pops.int
- DESARROLLO SOSTENIBLE: MEDIO, AMBIENTE, CAMBIO CLIMATICO; ENERGIA obreal.org
- Medidas orientadas a lograr el crecimiento económico sostenido, la eliminación de la pobreza y el desarrollo sostenible. daccess-ods.un.org
- Medidas orientadas a lograr el crecimiento económico sostenido, la eliminación de la pobreza y el desarrollo sostenible. daccess-ods.un.org
- Representantes de la Sociedad Civil con el fin de definir una hoja de ruta en favor de la ecología el desarrollo y la prevención sostenibles. noe.org

nibles. noe.org

- La caída y la volatilidad de los precios son una amenaza de primer orden para el desarrollo sostenible de algunos de los países más pobres del mundo. europarl.europa.eu
 - Ha surgido un discurso, consagrado como norma legal, del desarrollo sostenible del medio rural. aeval.es
 - El desarrollo sostenible debería ser la base de los esfuerzos de reforma de la gobernanza ambiental a nivel internacional. daccess-ods.un.org
 - El sector privado juega un rol crucial al asegurar el desarrollo sostenible y en la creación de un medioambiente seguro para futuras generaciones. unvolunteers.org
 - La idea de la cultura como cuarto pilar del desarrollo sostenible se abre camino entre sus agentes y el tejido social agenda21culture.net
 - El sector privado brinda todas las ventajas esenciales para actualizar las Metas del Desarrollo Sostenible. regency.org
 - Por otra parte, el crecimiento de la productividad también contribuye de forma directa e indirecta a conseguir un Desarrollo Sostenible. eur-lex.europa.eu
 - El desarrollo y las tecnologías sostenibles minimizan los impactos sobre el medio ambiente a la par que potencian al máximo el uso eficiente de los recursos. ourplanet.com
 - Los moralistas medio ambientales han criticado ampliamente la noción de Desarrollo Sostenible, a menudo utilizada en discursos relativos al medio ambiente unesdoc.unesco.org
 - La población entera del mundo debe seguir ahora por la senda del Desarrollo Sostenible. ourplanet.com
 - El Desarrollo Sostenible ha ido evolucionando con el tiempo. europarl.europa.eu Pero ¿Es ético, en nombre del Desarrollo Sostenible, tomar la Sostenibilidad como un garrote para castigar al desarrollo? groupe-dr.eu
- Se trata de crear las condiciones adecuadas para el Desarrollo Sostenible. daccess-ods.un.org
- En 1987, el Informe Brundtland definió al

Desarrollo Sostenible como el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras unpei.org

• La tierra y los medios de producción en las zonas rurales de muchas regiones del mundo, permanecen como un obstáculo para el desarrollo sostenible. daccess-ods.un.org

• www.sustain.ucla.edu

• www.epa.gov/sustainability

• un.org/spanish/esu/documents/declarationrio.htm

• un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm

• Human Development and Engineering by Ing. Conrado Bauer. Editorial Universitaria de La Plata Centro Argentino de Ingenieros 2010

• Front Matter. National Research Council 2011. "Sustainability and the U.S. EPA" Washington DC. The National Academies Press. Doi: 10.17226/13152

ENTREVISTA AL DR. LUIS FORTE

DIRECTOR DE LAS
CARRERAS DE
ESPECIALIZACIÓN Y
MAESTRIA EN INGENIERÍA
AMBIENTAL EN LA UTN
REGIONAL LA PLATA



Ud. dirige la Maestría y Especialización en Ingeniería Ambiental de la Universidad Tecnológica Nacional, en su Facultad Regional La Plata. ¿Podría indicarnos los objetivos principales de estas carreras y como se relacionan con los egresados de Ingeniería de diferentes áreas?

Las carreras de Especialización y Maestría en Ingeniería Ambiental se dictan en UTN La Plata de manera ininterrumpida desde hace más de 20 (veinte) años, y tienen por objetivo la formación de profesionales capaces de desempeñarse en el campo complejo y transdisciplinar de las Ciencias Ambienta-

les, tanto en la participación, como en la organización y dirección de grupos de trabajo interdisciplinarios. Se trata de dos carreras en una que comparten el 70% de las asignaturas y ofrecen a los graduados universitarios la posibilidad de alcanzar el grado académico de Especialista en Ingeniería Ambiental, cursando y aprobando 14 (catorce) seminarios obligatorios y elaborando y aprobando bajo la guía de un tutor un Trabajo Final Integrador (TFI), de carácter profesional. Permite asimismo a nuestros alumnos, la posibilidad de obtener el grado de Magíster en Ingeniería Ambiental, para lo cual los estudiantes deben cursar y aprobar

6 (seis) seminarios adicionales, y elaborar y aprobar en defensa pública una Tesis de Maestría de carácter académico.

En relación con los egresados de las carreras de ingeniería de las diferentes especialidades, tenemos una estrecha relación con los egresados de nuestra facultad regional, aunque nuestras carreras de posgrado han sido históricamente cursadas tanto por egresados de UTN La Plata como de la Facultad de Ingeniería de UNLP, y egresados de otras universidades con asiento en la ciudad de La Plata. En general, los graduados de las distintas especialidades de la Ingeniería, que cursan o han cursado nuestras carreras, pertenecen a las especialidades de Ingeniería Civil, Industrial, Mecánica, Eléctrica, y Química.

Entendemos que el perfil de una carrera de Postgrado en Ingeniería Ambiental permite la interacción con egresados de diferentes carreras de grado relacionados con otras disciplinas (Ciencias Exactas, Ciencias Naturales, Medicina, etc.). ¿En las carreras que Ud. dirige se permiten alumnos egresados de diferentes disciplinas? ¿Cómo resuelve la integración de estos saberes en los cursos específicos de las carreras?

Nuestras carreras de posgrado no solo permiten, si no que alientan la integración de profesionales de diferentes campos disciplinares. Nuestra oferta de posgrado se encuentra orientada a todos los graduados universitarios con títulos expedidos por universidades reconocidas en el campo de las Ciencias Básicas y Aplicadas. Los alumnos de nuestras carreras son graduados universitarios en las distintas especialidades de la Ingeniería, Arquitectos, Licenciados en Ciencias Exactas, incluyendo Lic. en Ciencias Químicas, Tecnología del Medio Ambiente, etc.; Licenciados en las distintas especialidades de las Ciencias Naturales, incluyendo Lic. en Geología, Geoquímica, Ecología, Biología, etc.; Lic. en Seguridad e Higiene en el Trabajo; Lic. en Gestión Ambiental; etc.

El diseño curricular de las carreras se en-

cuentra orientado a la consecución de los objetivos de integrar los distintos saberes, de modo tal de aportar los conocimientos mínimos que aseguren la formación básica necesaria para que nuestros posgraduados se encuentren en condiciones de alcanzar los objetivos de integrar, organizar y dirigir equipos de trabajo interdisciplinarios.

Durante los últimos (cuatro) años, nos hemos esforzado por asegurar el recambio generacional en nuestro plantel docente con profesores e investigadores formados de universidades nacionales y pertenencia al sistema científico formal (especialmente CIC y CONICET), capaces de aportar a los graduados procedentes de distintas disciplinas la formación complementaria en los diferentes tópicos no abordados en las distintas carreras de grado.

El desarrollo sostenible es claramente un objetivo “deseable” para los habitantes del planeta. Este objetivo se encuentra con avances y dificultades significativas, en un contexto marcado por el cambio climático y los desafíos que ocasiona. ¿Como ve Ud. las posibilidades de concretar los ODS en el mundo y en particular en América Latina? ¿Cómo puede contribuir la formación de especialistas en el tema ambiental en un país como Argentina?

Es importante señalar, que antes de la cumbre de Naciones Unidas de 1972, el debate internacional se impuso a partir del Informe del Club de Roma conocido como “Los límites del crecimiento”, producido en el año 1968 por el grupo liderado por Meadows y otros investigadores de la Universidad de Harvard (USA), que tuvo como rápida respuesta el informe denominado “Catástrofe o nueva sociedad. El modelo mundial latinoamericano”, producido en nuestro país en el año 1977 por la Fundación Bariloche, bajo la dirección de Amilcar Herrera. Si bien la primera “Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano” se celebró en el año 1972, el informe “Nuestro Futuro Común” también conocido como informe

Brutland, cita habitual en cualquier artículo vinculado al concepto del desarrollo sostenible, se publicó recién en el año 1987, por parte de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas, es decir 10 (diez) años después de la publicación del informe “Catástrofe o nueva sociedad”.

Entre los modelos del Club de Roma y el de la Fundación Bariloche, existen diferencias ideológicas y conceptuales acerca del concepto del “desarrollo sostenible o sustentable”, según la pertenencia de los autores a los mundos “desarrollado” y/o en “vías de desarrollo”. Creo que estas dos posiciones opuestas mantienen vigencia y deben resolverse, a través de un proceso de interacción conflictiva y consenso, destinado a construir los acuerdos básicos que la humanidad necesita.

Considero, que este proceso de construcción de consensos aún no se encuentra concluido, y desde mi punto de vista, esta falta de consenso explica las dificultades encontradas para alcanzar los objetivos del desarrollo sostenible, en un contexto marcado por el cambio climático y los desafíos que representa. Creo que la adopción de los ODS de Naciones Unidas puede constituir una nueva, renovada, e inspiradora instancia de participación de todas las partes involucradas para la construcción del consenso global necesario que nos permita enfrentar exitosamente los desafíos de un “cambio ambiental global”, cuyos efectos se encuentran amplificados por el cambio climático.

En nuestro país como en todos los países de América Latina, la formación de especialistas capacitados para enfrentar los desafíos del desarrollo sostenible resulta imprescindible. Sin embargo, para que puedan alcanzarse esos logros resulta imprescindible también que se pongan en marcha políticas de estado sostenidas en el tiempo y articuladas entre las distintas jurisdicciones.

En general el tema ambiental es un punto de análisis y discusión para el Estado y la

Industria de un país. ¿Cuál cree que es la situación en Argentina? ¿En qué áreas industriales y/o en qué regiones del país Ud. considera que se pueden tener mejores soluciones ambientales?

La situación en la Argentina es al momento actual bastante diferente a la de muchos países de América Latina, que nos llevan ventajas tanto en los aspectos normativos como de gestión.

En Argentina, durante la década de 1990s, especialmente en la provincia de Buenos Aires, se sancionaron y promulgaron las principales normativas en materia de política ambiental. Sin embargo, para poner solamente de ejemplo a la provincia de Buenos Aires, estas leyes fundamentales, no han sido actualizadas ni revisadas, a pesar del tiempo transcurrido y de los cambios producidos en los últimos 25-30 años. Más aún, una de las leyes vigente en la jurisdicción provincial data del año 1958 y fue reglamentada por decreto del año 1959.

La situación en Argentina es a mi entender absolutamente problemática, porque a la falta de actualización y revisión de los aspectos normativos, se deben sumar aspectos vinculados a la fiscalización y control. Estos fuertes déficits en materia de fiscalización y control, no se relacionan con políticas partidarias, sino con la ausencia de políticas de estado sostenidas en el tiempo.

Desde el punto de vista de la complejidad ambiental es en la provincia de Buenos Aires donde se localizan los establecimientos industriales de mayor complejidad. Sin embargo, en todas las jurisdicciones provinciales, existen problemas que deben ser analizados en cada caso, sin establecer comparaciones cuali-cuantitativas entre las realidades propias de cada una de las jurisdicciones.

En concreto, en todas las regiones del país se pueden implementar las mejores soluciones para resolver la crisis ambiental, en tanto existan las decisiones políticas que lo hagan posible.

¿Ud. cree que la formación en temas ambientales debiera incrementarse en las carreras de grado, en particular de Ingeniería? De qué modo?

En primer lugar, las universidades, deben tener como objetivo la formación de ciudadanos-profesionales. En este sentido, la formación de ciudadanos-profesionales implica la formación de graduados universitarios comprometidos con la realidad nacional, cualquiera sea su especialidad, capaces de involucrarse políticamente (no en términos partidarios) para contribuir a la definición de políticas de estado que coadyuven a la consecución de determinados objetivos para la resolución de problemáticas específicas.

En segundo lugar, en todas las disciplinas debería fortalecerse la formación en temas ambientales, ya que se trata de una problemática transdisciplinar.

En la Universidad Tecnológica Nacional La Plata, el plan de estudios vigente prevé para cada especialidad de la ingeniería asignaturas electivas orientadas a fortalecer a los graduados en la temática. En el nuevo plan de estudios que se encuentra en elaboración para cada una de las carreras, se fortalecerá la formación en temas ambientales transformando además estas asignaturas en obligatorias.

Una manera de fortalecer la formación ambiental en las carreras de Ingeniería es la incorporación de los ODS dentro de la currícula de las asignaturas en las que esto resulte pertinente. En este tema se está trabajando a través de la red UTN-ODS de la que participan todas las facultades regionales. Entre los objetivos que fortalecerían la formación ambiental de los graduados de las distintas especialidades de la Ingeniería pueden mencionarse los siguientes: ODS 6 Agua Limpia y Saneamiento; ODS 7 Energía Asequible y No Contaminante; ODS 9 Industria, Innovación e Infraestructura; ODS 11 Ciudades y Comunidades Sostenibles; ODS 12 Producción y Consumo Responsables; y ODS 13 Acción por el Clima.

ENTREVISTA AL DR. RAMIRO JORDAN

PRESIDENTE DE IFFES Y
FUNDADOR DEL ISTEK



El Consorcio internacional “Peace Engineering” tiene objetivos muy significativos que nos gustaría que Ud. sintetizara para este número de nuestra Revista que está dedicado a “Ingeniería y Objetivos de Desarrollo Sostenible”. ¿Cuáles son los objetivos prioritarios y el alcance de las acciones propuestas por el Consorcio?

En noviembre del 2018 organizamos por primera vez la primera conferencia mundial de ingeniería para la paz, esto fue organizado con la universidad si de nuevo México, laboratorios nacionales, Sandia Los Álamos y otras organizaciones internacionales como

la Federación Mundial de educadores en ingeniería y la asociación global de decanos en ingeniería.

Esto fue un desafío a la comunidad de la ingeniería para repensar que es la ingeniería y como se debe enseñar y comenzar a resolver y traer soluciones nuevas para encarar los desafíos mundiales. Esto es independiente de banderas e himnos nacionales, todos estamos en la misma olla y cocinándonos.

También, fue para celebrar lo que se conoce como la ciencia grande, que fue el proyecto de Manhattan en Los Álamos que es donde se crea la bomba atómica y lamentablemente estamos en una situación terrible entre

Rusia y Ucrania y vamos a ver como sigue. Entonces a la ingeniería y a todos los ingenieros y a todas las disciplinas a pensar y repensar que es lo que vamos a hacer y comenzar a conectar la parte legal, financiera, ingeniería, la parte social, antropología, la sociología, economía, psicología y la parte de salud también, es decir, comenzar a trabajar en conjunto para resolver un problema como es por ejemplo el cambio climático y detrás de cambio climático entra todo.

En un panel en noviembre del 2018, un grupo de científicos de los laboratorios anunciaron que las alarmas ya estaban empezando a sonar, que íbamos a tener una pandemia, diciembre 2019 llega el COVID, ahí comienza una serie de cambios.

Lo bueno del COVID es que nos ha echo repensar que todos los sistemas deben ser rediseñados, me refiero a sistemas de educación, a sistemas de salud, sistemas de telecomunicaciones, financieros, comienzan a salir los temas de pobreza, injusticia, la desigualdad, la exclusión.

Otro tema que es bien importante y muy fuerte, es el tema de los repositorios digitales y el futuro es repositorios digitales de datos, que tienen que ser verificados, confiables para poder replicar. Las bibliotecas digitales son importantes, pero los datos deben ser confiables para evitar las llamadas fake news.

Como reacción a la primera conferencia mundial donde vinieron personas de más de 40 países se crea el consorcio, es un consorcio abierto de no solamente de academias, sino de laboratorios nacionales, empresas, para repensar como vamos a enseñar ingeniería y conectarnos con las distintas disciplinas, esto es lo más importante y son los objetivos del consorcio, como incorporar todos estos temas en las carreras de ingeniería, no se trata de crear más cursos, pero introducir en los cursos ya existentes estos conceptos para que la gente pueda ir tomando conciencia y, sobre todo, lo más importante que queremos traer es el contexto, el contexto de La Plata es distinto al contexto de Albuquerque, el contexto de los barrios

de La Plata es distinto, el de Buenos Aires, Córdoba, y así todos los países. Dentro de Nueva México, Albuquerque es la ciudad más grande, aquí tenemos 24 etnias distintas y una de ellas son los Navajos que no tienen acceso al agua, a las telecomunicaciones y han tenido el índice de contagios de COVID más alto en el mundo, entonces acá en casa con todos los laboratorios que tenemos es donde más gente murió por incidencia del COVID.

Entonces es una manera de repensar y otra cosa que queremos es que todo el mundo tenga conciencia de las consecuencias no intencionadas y consecuencias intencionadas. Los ingenieros no deben solo tirar ingeniería y resolver problemas, el hecho de crear tecnología contrae mucha desigualdad y el impacto a nivel global es tremendo, es por eso que estamos en la situación que estamos y esto debe ser un llamado a la acción, ya no crear estas comunidades académicas que les encanta publicar y listo, tiene que ser una comunidad de acción que tiene que resolver estos problemas hoy y hay un llamado que es el 2030, tenemos 8 años para empezar a hacer una reingeniería, ya alcanzamos el punto de no retorno ya estamos perdidos, a partir del 2030 es grave la situación porque ya no hay como revertir mucho, esto del cambio climático por ejemplo trae mucho de migración climática, ¿qué vamos a hacer si hay mil millones de personas que por temas climáticos tienen que emigrar?, en Nueva México, hoy en día tenemos una sequía brutal, la última vez que se registró una sequía así fue hace 1.200 años, nos estamos quedando sin agua, todas estas cosas la gente las tiene que comenzar a pensar, por eso independientemente de himnos nacionales y banderas acá estamos todos cocinados, ejemplo, ¿qué hace Argentina si hay una migración de Chile y de Bolivia si hay gente que se quedó sin agua?, comienzan los problemas de seguridad nacional, todo está conectado.

Los objetivos de este consorcio son repensar no solo ingeniería sino como traer nuevas soluciones para resolver lo que son de-

safíos mundiales, los ingenieros resuelven problemas, entonces hay que resolver los problemas que nos afectan a todos y la parte de paz es que la palabra paz va de la mano con sustentabilidad, no puedes tener paz si no tienes sustentabilidad, ese es el concepto de ingeniería para la paz que salió de esa conferencia mundial de noviembre del 2018.

2. Uno de sus últimos trabajos, publicado en 2021, se refiere al caso de estudio en la Universidad de Nuevo México de la formación en Ingeniería, en el marco del proyecto "Peace Engineering". ¿Podría indicarnos los puntos principales de la experiencia?

Como reacción en la facultad de ingeniería dijimos que tenemos que hacer algo y creamos lo que en estados unidos se llama un Maine, donde hay varios cursos que puedes elegir, no son obligatorios, dentro de esos cursos que se pueden elegir, creamos tres cursos de 5 dedicados para ingeniería para la paz, donde los alumnos pueden elegir y se les presentan todos estos casos.

Se hablo de temas como la pandemia, de cómo usar estadísticas y probabilidad para medir, de donde salen esos números de los que hablan los científicos y como está conectado a las máscaras a lavarse las manos, a desinfectarse, a mantener la distancia social y luego de todo eso vienen las vacunas. Entonces ellos han visto y usado estas herramientas de ingeniería para para medir, como también hablamos del tema de la pobreza, ha sido un curso interesante porque tuvimos más de 30 alumnos de Nueva México y diez alumnos de México, entonces ellos trabajaban en equipo y tenían que aterrizar todos estos temas en la ciudad, en el condado y medir, el tema general del que se habló fue de pobreza entonces, vayan y vean las estadísticas en Albuquerque, en Ensenada en México, etc, para comenzar a conectar.

Un proyecto que hicimos fue de cómo podemos usar el celular para medir los 17 objetivos de desarrollo sustentable de naciones unidas y si hay aplicaciones que me permi-

ten compartir y medir eso para luego comunicar. Proyectos de esa naturaleza para que la gente empiece a tomar conciencia.

Después hay un tema de investigación que se hizo en el Reino Unido donde el tema de la salud mental está basado en el estrés que la gente joven está sufriendo a causa del cambio climático porque el planeta está en las últimas. Entonces estos temas de desigualdad, ¿temas raciales, como medimos?, Ingeniería es medir datos, medir y verificar que eso funciona, esos son los cursos.

Después hay otro curso de matemáticas para ingeniería para la paz, para temas sociales, para medir, para ver como utilizamos teorías de conjuntos para medir temas de barrios marginales, porque los ricos viven en un sector y los pobres en otro y sobre todo en Estados Unidos, donde el tema racial es muy complicado.

Ud. mantiene lazos importantes en la cooperación internacional con Universidades de Argentina y América Latina. ¿De qué modo cree que puede impulsarse esta iniciativa en la formación de Ingenieros en nuestros países?

Hace 30 años que cree un consorcio con base en la ciudad de La Plata, y fue un consorcio de gran impacto en América Latina que luego creció a nivel mundial, pero ese modelo ya ha cambiado y tenemos que reinventarlo.

Conozco todo América Latina, y he viajado por todo el mundo, yo veo hoy de México para abajo, con la excepción de Uruguay, es un vacío total en América Latina, no veo reacción buena, donde la gente quiera invertir, por ejemplo, en una de las áreas que tenemos de Ingeniería para la paz es sobre temas de emprendimiento y creación de empresas basadas en tecnologías para la paz, todo servicio y toda tecnología la podemos convertir en un arma.

Tengo mucha esperanza trabajando con la Universidad de La Plata para comenzar a subir e identificar con todas las universidades,

una por país, y realmente empujar ingeniería para la paz.

En la Universidad de San Pablo, como reacción a la conferencia que organizamos, crearon un centro de ingeniería para la paz y resolución de conflictos. Entonces hay pocos movimientos en América Latina y yo creo que hay que tocar la puerta otra vez, ahora si vas a Europa ellos tienen plena conciencia que esto es un tema clave y no es que la gente no esté trabajando en ingeniería para la paz, pero no tienen la conciencia que lo están trabajando y tienen que ponerlo de frente, no en proyectos aislados, sino que se empiecen a hablar de estos temas y tomar conciencia en todos los cursos, no solamente en ingeniería, sería lindo llevar ingenieros que trabajen con los antropólogos, tenemos que empezar a mezclar, por ejemplo los bibliotecarios con ingenieros para conectar datos.

Estamos llegando a un punto de no retorno, la gente debe tomar conciencia de todo esto, creo que se puede hacer, ahora hay una reunión con el consorcio y vamos a ver como trabajamos y como encaramos para vitalizar este consorcio sobre estos temas, pero no solamente en educación, sino que también en emprendimientos, en crear trabajos y tecnologías para la paz.

El desarrollo sostenible es claramente un objetivo “deseable” para los habitantes del planeta. Este objetivo se encuentra con avances y dificultades significativas, en un contexto marcado por el cambio climático y los desafíos que ocasiona. ¿Cómo ve Ud. las posibilidades de concretar los ODS en el mundo y en particular en América Latina?

Toquemos el tema del contexto, el contexto es algo muy importante y es algo que tenemos que traer a las clases, por esto estamos creando una maestría y un programa de certificado en línea donde queremos que muchas universidades presenten casos, por ejemplo, el caso de un pueblo en Sudan

donde ellos nos cuenten su contexto, como resuelven los casos de energía, de agua, de telecomunicaciones, de suministros, vacunas, etc.

Esos contextos son los más importantes porque no podemos resolver problemas siguiendo los textos y los libros, eso no funciona, los ingenieros deben tomar conciencia que la receta de Argentina no va a servir en Estados Unidos, ni en Sudan, ni en Etiopía, aprendamos de nosotros y comencemos a compartir. Por eso, el repositorio de datos es clave para poder compartir mi contexto que no lo conoces, pero, si quieres conocerlo lo tienes ahí y quizá, la solución que se presenta en Sudan o Etiopía le sirve a la Argentina, lo modificas y te sirve y viceversa.

5. Para cerrar, nos gustaría una reflexión sobre la evolución de diferentes iniciativas de cooperación entre Universidad e Industria que Ud. siempre ha alentado, en particular en países en desarrollo como Argentina.

Un objetivo que tengo realmente es empezar a trabajar en lo que se llama tecnología para la paz, estamos hablando de emprendimientos, empresas. Son enlaces industria/universidad, esto es lo que quiero hablar con la gente de La Plata, voy a hablar con la gente de Minerva al mismo tiempo que trabajamos con Stanford, hacer estos links, es decir, estos enlaces entre distintos centros de emprendimientos para ayudarnos, por ejemplo, quizá crear canales de comunicación y de flujos de tecnologías y de capitales entre La Plata, mi universidad, el centro de innovación de paz de Stanford y otro centro que hay en La Haya, esa es la manera de agilizar, no solamente queremos crear nuevas empresas sino trabajo para la gente, que la gente no necesite venirse a Albuquerque ni irse a Palo Alto en California ni a La Haya, pero puede trabajar en Argentina, su calidad de vida es mejor pero, tener una presencia a nivel mundial trabajando en alta tecnología resolviendo temas para ingeniería para la paz, esa es la idea.



RELACIONES INSTITUCIONALES DE LA ACADEMIA

LA ACADEMIA DE LA INGENIERÍA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES FIRMÓ UN CONVENIO MARCO CON LA REGIONAL BUENOS AIRES DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

El Esp. Ing. Guillermo Oliveto, Decano de la Regional Buenos Aires de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-BA) y la Ing. Patricia Arnera, Presidente de la Academia de Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires, firmaron un convenio de cooperación mutua entre ambas instituciones.

Respecto a la firma del convenio, el Ing. Oliveto manifestó “Para nosotros todo lo que sea promocionar y difundir actividades científicas tecnológicas es fundamental y sobre todo trazar lazos que nos permitan desarrollar mayores vínculos. Nosotros como muchas otras instituciones hacemos ferias de proyectos de investigación, tenemos además proyectos finales algunos de los cuales, si bien no están orientados a la investigación, están orientados hacia el desarrollo tecnológico que para nosotros es también muy importante y tener una relación en este caso con la Academia de Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires, me parece que es central más teniendo en cuenta que la gran mayoría de nuestros estudiantes son de la provincia”.

A su vez la Ing. Arnera señaló que “la firma de este convenio ratifica la decisión de nuestra Academia en afianzarse y mejorar la interrelación con las instituciones que hacen a la formación de ingenieros en la región”.

Informado el Ing. Oliveto que en el presente número de la revista se trata el tema “La Ingeniería y el Desarrollo Sostenible”, se lo consultó respecto a cuáles son los ejes que plantea para fortalecer la formación de ingenieros en temas vinculados con el desarrollo sostenible. El Ing. Oliveto manifestó: “Prin-

cipalmente creo que tiene que haber un desarrollo dentro de la currícula o en materias optativas, lo que nosotros llamamos como selectivas, temáticas que vinculen con los objetivos del desarrollo sustentable y, específicamente, la mirada del ingeniero. Yo soy docente de Pensamiento Sistémico, así que estoy obligado a tener una visión sistémica y obviamente el desarrollo sostenible es profundamente sistémico porque uno muchas veces piensa en el desarrollo en un solo eje y en realidad hay una multiplicidad de variables que se mueven al mismo tiempo y creo que ahí está un poco la clave de esta cuestión.

Me parece que hay que intervenir transversalmente en la currícula con temáticas en distintas materias o con materias optativas, pero, sin dudas, lo que estamos buscando es que las competencias incluyan el desarrollo sustentable.

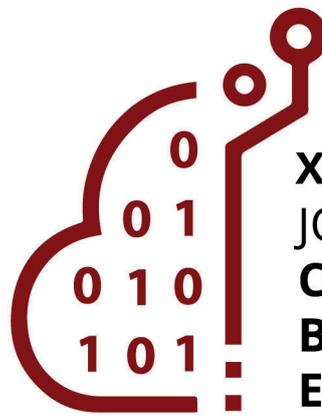
Nosotros ahora estamos con una adecuación del plan de estudios a los nuevos estándares de ingeniería, pero, entendemos que, dentro de esa readecuación, van a surgir pequeños cambios relacionados entre otras cosas con estas temáticas, con tener una temática un poco más orientada a lo que la sociedad está demandando hoy de parte de la ingeniería.

Muchas veces está esa problemática que se fue subsanando de que las universidades están alejadas de la realidad social entonces yo creo que hoy la universidad tiene otra mirada otro compromiso, otro desarrollo de lo que es la problemática social.

Vengo de hablar con un funcionario del go-

bierno de la ciudad porque estamos relanzando una idea que tuvimos hace unos años casualmente en otro entorno de crisis que es la Cátedra Abierta Pymes. Nosotros en su momento habíamos creado un espacio para que las Pymes puedan acercarse a la universidad para en principio plantear problemas, para ser escuchados, para tener alguna posibilidad de que algún estudiante avanzado, algún docente, alguna Práctica Profesional Supervisada, que en nuestro caso son obligatorias, pueda ser orientada a mejorar algún proceso productivo o por ejemplo que la Pyme se enmarque dentro de lo que llamamos desarrollo sustentable y estamos trabajando en ese sentido. Por eso queríamos vincularnos con el gobierno de la ciudad como para tener la confirmación en ese sentido por la participación. Como hoy ya se habla del AMBA cuando en realidad nuestro ámbito de funcionamiento, el 60% de nuestros estudiantes son de provincia, como muchos de nuestros docentes, entonces el ámbito en el que nos desenvolvemos nosotros no es la ciudad de Buenos Aires, en todo caso no es solo la ciudad de Buenos Aires, es extensivo.”

28 DE JUNIO
AL 1 DE JULIO



X JORNADAS DE CLOUD COMPUTING, BIG DATA & EMERGING TOPICS

CURSOS - CONFERENCIAS - PANELES
TRABAJOS CIENTÍFICOS - EXPOSICIONES DE EMPRESAS

CLOUD COMPUTING

Cloud Application Architectures
Cloud Management and Operations
Cloud Reliability, Availability
and Usability
Cloud Security and Privacy
Big Data Processing/Mining/
Query on Cloud
Cloud based Machine/
Deep Learning
Cloud based Industrial Internet
Mobile applications and
Cloud computing

BIG DATA

Intelligent Data Processing
Big Data Analysis Search and Mining
Algorithms and Programming
Techniques for Big Data
Analysis Processing
Big Data and Deep Learning
Big Data and High Performance
Computing
Software engineering for
Cloud Computing and Big data
Energy-efficient Computing for
Big Data

HPC AND CLOUD COMPUTING

Efficient HPC algorithms on
Cloud architectures
Complex HPC models on Cloud
Failure detection and correction
on Cloud
Performance analysis for HPC
applications on Cloud
Energy consumption optimization
on Cloud
Parallel algorithms for Big Data on
Cloud architectures
Performance prediction for HPC
applications on Cloud
HPC algorithms migration to Cloud

EMERGING TOPICS

Cloud Robotics
Smart and Sustainable Cities
Bioinformatics
Internet of Everything (IoE)
Mobile - Edge - Fog - Computing
Natural Language Processing (NLP)
Blockchain-based technologies
and applications
Serverless computing

[HTTPS://JCC.INFO.UNLP.EDU.AR](https://jcc.info.unlp.edu.ar)

 @CONF_CC_BD_ET
 JCC@LIDI.INFO.UNLP.EDU.AR

ENTREGA DEL PREMIO “ESTÍMULO 2021 ING. ANTONIO ADRIÁN QUIJANO” AL ING. MARIANO ALBERTO KAPPES.

La Academia de la Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires entregó el “Premio estímulo 2021 Ing. Antonio Adrián Quijano” al Dr. Ing. Mariano Alberto Kappes. Este premio se otorga cada tres años y tiene por objeto servir de incentivo a jóvenes ingenieros argentinos, que hayan efectuado trabajos creativos y originales en cualquiera de las especialidades de la ingeniería, tanto en áreas de investigación, ingeniería de proyecto o trabajos de obra. Los candidatos deberán ser ingenieros de no más de cuarenta años de edad a la fecha de presentación, con domicilio permanente en la Provincia de Buenos Aires



Mariano Kappes es Ingeniero en Materiales (Instituto Sábató, UNSAM-CNEA) y Doctor en Ciencia e Ingeniería de Materiales (Universidad del Estado de Ohio, EEUU). Su tesis de doctorado en corrosión recibió la distinción anual Morris Cohen en 2012, otorgada por The Electrochemical Society, organización internacional con sede central en EEUU que agrupa a profesionales dedicados a la electroquímica, ciencia de estado sólido y tecnologías relacionadas. Desde el año 2014 es Investigador en Corrosión y Materiales de la Comisión Nacional de Energía Atómica, miembro de la carrera del investigador del CONICET y profesor en la Universidad Nacional de General San Martín. Lidera y colabora en proyectos de investigación y desarrollo, realiza análisis de fallas, revisiones de procedimientos, especificaciones y predicciones de mecanismos de falla, sirviendo a la industria nuclear, del gas y petróleo y siderúrgica, entre otras.

En el acto de entrega del Premio Estímulo, el Dr. Ing. Mariano Kappes brindó la conferencia "Fisuración asistida por el medio en materiales estructurales".

Link a la conferencia

<https://www.youtube.com/watch?v=ZEs5cmETrKc>

Ud. se desempeña como Investigador en temas de Corrosión y Materiales, dentro de la Comisión Nacional de Energía Atómica, es miembro de la carrera de investigador del CONICET y profesor en la Universidad Nacional de General San Martín. ¿Podría contarnos cómo nació su vocación por la Investigación y el Desarrollo?

En el último año de la secundaria, tenía claro que mi camino eran las ciencias duras. En ese momento me gustaba esa rigurosidad que las caracteriza, yo admiraba que esas verdades que promulgaban parecían existir más allá de la percepción de quien las observaba, no dejando lugar para opiniones subjetivas. Estudié ingeniería soñando con poder aplicar esas verdades en beneficio de la sociedad. Pasé por varias carreras de ingeniería, hasta encontrar ingeniería en materiales, que fue la que más me gustó y terminé en el año 2006. Donde estudié, la gran mayoría de los profesores se desempeñan como investigadores. En lo personal, a trabajar en investigación y desarrollo no llegué por una vocación innata, creería que más bien porque siempre tuve claro que necesito trabajar en un rol que requiera el pleno uso de mis capacidades. Laboralmente estoy contento cuando siento que todo lo que aprendí y sé hacer es aprovechado, y que hay desafíos que implican seguir encontrando dificultades y aprendiendo.

Trabajar en investigación y desarrollo donde estoy me lo permite. Me gusta estar en la Comisión Nacional de Energía Atómica, por sus proyectos faraónicos pasados y en ejecución, por la cantidad y calidad de excelentes profesionales con los que puedo interactuar, y porque es una institución que todos los días nos muestra que se puede hacer ciencia y tecnología de primer nivel en nuestro país, en el CONICET por la rigurosa revisión por pares periódica de mis tareas, y frente a mis alumnos de la universidad, que con sus preguntas me ayudan a aprender más.

En oportunidad de recibir el Premio Estímulo, al brindar su conferencia, mencionó y agradeció a varios de sus maestros. ¿Podría resumirnos las principales influencias que ha tenido y de qué manera éstas han impactado o colaborado en el desarrollo de su carrera profesional?

Creo que todos los que trabajamos en ciencia y tecnología compartimos esta idea de que nos paramos en hombros de gigantes. Yo tuve un excelente director de tesis de doctorado, Prof. Gerald S. Frankel, tanto por sus capacidades académicas como por haberme transmitido los valores y deberes que caracterizan al quehacer científico. Con él aprendí, además de sobre corrosión y electroquímica, por qué es importante publicar, y qué, cómo,

cuándo y dónde hacerlo. Aprendí la importancia de dar crédito a ideas y resultados de pares, y a no caer en errores como plagio o recorte de evidencia. Él dejaba en claro que no es posible el avance de la ciencia sin una cuota de trabajo voluntario, por ejemplo, como ese que realizamos cada vez que hacemos una revisión por pares de un manuscrito. Me enseñó a ver la importancia de las ideas más allá de las herramientas para comunicarlas. Recuerdo una vez que estábamos revisando un manuscrito de investigadores chinos, mientras yo me quejaba de los errores gramaticales y de la pobre redacción en inglés, el acotó, sus conocimientos de inglés superan los míos de chino, concentrémonos en las ideas.

De vuelta en Argentina, noté las dificultades que implica hacer ciencia en nuestro país. El financiamiento es más acotado, el nexo con la industria está menos aceitado, pero había alguien que había superado estas dificultades, y además era experto en daño por hidrógeno, tema estrechamente relacionado a mi tesis doctoral. El Dr. José Ovejero García, además de escribir papers, crear el grupo de Daño por Hidrógeno, presidir y fortalecer a la Sociedad Argentina de Materiales, dirigir el departamento de materiales y la carrera de ingeniería de materiales, había liderado una amplia gama de desarrollos tecnológicos en aceros, desde aquellos requeridos para fabricar rieles de ferrocarril, hasta los necesarios para fabricar en forma segura y en gran escala agua pesada (agua formada por deuterio, isotopo poco abundante del hidrógeno, utilizada en los reactores nucleares de potencia argentinos). Él logró no solo hacer ciencia, sino transformarla en tecnología y transmitirla para el beneficio de toda la sociedad. Sin autoproclamarlo puso en acción el virtuoso triángulo del Profesor Jorge Sabato, cuya épica él tantas veces analizó en numerosas charlas para inspirar y motivar a nosotros, los egresados del instituto que lleva su nombre. José nos dejó hace poco, pero su carrera y sus logros brillan como un faro en la tempestad: en momentos difíciles, me digo, si él lo logró, yo puedo seguir en el camino. Tengo

el honor de continuar parte de su legado, estoy a cargo de la materia Daño por Hidrógeno en la carrera de ingeniería de materiales, materia que el diseñó y dictó desde el comienzo de la carrera. Estoy investigando sobre la factibilidad técnica del transporte de hidrógeno gaseoso en gasoductos existentes, idea que compartió conmigo hace muchos años, y en la que tengo el gusto de trabajar con la Ing. Teresa Pérez, quien también transitó una parte de su vida profesional junto con José.

A lo largo de la charla nos mostró que dentro de la Ingeniería de Materiales Ud. se ha dedicado a aplicaciones en energía. ¿Nos puede describir la manera en que sus estudios e investigaciones se vinculan con los sistemas de energías renovables?

Lo que yo entiendo como renovable es la energía del viento, del sol, de las mareas, entre otras. Ahora bien, para transformar esta energía en formas útiles para la sociedad son necesarios dispositivos tecnológicos. Un panel solar, una turbina eólica o mareomotriz, requieren materiales, que son obtenidos de minerales extraídos de la corteza terrestres, que no son renovables. Estos materiales sufren diversos procesos de degradación en contacto con el medio, por lo tanto, la investigación y desarrollo en materiales es necesaria para maximizar el aprovechamiento y la vida útil de estos materiales no renovables, utilizados para aprovechamiento de energías renovables.

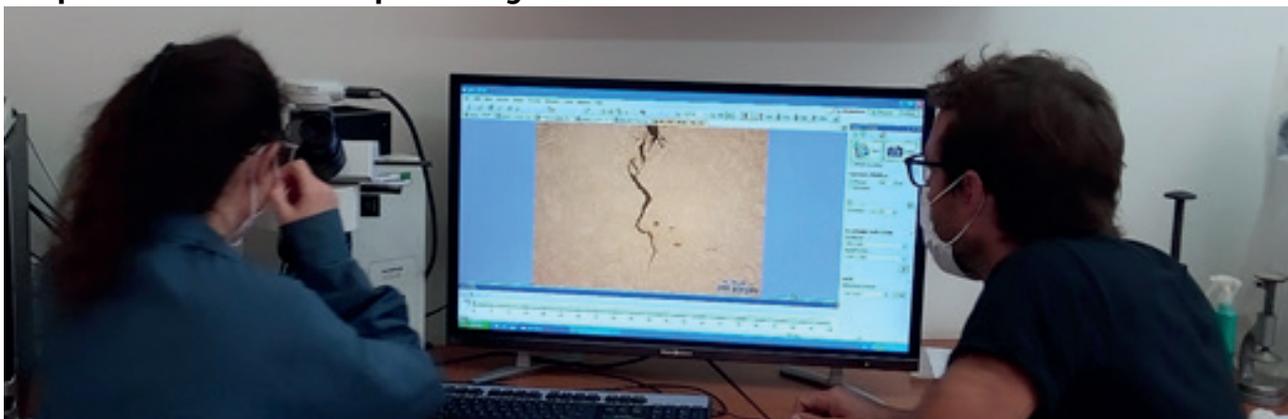
Por otro lado, es común que los mecanismos de falla que se presentan en materiales utilizados para el aprovechamiento de fuentes de energía fósiles, sean encontrados también en aplicaciones de materiales para energías renovables. Por ejemplo, en mi tesis de doctorado estudie la fisuración en cañerías expuestas a medios con ácido sulfhídrico, tema de interés para la industria del petróleo y gas. Este medio favorece el ingreso de hidrógeno al acero a partir de reacciones electroquímicas entre el metal y el medio. El hidrógeno, dentro del acero, altera sus propiedades mecánicas, haciéndole perder capaci-

dad de resistir cargas en forma segura. Este mismo mecanismo afecta la integridad de aceros utilizados para el transporte y almacenamiento del llamado "hidrógeno verde", producido a través de energías renovables y que nos puede permitir transportar y almacenar energía renovable en gran escala. En este caso, el hidrógeno ingresa al acero desde la fase gaseosa, pero una vez que se encuentra dentro del acero, el daño que genera es similar al encontrado en la industria petrolera. Es notable el número de paralelismos y similitudes que hay entre las normas ingenieriles utilizadas para la selección de aceros para medios encontrados en la industria del petróleo, y aquellas utilizadas para aceros para almacenamiento y transporte de hidrógeno gaseoso.

sus investigaciones, cuál ha sido el medio para difundir los resultados de manera que se contemplen en el diseño de nuevos sistemas (selección de materiales) y/o en la adecuación o mantenimiento de sistemas existentes (reparación y mantenimiento).

La Comisión Nacional de Energía Atómica posee una Unidad de Transferencia de Tecnología, que permite a sus tecnólogos brindar asistencia tecnológica a diversas industrias. Esta asistencia suele materializarse en informes técnicos, los cuales se entregan a los clientes acompañados de presentaciones orales que permiten explicar y discutir los hallazgos. En ciertos casos, suelen armarse ad hoc equipos multidisciplinarios para la resolución del problema, formados por especialistas en soldadura, procesos químicos,

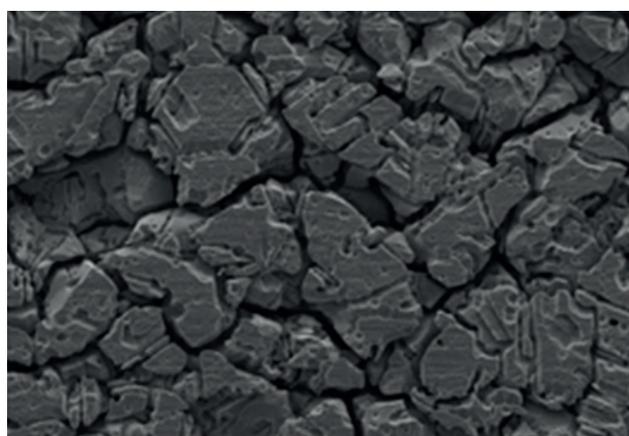
Respecto a los avances que ha logrado en



Observación de fisuras mediante microscopía óptica.



Observación de fisuras mediante microscopía óptica.



Corrosión intergranular en aleación Ni-Cr-Fe.

materiales y corrosión, entre otros. Yo tuve la satisfacción de redactar decenas de informes técnicos, ya sea en forma individual, o participando en equipos. Estos informes brindan respuestas concretas a preguntas o problemas específicos, basándose en el estado del arte. En casos muy puntuales, estas asistencias inspiraron publicaciones científicas, del tipo de revisión de la literatura, o dieron lugar a nuevos proyectos de investigación.

Ud. ha realizado su doctorado en el exterior, ¿Podría comentar su experiencia en relación a la preparación que le dio la Universidad Pública para continuar sus estudios en una Universidad de los Estados Unidos de América?

Yo estoy eternamente agradecido a la Universidad Pública, porque me permitió estudiar lo que me gusta, sin necesidad de pensar si lo podía pagar. Recuerdo que cuando llegué a Estados Unidos algo que noté inmediatamente era que los extranjeros superábamos ampliamente a los locales en posgrado, situación que se invertía cuando uno observaba las poblaciones de alumnos de grado. No me llevó mucho tiempo entender la razón detrás de esta observación, al ser las carreras de grado aranceladas en Estados Unidos, muchos de los estudiantes norteamericanos se endeudaban enormemente para pagar sus carreras de grado, por lo tanto, cuando se recibían la mayoría optaba por desempeñarse en la industria, donde los sueldos superan ampliamente a los estipendios que se pagan para realizar doctorados. De esta manera podían librarse cuanto antes de estas deudas, algunos quizás resignando una vocación. Me considero un privilegiado, no solo porque pude realizar un doctorado sin el yugo de una deuda, sino también porque la formación que me brindó me permitió aprobar sin problemas todas las materias de posgrado. Mi trabajo de seminario de ingeniería dio lugar a una publicación en revista con referato, hito que varios de mis compañeros de posgrado alcanzaron recién hacia fines del doctorado. La cultura norteamericana fue muy efecti-

va en la difusión de esta idea del “american dream”, en mi opinión las universidades públicas Argentinas son la base de nuestro “sueño Argentino”, esa esperanza de movilidad social ascendente. Conviven en sus aulas, y reciben trato igualitario, estudiantes de familias obreras, primera generación de universitarios, junto con hijos de profesionales o de empresarios. Si miramos el crecimiento en la administración y control privado de barrios, establecimientos de salud y de educación básica, la universidad pública destaca aún más como uno de esos pocos ámbitos de nuestra sociedad donde puede observarse tanta diversidad e igualdad de oportunidades. Por todo esto que expreso, es para mí un honor que mi premio lleve el nombre del Ing. Antonio Adrián Quijano, un académico que dedicó su vida profesional a la docencia, la formación de recursos humanos y la investigación en el ámbito de una universidad nacional.

HOMENAJE A UNA PERSONALIDAD DESTACADA DE LA INGENIERÍA CIVIL E HIDRÁULICA ARGENTINA

EL ING. VÍCTOR OSCAR MIGANNE

El Ing. Víctor Oscar Miganne ha sido reconocido en todos los ámbitos en los cuales desarrolló su actividad profesional, tanto en su desempeño académico como alumno (Medalla de Oro) y como docente (Profesor Emérito), como así también en la actividad profesional, reconocida por sus pares con su incorporación a la Academia Nacional de Ingeniería (ANI) y la Academia de la Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires (AcaIngPBA). Tuve la dicha de tener un trato más cercano, a partir de mi incorporación a esta última Academia en el año 2004. Siempre destacué el gran interés y pasión que demostraba en sus actividades, como así también el trato afable y respetuoso que nos brindaba. Asistió permanentemente a las reuniones de la AcaIngPBA, desarrolladas en La Plata, a pesar de residir en CABA y tener inconvenientes para trasladarse. Consideraba un destrato hacia el resto de los Académicos, si no asistía a las reuniones. Por otra parte, solía hacer comentarios enalteciendo los logros de sus colegas. Recuerdo cuando el Ing. Tomás del Carril se incorporó como Académico Correspondiente a la AcaIngPBA, el Ing. Miganne destacó la obra que realizara su estudio, en el ensanchamiento de la Avenida General Paz, donde fue necesario

retirar columnas que sostenían los puentes de las calles Zapiola y Superí, dado que entorpecían el tráfico. El Estudio del Carril-Fazio, propuso suspender, el tablero existente de hormigón pretensado, desde un nuevo puente, para demoler posteriormente las columnas que generaban interferencias con la ampliación proyectada. La anécdota a la que se refirió el Ing. Miganne fue en el momento de retirar dichas columnas, el Ing. del Carril se ubicó bajo el puente y se sacó su casco, demostrando el aval que brindaba al éxito de su obra. Lo notable de la narración de Miganne, fue el sentimiento que demostró en sus conmovedoras palabras, que enmudecieron a la audiencia.

Patricia Arnera



El Ing. Víctor Oscar Miganne realizó sus estudios secundarios en el Colegio San José de Buenos, de donde egresa como Bachiller, con medalla de oro.

También en su formación universitaria se destacó, habiendo sido considerado el mejor egresado de la promoción 1941, promedio general 9,50, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, donde obtuvo el título de Ingeniero Hidráulico e Ingeniero Civil en el término de seis años.

En la Facultad de Ingeniería de la UNLP inició su carrera en la docencia universitaria en el año 1941 en la Cátedra de Ensayo de Materiales como Ayudante Alumno Ad-honorem y luego se desempeñó en distintos cargos como auxiliar docente en asignaturas tecnológicas básicas.

En el año 1948 ingresó en la Cátedra de Hidráulica General cuyo Profesor Titular era el

Ingeniero José S. Gandolfo del cual fue discípulo. En julio de 1960 obtiene por concurso el cargo de Profesor Titular de esta materia. También fue investigador del Laboratorio "Guillermo C. Céspedes", asistente del Dto. Hidráulica, Consejero Académico, entre otras funciones desempeñadas dentro de la misma Facultad.

En octubre de 1979 se aleja de la docencia activa en la Facultad de Ingeniería de la UNLP. En el año 1982 fue designado Profesor Extraordinario en la categoría de Emérito, máximo galardón que otorga a sus Profesores la Universidad Nacional de La Plata.

El 7 de agosto de 1999, en un acto de homenaje que contó con su presencia y que fue presidido por el entonces Decano de la Facultad de Ingeniería, el Académico Ingeniero Horacio Albina, en justo reconocimiento a la labor docente desarrollada se impuso el

nombre del Profesor Víctor Oscar Miganne al aula donde impartió sus clases de "Hidráulica General".

En la Facultad de Ingeniería de la UBA ejerció la docencia en la Cátedra de Mecánica de los Fluidos donde fue sucesivamente Profesor Adjunto, Asociado y Titular. También fue varias veces Director del Departamento de Hidráulica, y Director del Departamento de Graduados, Consejero Asesor, Secretario de Postgrado, y Vicedecano. En el año 1983 fue distinguido por la UBA con la designación de Profesor Consulto.

Además de realizar su carrera docente en la UNLP y la UBA, fue Profesor en la Escuela Naval Militar entre los años 1942 y 1946.

Respecto a su actividad profesional, fue Asesor del Presidente del Directorio y Jefe de Producción de IGGAM entre 1952 y 1955. Fue miembro de los equipos técnicos de Gas del Estado en los periodos 1946-1952 y 1955-1979, llegando a ocupar diversos cargos de Subgerente y de Gerente, siendo también Asesor de la Presidencia y del Directorio.

Prácticamente participó en la construcción y el tendido de todos los gasoductos, excepto el Neuba II, y en la ampliación de decenas de redes de distribución. El primer gasoducto en el que trabajó fue Comodoro Rivadavia- Buenos Aires, donde realizó trabajos de habilitación. En 1975 Gas del Estado realizó una exposición de artefactos a gas de fabricación nacional donado por sus fabricantes en Puerto Stanley, en las Islas Malvinas. Este evento posibilitó la instalación con gas licuado del 80% de las viviendas del lugar. Sus instalaciones internas habían sido aprobadas por Gas del Estado. Ref. [1]

Respecto a su paso por Gas del Estado en el artículo de su autoría "Gas del Estado y otras instituciones nacionales en las Islas Malvinas. Siglo XX hasta 1982. ", Ref [2], señala "Desde que me correspondió participar en el accionar de Gas del Estado en las Islas Malvinas he querido dejar constancia de la tarea de esta empresa del Estado, modelo de eficacia reconocido no sólo en el país, sino

también en el extranjero según pude comprobar cuando asistí en representación de la República Argentina al Seminario de Gas Natural, convocado por Naciones Unidas, al que concurrieron más de cien especialistas de todo el mundo, en Moscú (1976). Durante todos los años transcurridos desde 1974 –inicio de los trabajos– he acumulado documentación que, por su extensión, es imposible publicar, pero que tiene mucho valor histórico. Por eso en la descripción que se leerá más adelante, cuando así corresponda, se indicará: "anexo", que contendrá la documentación existente. Esos anexos estarán disponibles en dos copias: una en la Biblioteca de la IAPG y otra en la Academia Nacional de la Historia donde se podrán consultar"...

El Ing. Miganne se desempeñó como Gerente de Asuntos Internacionales de la empresa Gas del Estado. En su gestión apoyó el accionar de las diferentes comisiones que viajaron a las Islas Malvinas hasta concretarse la inauguración del servicio de GLP en cilindros de 45 kg de C3, en 1975 y a partir de 10 de noviembre de 1981 se entregaba gas licuado en garrafas de 10 kg. El transporte del gas licuado en cilindros y garrafas estuvo a cargo de Transportes Navales que además se encargaba de transportar mercadería diversa requerida por los habitantes locales, principalmente alimentos.

Ha sido un entusiasta defensor de las acciones desarrolladas por Gas del Estado en el archipiélago de las Malvinas, difundió en diversos ámbitos, las obras realizadas por el personal de la empresa durante el período 1974-1982,

En su paso por YPF entre los años 1979 y 1986 se desempeñó como Asesor del Presidente.

Como merecido reconocimiento a su excelente trayectoria en la docencia universitaria y en el quehacer profesional el Ingeniero Víctor Oscar Miganne fue incorporado como Miembro de la Academia Nacional de Ingeniería en el año 1983 y como Miembro de la Academia de la Ingeniería de la Provincia de

Buenos Aires en el año 1998.

En el año 2004 la Academia de la Ingeniería de la Provincia de Buenos Aires instituyó el Premio Consagración que se otorga bienalmente con el objeto de distinguir y reconocer el trabajo de aquellos ingenieros que hayan desarrollado una labor de excepcional mérito para el progreso del país y de su especialidad, ya sea en el campo profesional, en el de la ciencia y la tecnología, o en la docencia universitaria. En sus sucesivas ediciones, este premio ha llevado el nombre de muy destacados Miembros de esta Academia ya fallecidos.

En la edición del año 2011, se estableció que el Premio Consagración, tendría el nombre del Ingeniero Víctor Oscar Miganne. Fué reconocido con este premio el Ing. Arturo Juan Bignoli, quien a su vez era Presidente de la Academia Nacional de Ingeniería. En oportunidad de recibir el premio el Ing. Bignoli brindó la conferencia "Ser Ingeniero".

Y como un aspecto sobresaliente de las características humanas y técnicas del Ingeniero Víctor Oscar Miganne debemos mencionar que es reconocido por sus alumnos y sus discípulos como Maestro de Ingenieros. Resulta una ardua tarea definir que valores caracterizan a un Maestro de Ingenieros porque requiere ponderar una serie de atributos y cualidades que van más allá de aquellas que caracterizan a un buen profesor de ingeniería.

De un modo simple podemos afirmar que un Maestro de Ingenieros es aquel que además de impartir los conocimientos técnicos necesarios para el ejercicio profesional, muestra desde su cátedra y con su ejemplo de vida como esos conocimientos deben ser utilizados privilegiando el bien común.

Lamentablemente, el 16 de setiembre de 2010, fallece el Ingeniero Víctor Oscar Miganne dejando a quienes tuvimos el honor de conocerlo, un imborrable recuerdo de un maestro apasionado de la ingeniería.

Referencias:

1) *Historia de vida: Víctor Oscar Miganne. "La enseñanza fue y sigue siendo una de las grandes pasiones de mi vida". Revista Petrotecnia, diciembre 2006.*

2) *Gas del Estado y otras instituciones nacionales en las Islas Malvinas. Siglo XX hasta 1982. Por Víctor Oscar Miganne. Revista Petrotecnia, octubre 2007.*

EL CANAL TRONCAL DE NAVEGACIÓN FLUVIOMARÍTIMO ARGENTINO: HIDROVÍA

ING. CIVIL RODOLFO JOSÉ ROCCA



INTRODUCCIÓN

Con motivo del vencimiento del contrato de concesión de obra pública por peaje para las tareas de dragado y balizamiento del Río Paraná/Río de La Plata en el Tramo Santa Fé al Océano, y la necesidad de dar continuidad a dichas tareas por un próximo período, ha tomado en estos tiempos un especial interés el tratamiento del tema en los diversos ámbitos de gestión, tanto técnicos, económicos y ambientales como así también políticos con participación en las esferas parlamentarias, habida cuenta de las consecuencias que una obra de infraestructura genera en las economías regionales y nacionales como particularmente en el comercio exterior argentino.

Se intenta en este trabajo presentar un enfoque actualizado de las circunstancias en las que se pretende realizar una nueva contratación, señalando los múltiples efectos positivos que ha significado garantizar una vía navegable adecuada a las crecientes y modernas embarcaciones que ingresan al sistema de aguas restringidas del Río de La Plata y Paraná en condiciones seguras y eficientes, sobre todo para los puertos y terminales portuarias localizadas en el extremo de la vía navegable; así como el riesgo que se corre para los puertos del AMBA, de seguir restringidos a una profundización mayor sin poder ofrecer a los nuevas generaciones de embarcaciones contenerizadas, condiciones competitivas con el puerto de Montevideo (ROU 42 pies) y Río Grande (Br 45 pies) para las próximas décadas. En este sentido se puntualizan los profundos cambios que significaron haber abandonado la idea de construir un único puerto de aguas profundas en el Atlántico, para tomar la decisión de dragar y mantener la profundidad en la vía navegable para buques del tipo Pánamax en una condición inicial de 32 pies y luego 34 pies de determinante, lo que en conjunto con la nueva Ley de actividades portuarias, dio origen en las últimas dos décadas, a la creación de decenas de terminales portuarias especializadas, básicamente destinadas al negocio de los agro graneles, con importantes inversio-

nes privadas en el Paraná Inferior y que hoy representan los ingresos más importantes en divisas del comercio exterior argentino.

Asimismo se señalan los desafíos que representan el continuo crecimiento de las embarcaciones que prestan servicios internacionales para la carga contenerizada en los Puertos del Río de La Plata, y que concretamente han sido consecuencia de la puesta en servicio en el 2015 de la ampliación del canal de Panamá, para y hasta una serie de buques denominados ahora New Panamax (366 x 51x 15), y que obviamente levanta la vara de exigencia para las infraestructuras de los puertos del AMBA y sus accesibilidades náuticas.

Finalmente, con este contexto, se expone una propuesta para la nueva contratación que contempla lo que denominamos desde nuestra visión “reformas de segunda generación” en las que se considera una lógica de profundización escalonada para la vía navegable en función de la mayor penetración al sistema, otorgando una solución más adecuada en términos de una razonable sustentabilidad ambiental y un nivel de competitividad técnico-económica para los buques en los distintos tramos.

ANTECEDENTES

El río Paraná desemboca en el estuario del Plata en forma de delta, en la que se destacan un brazo principal que es conocido como “Guazú” y que conforma la línea divisoria política entre las Provincias de Buenos Aires y Entre Ríos, y otro brazo de menor caudal denominado “de las Palmas” que se encuentra en la Provincia de Buenos Aires y que tuvo y tiene aún hoy como ventaja en su ribera sur este la facilidad de su accesibilidad terrestre continental.

La lógica consecuencia de la llegada de las aguas con una importante cantidad de sólidos en suspensión al estuario de Río de La Plata en donde su velocidad de desplazamiento disminuye notablemente, hace que se produzca una importante deposición de sedimentos en esas zonas de transición. Este



Fig. 1 Canal proyectado por el Ing. Emilio Mitre



Fig. 2 Canales navegables actuales Rde LP

problema ha sido objeto de análisis desde hace décadas, tal vez uno de los primeros en poner de relieve la situación fue el Ingeniero Emilio Mitre y Vedia en el año 1893 quien propone la construcción del denominado entonces “Canal lateral del Río de La Plata” tal como se observa en la Fig. 1 como solución para atravesar esa barra de sedimentos, llegar con profundidad de época hasta Rosario y también permitir disminuir la distancia de navegación a los puertos de Campana y Zárate en lugar de tener que optar por la travesía por Martín García y Paraná Guazú (Fig. 2) luego navegar hasta San Pedro y bajar por el Paraná de Las Palmas a Zárate/Campana, (diferencia de 80 km a 300 km).

El Ministerio de Obras públicas de la Nación a través de la Dirección de Puertos y Vías Navegables, ha sido durante muchas décadas el responsable de múltiples campañas de dragado de apertura y mantenimiento de los canales del Río de La Plata y el Paraná por ambos derroteros, como así también ha sido el constructor de su correspondiente señalización. Una de sus más importantes realizaciones ha sido la ejecución, en la década del setenta, del canal costanero denominado “Emilio Mitre”, que permitió obtener una ruta navegable, rectificando el tramo final del Paraná de La Palmas, lo que significó un movimiento de suelos de arena, limo y arcilla de 60 millones de m³ de material dragado. Una importante cantidad de ese material fue re-

fulado a las costas de la ciudad de Buenos Aires dando origen a la actual Reserva Ecológica Costanera Sur de aproximadamente 350 hectáreas. Figura 4

Con posterioridad, y a pesar de haber adquirido el Estado Nacional un moderno equipamiento de dragado, lamentablemente no se pudo mantener la citada condición determinante en el tiempo, llegando a producirse en determinados momentos, condiciones críticas para la navegación

En los noventa, con el amparo de la reforma del Estado Nacional, se transfirieron a las Provincias el dominio, la administración y la explotación de los principales puertos públicos, se dispuso la desregulación de los servicios portuarios de estiba, pilotaje y practica, remolques y amarres, y se autorizó la construcción de puertos privados por parte de los particulares. Para la vía navegable se decidió licitar y otorgar con la figura de régimen de concesión de obra pública, con ingresos al concedente provenientes de aportes presupuestarios del Estado Nacional (40 M U\$S/anuales) y con más una tarifa de peaje a los armadores (0,98 U\$S/TRN), las tareas de dragado de apertura y mantenimiento a 32 pies y balizamiento de la vía navegable, por un período de 10 años a partir de 1995, desde Santa Fé hasta las aguas profundas naturales del Río de La Plata, por el canal Emilio Mitre, en una longitud aproximada total de 800 km. Figura 5



250. BUENOS AIRES. AV. COSTANERA.

Fig. 3 Avda. Costanera Foto histórica



Fig.4 Reserva Ecológica CS

Con posterioridad, en el año 2001, en virtud de la crisis económica nacional se suspendió el aporte del Estado Nacional y se compensaron los ingresos a la concedente con aumento en las tarifas a las embarcaciones (1,65 U\$S/TRN), por lo que a partir de esa fecha y hasta el presente la obra es financiada exclusivamente por las navieras, a través de sus agentes marítimos, quienes abonan directamente a la concesionaria.

En el año 2010 se aprueba una carta de entendimiento por la cual se extiende nuevamente el período de concesión, se aprueba la profundización en la condición de 34 pies, se extiende el canal 30 km hasta aguas profundas naturales en el Río de La Plata para la nueva condición determinante, se adecúa el coeficiente multiplicador tarifario a 2,25 U\$S/

TRN y se amplía el contrato desde Santa Fé (Km 584) hasta Confluencia (Corrientes Capital km 1238) conocido vulgarmente como tramo barcacero en la condición de 10 pies. Finalmente en el año 2014 se realiza una nueva redeterminación tarifaria, elevándose el coeficiente a 3,06 U\$S/TRN, basada en el mantenimiento de la ecuación económica que garantizaba una Tasa Interna de Retorno del proyecto acordada. Con esta última actualización se incrementaron los ingresos unitarios de dragado en un 212% respecto a los iniciales del contrato en dólares. A esto debe agregarse, además, el incremento en los ingresos a la concedente por el mayor TRN de las embarcaciones que se ha producido en el período y la aparición de nuevos tráficos en el sistema. Fig. 6



Fig. 5 Canal Troncal de Navegación 1995



Fig.6 Facturación y volúmenes de dragado anual

No obstante, las críticas que se puede realizar a estos incrementos tarifarios. cabe señalar también que la contratista Hidrovía SA cumplió con los objetivos del contrato: 1) garantizar crecientes condiciones de profundizaciones de las vías navegables a cargo de la empresa belga Jan de Nul, sobre todo en épocas como la actual con bajantes extraordinarias que hacen crítica la determinante en determinados pasos del Paraná, y 2) cumplir con los estándares internacionales IALA en cuanto a las tareas de construcción y mantenimiento de la señalización y su nivel de encendido en condiciones razonables.

LAS CONSECUENCIAS DE GARANTIZAR LA PROFUNDIDAD DE LA VÍA NAVEGABLE

Abandonada la idea de construir el “Puerto de aguas profundas” en Punta Médanos, o en otras diversas localizaciones propuestas (el banco Rouen, el banco Inglés, Punta Piedras, Berisso, etc.), se decidió en cambio, con singular éxito, profundizar la vía navegable hasta el interior profundo de la pampa húmeda: San Lorenzo, Provincia de Santa Fé; y eso produjo importantes cambios en el sector portuario que analizamos a continuación.

En el AMBA

1.- Se desafecta de la actividad portuaria a Puerto Madero creando una Sociedad Anónima de propiedad estatal denominada Corporación Antiguo Puerto Madero, integrada por

el Estado Nacional y el Gobierno de la ciudad de Buenos Aires, con el objetivo específico de urbanizar un área de 170 hectáreas, transformándolo en un exclusivo centro residencial, gastronómico y de negocios, que ha merecido la distinción y reconocimiento internacionales por la reconversión integral del área y el manejo de la relación puerto-ciudad.

Fig. 7 y Fig. 8

2.- Se transfiere el Puerto del Dock Sud a la Provincia de Buenos Aires, el que hoy es administrado por un Ente de derecho público no estatal en la figura de Consorcio de Gestión con la participación en la dirección por parte del estado provincial y municipal, sectores privados y gremiales del sector.

3.- Se transfiere a grupos privados la gestión de la operatoria portuaria inicialmente en seis terminales, con participación obligada de empresas de estiba o de logística nacionales. En la actualidad operan tres terminales (Terminales Río de La Plata del Grupo Dubai Port; Terminal APM del Grupo danés Maersk, BACTSSA del Grupo Hutchinson) que tienen los plazos de concesión próximos a vencer.

4.- Se consolida el tráfico de cruceros y se construye la terminal Benito Quinquela Martín para atención específica a pasajeros, aunque no se le otorga sitios de operación exclusivos

Fig 9



Fig. 7 Silos agrícolas en Puerto Madero



Fig.8 Reconversión puerto/ciudad



Fig. 9 Cruceros en área de contenedores

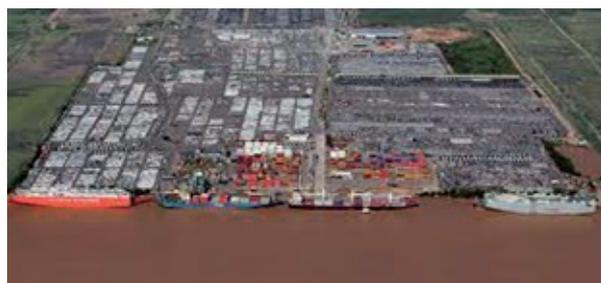


Fig.10 Terminal Zárate

5.- Se construyen diversos puertos privados (o de los particulares) en el Paraná inferior (Zárate y Campana) que atienden no solo carga propia de sus operaciones industriales algunos, sino también otros atienden carga de terceros: contenerizada y rodante, beneficiados por su mejor conectividad vial. Fig. 10.-

6.- Las terminales del puerto de Buenos Aires cambian el modelo de gestión operativa, se realizan inversiones en equipamiento para el movimiento de contenedores, en acondicionamiento de superficies dedicadas a plazuelas de estiba y en tecnología de información asociadas a las cargas.

7.- Con otro régimen de concesión, en el Puerto de Dock Sud la terminal Exolgan SA realiza importantes inversiones tanto en equipamiento como en infraestructura muelles y retro áreas de servicio. Fig. 11

8.- Por su parte, en el puerto La Plata se cons-

truye a nuevo la terminal Tecplata especializada. Lamentablemente las condiciones de operatividad son reducidas respecto a su capacidad instalada. Fig. 12

9.- Los puertos del AMBA vuelcan sus objetivos a la carga contenerizada, la que está directamente influenciada por el crecimiento del PBI nacional y por las políticas de “apertura” o no, al comercio exterior. Una década sin crecimiento en el PBI y señales erráticas con los mercados internacionales dan como consecuencia que el puerto de Buenos Aires haya pasado de la 2da posición en el movimiento de contenedores en Latinoamérica al puesto 11 (previo a la Pandemia)

10.- Por su parte, las navieras internacionales de contenedores se organizan mundialmente para prestar servicios de línea en forma asociada, con buques cada vez de mayores dimensiones, donde tal vez la restricción impuesta por el nuevo canal de



Fig. 11 Terminal Exolgan en el PDS



Fig.12 Terminal Tecplata en PLP



Fig. 13 Buque portacontenedores 366 x 50



Fig.14 Terminal de Metaneros en Escobar

Panamá sea un límite a alcanzar (E 366, M 50, C 15) Fig. 13 y esto trae como necesidad para las instalaciones portuarias mayores profundidades, mayores espacios de plazoleta de estiba, regímenes pulsatorios para la operatividad y mayores dimensiones geométricas de los canales de navegación y las zonas de maniobra.

En el Paraná y el AMGRO

1.- Garantizar el mantenimiento de las profundidades y el balizamiento en toda la vía navegable para que buques de ultramar puedan acceder a las zonas de mayor producción, trajo como consecuencia un ahorro sustancial en los costos de transportes de carga de grandes volúmenes, los que unidos a las nuevas tecnologías aplicadas en el agro: la siembra directa, la nueva genética para las semillas, el control de malezas y plagas, la aplicación de fertilizantes o nutrientes, etc. dan como resultado una extensión notable de la frontera agrícola y mayores rendimientos en la producción.

2.- La posibilidad de más que duplicar el tonelaje embarcado promedio por buque, de 22.000 tn/buque a 47.000 tn/buque en el Rosafe incentivó a la construcción ininterrumpida de una gran cantidad de terminales privadas, del orden de 20, de capitales nacionales e internacionales, sociedades anónimas y cooperativas, que representaron una inversión de 10.000 millones de dó-

lares en instalaciones portuarias y plantas de recepción y acopio. Fig. 15

3.- Para el mismo periodo considerado, se cuadruplica el agregado de valor a la producción de granos con las nuevas instalaciones de molienda o crushing de oleaginosas, soja y girasol, para la producción de harinas proteicas para alimentación animal y el consumo de aceites para alimentación humana.

4.- El aumento en los precios del petróleo y la búsqueda de energías alternativas renovables promovieron el desarrollo de los biocombustibles, bioetanol a partir de la caña de azúcar para los productos livianos y del biodiesel para los pesados en donde se construyen alrededor de 40 plantas de elaboración en el interior, muchas de ellas en la zona núcleo con la soja como materia prima.

5.- La ubicación privilegiada y estratégica dada por el "escalón" de profundidades determinantes de la vía navegable, así como la instalación de las plantas industriales de crushing favorecieron la realización de operaciones de alije y/o trasbordo de materia prima provenientes del norte argentino y también de países limítrofes, Paraguay, Bolivia y Brasil en convoyes de barcazas y remolcadores de empuje.

6.- El puerto de Rosario consolida también la operatividad regular de cargas distintas a



Fig. 15 Terminales de granos en SF



Fig.16 Participación en las expo: 47,3 %

los graneles líquidos y sólidos a través de la terminal concesionada en muelles públicos que opera carga general, de proyecto, rodante y contenerizada, dando respuesta a las necesidades de las economías regionales tanto para la exportación como la importación.

7.- Las ventajas de los puertos y las terminales se potencian con tarifas de peajes para el uso de la vía navegable troncal que están por debajo de los costos del servicio prestado, y por la condición particular de sus implantaciones adyacentes al canal que no necesitan tareas dragados de mantenimiento para sus accesos locales como los puertos del Río de La Plata

8.- El Río Paraná inferior presenta profundidades naturales para la condición de 34 pies en su mayor longitud. Solamente se requieren tareas de dragado en pasos o tramos bien definidos y conocidos, en zonas de curvas, en necesidades crecientes para ciertos lugares de establecer zonas de espera o radas locales, cruces y áreas de maniobra

9.- Las condicionantes principales para la determinante de la profundidad ha sido, es y será los esfuerzos de dragado que requiere el Canal Emilio Mitre (42% del total)

10.- Lo señalado en el punto anterior marca el principal problema desde el punto de vista económico por los esfuerzos necesarios

de dragado a aplicar en la zona y las consecuentes limitaciones ambientales que dicha práctica ocasiona.

LA PROPUESTA PARA EL FUTURO:

Proponer un modelo de concesión de tareas de dragado y balizamiento considerando un desarrollo sustentable desde los puntos de vista técnico, económico y ambiental mediante un sistema de contratación al sector privado financiado a través del peaje a riesgo empresario y sin aval del Estado Nacional, sin fijar condición de tráfico mínimo garantizado de la navegación y/o eventos medioambientales extraordinarios, por un plazo máximo de 15 años Para su condición final se propone un sistema escalonado de profundidades máximas a obtener, logrando un equilibrio razonable de las tres variables enunciadas.

En función de lo explicitado en el punto anterior se proponen entonces la realización de tres licitaciones independientes para la realización conjunta de tareas de dragado y balizamiento, de acuerdo con el siguiente esquema: Tramo Rio de La Plata hasta lograr 45 pies de profundidad con buques de diseño 366 de eslora por 51 de manga , Tramo Parana inferior hasta lograr 38 pies de profundidad con buques de diseño de 245 metros de eslora y 38 metros de manga, y tramo Paraná medio hasta Confluencia para asegurar 12 pies para trenes de barcazas de hasta 5 x 4 módulos.

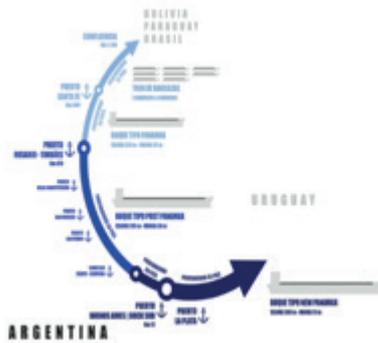


Fig. 17: Propuesta de "escalonamiento" Barcaza - Post Panamax- New Panamax

Consecuentemente con los buques de diseño para cada tramo se deberán determinar los anchos de solera necesarios que indican las normativas internacionales PIANC en función del buque de diseño y las variables de cada sector.

Se deben incluir en los tramos a concesionar el mantenimiento de trazas alternativas existentes, Guazu – Talavera como opción al Mitre y la del canal Magdalena como opción al Punta Indio, para lograr a futuro formalizar una doble vía en el Río de La Plata reduciendo demoras y brindando mayor seguridad a la navegación.

Promover la incorporación de mejoras en las infraestructuras y facilidades de embarque en la costa bonaerense para traslado de tripulantes, prácticos, víveres, repuestos, y el abastecimiento en general al nuevo ingreso por el Canal de la Magdalena en la zona Beta.

Reconocer en los Pliegos de Bases y Condiciones la competencia de las Agencias Ambientales Provinciales para la obtención de la Declaratoria de Impacto Ambiental de la

obra en las distintas jurisdicciones del Sistema Troncal de Navegación, en atención a ser facultades no delegadas de las Provincias a la Nación, y cumplir en consecuencia con el Plan de Gestión Ambiental que las mismas dispongan.

Implementar en la totalidad de los Tramos A, B y C un Sistema de Gestión Inteligente de la Información "on line" de libre acceso, que permita conocer el estado de situación de los canales de navegación, volúmenes dragados por tramo y período, estado de funcionamiento de balizas, como también condiciones meteorológicas e hidrodinámicas de estaciones de los concesionarios.

A los efectos de garantizar la competitividad entre los puertos se deben eliminar los subsidios cruzados en el cuerpo tarifario a crear, de modo de que la tarifa a aplicar a las navieras sea justa y equitativa, y que tenga relación con los servicios efectivamente prestados en cada Tramo y Sub Tramo, tal como lo expresa la Ley de Actividades Portuarias 24.093.

A tales efectos, se deberán proponer nuevos

coeficientes tarifarios por Tramo y Sub Tramo, según sea el puerto de origen y destino en la vía navegable con orden creciente en función de los diversos tramos recorridos y proporcionales a las efectivas tareas regulares promedio de dragado que se ejecutan en cada tramo.

Finalmente se deberá constituir un Organismo de Control de las Concesiones, independiente del Concedente, cuya función será la de auditar externamente el correcto cumplimiento de los contratos de concesión de los tres tramos y arbitrar en la resolución de controversias que pudieran surgir en el período que duren los mismos.

CONCLUSIÓN

Este documento trata de resaltar los efectos positivos que tuvo durante dos décadas haber ofrecido a los buques una vía navegable en condiciones operativas confiable, sobre todo, para los tramos en donde la misma penetra hasta la zona núcleo de la producción granaria, haciendo competitivo a nivel internacional el comercio de los commodities, entre otras cosas por la reducción de los costos de transporte.

Ahora bien, la limitante económica y ambiental del paso crítico del sistema situado en el Canal Emilio Mitre pone un límite a la reprofundización a futuro que no debe trasladarse arbitrariamente a las implantaciones portuarias aguas abajo del Río de La Plata.

Los puertos del AMBA tienen la necesidad de ser competitivos con los de la región proyectando sus instalaciones para poder atender con seguridad a los buques New Panamax que ya hoy están ingresando al estuario con solamente un 25% de la carga, por la limitante de calado entre otras cosas. Mantener la condición actual para los próximos 15 años es retroceder e imponer un sobre costo por los trasbordos a nuestros productos de impto y expo.

El escalonamiento de profundidades en la vía navegable propuesto resuelve esta limi-

tante sin desequilibrar la ecuación económica principal y manteniendo la sustentabilidad ambiental para la obra. Mantener las condiciones actuales del contrato de concesión significa someter a los puertos públicos del Río de La Plata a una doble condena injusta y arbitraria que consiste en dar continuidad a los subsidios cruzados actuales de los puertos públicos en favor de las terminales privadas por los servicios prestados, y a impedir las legítimas ambiciones de competir con mejores niveles de infraestructura por los próximos 15 años para las navieras que prestan servicios en la costa este de Sudamérica.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Roundtable on container port system of the future. April 2017. SSPyVN 5 Papers. International Transport Forum (ITF/OECD)
- 2.- Sanchez, J Ricardo ; Eliana Palma Barleta Y Lara Mautfer., Reflexiones sobre el futuro de los puertos de contenedores. Publicaciones de Naciones Unidas. 2017
- 3.-Presente y futuro del transporte por la Hidrovía Paraguay-Paraná. Perspectivas económicas de su ampliación. Fundación Instituto de Desarrollo Regional de Rosario. 2018
- 4.- Plan Maestro de Infraestructuras del Puerto Buenos Aires. AGP. 2019
- 5.- Informe Final de la Vía Navegable Troncal: Tramo Santa Fé-Océano, y tramo Santa Fé-Confluencia. Junio 2020. Latinoconsult



**INGENIEROS DEL
FUTURO**



SERGIO GABRIEL BONAVENTO

INGENIERÍA EN INFORMÁTICA –
UNIVERSIDAD NACIONAL
DE LA MATANZA

Mi nombre es Sergio Gabriel Bonavento, cuento con 34 años de edad y soy un orgulloso egresado de la Universidad Nacional de La Matanza, en la carrera de Ingeniería en Informática, finalizando mis estudios en Febrero de 2021, en plena pandemia; siendo un logro personal que he disfrutado junto a mi madre, docente de “las de antes” como a ella le gusta autodenominarse, que me supo acompañar durante todo el trayecto Universitario.

Dentro de la carrera tuve que saber acomodar la pasión por fútbol, tanto por acompañar al club que heredé de mi abuelo, como el practicarle conjunto con amigos para salir de las presiones de la cotidianeidad; conjunto con el trabajo que me acompañó durante todo el camino, debido a las necesidades que se suscitaban en mi hogar para aquél entonces. Hoy por hoy, me toca ser parte del staff de la Delegación de Tecnología Informática de La Matanza, para la Corte Suprema de la Provincia de Buenos Aires; además de estando dando mis primeros pasos en la Docencia, que es un gusto que me acompaña desde muy pequeño por haberlo tenido siempre en mi entorno. Y a la par, estamos buscando un sueño con cuatro compañeros (y amigos) con los cuáles cursamos el Proyecto Final de Carrera; con quienes hemos montando una empresa en la cual nos dedicamos a desarrollar soluciones de ingeniería (mayormente

software) y dónde disfruto de poder aplicar todos los conocimientos adquiridos durante mi formación.

Este emprendimiento, es realmente una motivación enorme todos los días, para continuar con el crecimiento académico/profesional, debido a que la industria a la cual nos dedicamos es muy diversa y por sobre todas las cosas avanza a pasos muy veloces, que obligan a estar en constante capacitación. Tal es así, que durante el año pasado decidí realizar un curso de Posgrado en Gestión de Proyectos (en la UTN) y seguramente, complementemente con algún otro curso durante este año también. Una vez afianzado el emprendimiento, que hoy por hoy se ha conformado en el “gran objetivo” de mi vida, mi intención es continuar los estudios de posgrados, ya sea con un doctorado o un magister, veremos que depara el futuro.

Mi elección de la rama informática, se debió al gusto desarrollado por la programación en las materias que tuve en la escuela secundaria (dónde me gradué como Técnico Electrónico), pero irónicamente, terminó siendo la “parte” que más relegué en épocas de estudio por encontrar otras cosas que me han generado muchísimo más interés. Sinceramente, cuando comencé, no sabía si sería capaz de terminar la carrera debido al contexto socioeconómico el cual atravesaba,

pero con constancia, dedicación y sacrificio, pude encontrar la manera de acomodar la vida para disfrutar cada momento, sin privarme de nada y consiguiendo el objetivo final. Estaré por siempre inmensamente agradecido a la Universidad, por la formación, no solamente académicamente hablando, sino en toda arista que quién lea estas líneas pueda imaginar. Destacando, que dentro de mi Universidad, tanto todo aquél involucrado, como cada docente que me ha tocado disfrutar, siempre priorizó mi bienestar como persona, ante cualquier otro tipo de situación, que es un hecho que se valora mucho y va en contra de los prejuicios obtenidos previamente al ingreso a una institución de educación superior. No tengo dudas, que si no fuera por algunas personas puntuales que me he cruzado en las aulas (docentes y compañeros), no hubiera sido posible conseguir convertirme en un profesional.

Aún recuerdo mi comienzo, con timidez contra un costado en el aula, viajando en colectivo, algunas veces sin dinero para poder hacerlo y contraponerlo con mi realidad al día de hoy, gracias a la Universidad, es realmente un orgullo, no solamente para mí, sino para toda mi familia, de la cual, soy el primero que consiguió un título Universitario. Hoy me toca representar a mi propia empresa teniendo la posibilidad de dialogar con grandes profesionales y docentes, disfrutando de cada día como profesional de mi vida, que es algo a lo cual aspiraba en el momento de comenzar mis estudios.

Con respecto al plan de estudios, considero que debería ser más frecuente la actualización de los contenidos, debido al dinamismo y a los cambios constantes que se dan en las carreras tecnológicas. También, considero que en aspectos legales y habilidades blandas deberían agrandarse los esfuerzos. Es cierto, que este comentario, se centra más que nada en mi experiencia como emprendedor que es allí dónde me encontré con estas falencias.

Como cierre para estas breves líneas, quiero dejar un mensaje para aquella persona que

se tome el tiempo de leer este relato. Cualquier cosa es posible, si uno está convencido y realmente su vocación se centra en ello.

MAXIMILIANO BENCHIMOL

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA –
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
NACIONAL / REG. BUENOS AIRES



Soy Maximiliano Benchimol tengo 32 años, estudiante de la de la carrera Ingeniería en Electrónica de la Universidad Tecnológica Nacional, actualmente vivo en la ciudad de Buenos Aires, me quedan solo cuatro exámenes finales para recibirme y mis hobbies son jugar al futbol, hacer natación, tomar clases de yoga e ir a correr.

Mi motivación para estudiar la especialidad de ingeniería fue tratar de llegar a estudiar robótica en mis primeros años, después fueron cambiando las situaciones, comencé a darme cuenta que me gustaba la programación y un poco el control más finalizando la carrera.

El trabajo ideal que me gustaría cuando egrese sería aplicar lo que hoy en día es IoT (Internet de las Cosas), en el registro de variables y como interpretar las mismas para que se puedan mejorar.

Actualmente estoy trabajando en la parte de Sistemas de Archivos de la Base de datos de alumnos de la universidad.

Lo que me lleve de la universidad es mucha gente que tiene demasiado conocimiento y me ayudó a aprender la carrera, fui teniendo dificultades porque yo no viene de una escuela técnica, vengo de una escuela bachiller, tuve demasiada matemática al principio y eso a mi me resultó dificultoso pero una vez que pude pasar esos primeros años en la facultad y poder entrar en el mundo de la electrónica me motive más.

Actualmente después de haber pasado todas las materias lo que yo propondría es una modificación en el plan de estudios donde trataría que el último año de la carrera sea más segmentado a lo que uno quiere elegir porque actualmente nos piden que sepamos muchas disciplinas antes de recibirnos, en este caso la electrónica es muy diversa y cada materia del último año es un mundo, por ejemplo sistema de control que tiene un montón de aplicaciones se podría enfocar más en aplicaciones de ese tipo, en electrónica de potencia también es otro mundo, digitales técnicas otro, son todas materias que requieren un análisis mas profundo y no solamente un análisis por arriba, son materias muy pesadas por las cuales el último año de la carrera termina durando dos o tres años y debería durar un año.

JOSEFINA TORREANI

INGENIERÍA QUÍMICA –
UNIVERSIDAD NACIONAL
DE MAR DEL PLATA.



Soy Josefina Torreani, tengo 24 años y estoy cursando la última materia de la carrera Ingeniería Química en la Universidad Nacional de Mar del Plata y me falta rendir el examen de suficiencia de inglés.

Juego al hockey en Sporting Club desde los 5 años. Tengo 4 hermanos y vivo junto a 2 de ellos y mis padres en Mar del Plata.

¿Cuál fue su motivación para estudiar la especialidad de Ingeniería que finalmente eligió? ¿Cuáles expectativas tenía al iniciar los estudios?

El principal motivo por el cual elegí la especialidad que estoy estudiando es porque es una carrera que te permite tener una formación general en el ámbito ingenieril y principalmente se centra en las áreas operativas, de control y diseño de procesos, lo cual me interesa demasiado. Además, cuando estaba en la secundaria siempre me gustaron las materias relacionadas con las ciencias exactas, como las matemáticas y la química. Al iniciar mis estudios, tenía muchas expectativas ya que conocía a varias personas que estaban estudiando la misma carrera en la misma universidad, y siempre tenía buenos comentarios, aunque todos me decían que iba a tener que dedicarle mucho tiempo. En un principio me inclinaba más por la Ingeniería en Alimentos, pero al hablar

con ciertos profesionales me recomendaron seguir Ingeniería Química ya que es una carrera más amplia y te permite mayor salida laboral en el ámbito industrial.

¿Qué tipo de actividad/trabajo desearía desarrollar cuando egrese? ¿Cuál sería la actividad/trabajo que cree que va a realizar cuando egrese?

Me gustaría trabajar en una empresa multinacional que me permita desarrollar nuevos desafíos e incorporar nuevas habilidades para poder continuar con mi formación laboral. Además, en una empresa de esa índole podría relacionarme con otras personas de diversas áreas y lograr una integración multidisciplinaria.

Actualmente, estoy aplicando para varios Programas de Jóvenes Profesionales que te permiten lograr un primer acercamiento al entorno laboral en una industria, lo cual es muy enriquecedor y además te da la posibilidad de crecer profesionalmente. Me interesa trabajar en las áreas de Supply Chain, control de la calidad y de procesos, diseño de procesos, entre otras.

¿Qué aspecto quisiera destacar de su recorrido en la Facultad/Universidad? (Aspectos positivos y dificultades). ¿Qué propondría respecto del plan de estudios de su carrera?

A lo largo de mi recorrido por la Universidad tuve muchas herramientas que me permitieron llegar hasta donde estoy hoy en día. Principalmente, quiero destacar el trato de los profesores para con los alumnos, específicamente en los últimos años de cursada ya que a medida que avanza la carrera son menos los que continúan cursando tu especialidad y, los profesores y alumnos tienen un contacto más directo. Gracias a la FI UN-MdP pude conocer a bastantes personas, que hoy considero amigos, que me acompañaron en todos estos años de estudio y sirvieron como motor para continuar con mi carrera.

Respecto al plan de estudios, yo creo que hay algunas materias en los primeros años, como “Análisis Numérico para Ingeniería”, que deberían cursarse más adelante en la carrera ya que en esa altura no te encontrás tan preparado para abordar una materia que tiene cierta complejidad y, además, los conocimientos y herramientas que te brinda, las usas recién a partir del 4to año de cursada.

¿Algo para agregar?

Un aspecto a destacar de la UNMdP, es la posibilidad que te brinda la Facultad de Ingeniería para realizar las “Prácticas Profesionales Supervisadas”, lo cual es una oportunidad muy importante para tener un primer acercamiento a la vida profesional, y es allí donde podés demostrar las habilidades adquiridas a lo largo de la carrera e incorporar otras que luego servirán en el futuro laboral.

COMITÉ EDITORIAL

N° 3

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

- Ing. Patricia Arnera
- Ing. Horacio Albina
- Ing. Gustavo Basso
- Ing. Armando De Giusti
- Ing. Alberto Giovambattista
- Ing. Roberto Igolnikow
- Ing. Raul Lopardo
- Dr. Carlos Muravchik
- Ing. Carlos Octtinger
- Ing. Pablo Ringeni
- Dra. María Inés Valla
- Dra. Noemí Zaritsky

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

Ing. María Inés Valla

Prosecretario

Ing. Alberto Venero

Tesorero

Ing. Pedro E. Battaiotto

Protesorero

Ing. Roberto M. Flores

ÓRGANO DE FISCALIZACIÓN

Revisor de cuentas

Ing. Noemí E. Zaritzky

Revisor de cuentas

Ing. Victorio Hernández Balat

ACADÉMICOS TITULARES

Arnera, Patricia Liliana
Bacchiega, Jorge Daniel
Barbero, Aníbal Jorge
Barbieri, María Beatriz
Basso, Gustavo Jorge
Battaiotto, Pedro Eduardo
Blasco Diez, Julio A.
De Giusti, Armando Eduardo
Elsner, Cecilia Inés
Flores, Roberto M.
Giovambattista, Alberto
Hernández Balat, Victorio
Igolnikow, Roberto
Lima, Luís Julián
Liscia, Sergio Oscar
Lopardo, Raúl Antonio
Lorente, Hugo Enrique
Muravchik, Carlos Horacio
Octtinger, Carlos
Polonsky, Abel A.
Ringegni, Pablo Lorenzo
Traversa, Luís Pascual
Valla, María Inés
Venero, Alberto
Vescina, Roberto Enrique
Zaritzky, Noemí Elisabet

NUESTRO PRÓXIMO NÚMERO ESTARÁ DEDICADO A

“Ingeniería: De la Investigación a la Transferencia”, abarcando entre otros temas:

- Importancia de la Investigación Científica y Tecnológica en la Ingeniería.
- Cómo llegar a la Transferencia de productos y servicios de calidad desde la Ingeniería.
- La Investigación en Ingeniería: Universidades / Organismos de Ciencia y Técnica / Empresas.
- El cambio tecnológico como motor de la Investigación y la Transferencia en Ingeniería.
- Cómo integrar esfuerzos de Investigación en Ingeniería entre el Estado, la Academia y las Empresas.

