



# GACETA

# DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM



INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM®

NÚMERO 156, SEPTIEMBRE - OCTUBRE 2022

ISSN 1870-347X

Cambio climático  
y bioclima

Pruebas experimentales  
con rotores savonius  
y helicoidales

Evaluación de impactos  
ambientales del Nexo Agua,  
Energía y Alimentos de la  
Ciudad de México desde  
la perspectiva de Ciclo  
de Vida Organizacional

Cambio de paradigma:  
residuos orgánicos  
como materia prima para  
consolidar el eje Agua-  
Energía-Ambiente-  
Seguridad Alimentaria

# EDITORIAL

En este penúltimo bimestre de 2022, a pesar de las dificultades que hemos enfrentado, esos retos nos han fortalecido como comunidad y hemos seguido realizando nuestras actividades de manera sobresaliente. En ese sentido, los índices de graduación de estudiantes se han incrementado paulatinamente; también, la publicación de artículos con factor de impacto han aumentado de manera importante. Asimismo, esta administración ha multiplicado esfuerzos para apoyar a nuestros académicos para mejorar la vinculación con el sector privado a través de reuniones con miembros de empresas como IUSA y CEMEX, así como la participación en eventos y exposiciones para realizar proyectos de investigación que contribuyan a la solución de problemáticas o demandas de la sociedad. En ese sentido, el Instituto de Ingeniería tuvo una exitosa participación del 6 al 9 de septiembre en la GREEN EXPO, organizada por CONIECO (CONSEJO NACIONAL DE INDUSTRIALES ECOLOGISTAS A. C.) así como varias empresas líderes en las áreas tanto de energía como de agua, en el que se mostraron algunos de los proyectos relacionados con la protección al ambiente, así como resultados y soluciones que podemos aportar para México. A solicitud de un diputado federal, el 13 de septiembre se organizó el FORO AGUA, PROBLEMÁTICA EN MÉXICO: TECNOLOGÍAS PARA SU SOLUCIÓN. Se presentaron conferencias resumiendo los resultados de las investigaciones realizadas en torno al tema, además, se hizo una donación para la biblioteca de la Cámara de Diputados de varios ejemplares de uno de los libros editados por el Instituto de Ingeniería del Dr. Enzo Levy: El agua según la ciencia.

Por otra parte, nuestros académicos y algunos estudiantes fueron acreedores a diversos reconocimientos. La Dra. Idania Valdez, investigadora de la Unidad Académica Juriquilla, recibió el Premio de Investigación 2022 para científicos jóvenes, en el área de Ingeniería y Tecnología, que otorga la Academia Mexicana de Ciencias. La Dra. Valdez se especializa en el estudio de bio-refinerías celulósicas y bioconversión de dióxido de carbono. También el Dr. Roberto Giovanni Ramírez Echavarría, en conjunto con dos de sus estudiantes, obtuvieron el 2º. Lugar en el Concurso Nacional "Dr. Fernando Prieto" en el XLV Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica, con el trabajo

titulado *Molecularly Imprinted Polymer Paper-based Biosensor for Wireless Measurement of Sweat Glucose*. Lo anterior, representa un enorme logro en cuanto a los avances del desarrollo de biosensores y dispositivos biomédicos en el Instituto de Ingeniería. Adicionalmente, Sara Palma, Ricardo Palma y Juan Méndez, estudiantes de la carrera de ingeniería civil, con el Dr. Sergio Alcocer como tutor, fueron reconocidos por el Centro de Innovación y Desarrollo de CEMEX en el concurso Inovathon, gracias a su proyecto "Sintiendo el concreto" que utiliza sensores con celdas de combustible microbianas para medir las propiedades del concreto, como la humedad, potencial de hidrógeno y temperatura durante su traslado al sitio de las construcciones en las que se utilizará para reducir pérdidas.

Los días 27 y 28 de septiembre se llevó a cabo la tercera edición del Engineering Challenge en el IIUNAM en colaboración con Hilti Mexicana. Este evento tiene como objetivo incentivar a los estudiantes de licenciatura y posgrado para que trabajen en casos y problemas prácticos sobre sistemas de anclajes post-instalados, de esta manera, se incentiva la vinculación con empresas de la industria de la construcción. El 4 y 5 de octubre se realizó el ciclo de actividades: *Destino Innovación 2022 "Viajes entrelazados de ciencia y tecnología"*. Este año, el tema es *La física y la ingeniería innovando para solucionar problemas reales*, en el auditorio Alejandra Jáidar del Instituto de Física y en el Auditorio José Luis Sánchez Bribiesca de la Torre de Ingeniería. En este evento tuvimos la participación como panelista especial del Dr. Rafael Carmona, así como de los doctores Héctor Aviña y Héctor Guerrero como conferencistas por parte del IIUNAM.

El 7 de octubre realizamos en línea la Bienvenida a los estudiantes de nuevo ingreso en el IIUNAM, con la participación de las diversas áreas administrativas que brindan servicio y apoyo a este grupo de nuestra comunidad. |

Cordialmente,

**Dra. Rosa María Ramírez Zamora**  
Directora  
Instituto de Ingeniería, UNAM

## UNAM

Rector  
Dr. Enrique L. Graue Wiechers  
Secretario General  
Dr. Leonardo Lomelí Vanegas  
Secretario Administrativo  
Dr. Luis A. Álvarez-Icaza Longoria  
Secretaría de Desarrollo Institucional  
Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda

Secretario de Prevención,  
Atención y Seguridad Universitaria  
Lic. Raúl  
Arcenio Aguilar Tamayo  
Abogado General  
Dr. Alfredo Sánchez Castañeda  
Coordinador de la Investigación Científica  
Dr. William H. Lee Alardín  
Director General de Comunicación Social  
Mtro. Néstor Martínez Cristo

## IIUNAM

Directora  
Dra. Rosa María Ramírez Zamora  
Subdirector de Estructuras y Geotecnia  
Dr. David Murrià Vila  
Subdirector de Hidráulica y Ambiental  
Dra. Rosa  
María Flores Serrano  
Subdirector de Electromecánica  
Dr. Arturo Palacio Pérez  
Subdirector de Unidades Académicas Foráneas  
Dr. Germán Buitrón Méndez

Secretaría Académica  
Dra. Norma Patricia López Acosta  
Secretario Administrativo  
Lic. Salvador  
Barba Echavarría  
Secretario Técnico  
Arq. Aurelio López Espindola  
Secretaría de Telecomunicaciones e Informática  
Ing. Marco Ambriz Maguey

## GACETA DEL IIUNAM

Editor responsable  
Lic. Verónica Benítez Escudero  
Reportera  
Lic. Verónica Benítez Escudero  
Fotografías  
Archivo Fotográfico del IIUNAM  
Diseño  
Lic. Oscar Daniel López Marín  
Corrección de estilo  
Gabriel Sánchez Domínguez

## GACETA DEL IIUNAM

Órgano informativo del Instituto de Ingeniería a través del cual se muestra el impacto de sus trabajos e investigaciones, las distinciones que recibe y las conferencias, los cursos y los talleres que imparte, reportajes de interés e información general. Se publica los días 10 de cada mes, con un tiraje de 1500 ejemplares. Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04 2014 070409264300 109. Certificado de Licitud de Título: 13524. Certificado de Licitud de Contenido: 11097. Instituto de Ingeniería, UNAM, edificio Fernando Hiriart, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, CP 04510, Ciudad de México. Tel. 56233615.



## CAMBIO CLIMÁTICO Y BIOCLIMA

DAVID MORILLÓN GÁLVEZ, ÁLVARO MUELA PÉREZ  
Y DANIEL ALEJANDRO BAHENA FERNÁNDEZ

Según la Agencia Internacional de la Energía (EIA, por sus siglas en inglés), el sector de la construcción es responsable de 30% del consumo energético a nivel mundial, y de 28% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Dichos datos ponen en evidencia la necesidad del uso eficiente y sustentable de la energía en los edificios para las condiciones actuales; dicho fin se constituye como una de las piezas claves en la lucha contra el cambio climático, por el gran margen de oportunidad para mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La Comisión Europea reporta que 75% de los edificios de la zona son ineficientes energéticamente, incluso, se sabe que muchas de las construcciones van a quedar obsoletas en los próximos años, ante el impacto del cambio climático, en específico por el aumento de la temperatura. De ahí la necesidad de realizar estudios prospectivos que sirvan como guía para lograr la resiliencia de los edificios ante dicho cambio. Además, en el caso de México, se espera que la población aumente hasta los 150 millones de habitantes para 2050, dicho aumento conlleva un incremento en la cantidad de edificios, más el incremento de temperatura, llevará a un mayor consumo energético. Sin embargo, esto no tiene porqué ser así, si desde el diseño del edificio se consideran las adecuaciones necesarias de acuerdo con las futuras condiciones climáticas.

El consumo de electricidad en los edificios está relacionado con el equipamiento para la iluminación, los electrodomésticos, los sistemas de aire acondicionado y con el diseño arquitectónico. En el mundo, el mayor gasto se debe a la climatización de los edificios, es decir, a lograr mediante el uso de sistemas de aire acondicionado y calefacción las condiciones de confort. Con la protección o el aprovechamiento del clima se tendría una fuente de energía renovable, como solución sustentable. La alternativa es estudiada por el diseño bioclimático, como la parte de la ciencia que se dedica al análisis de los elementos meteorológicos y la sensación de bienestar térmico de los seres humanos. Dichos estudios son designados como bioclima, con la temperatura del aire (o de bulbo seco), humedad (relativa, específica, absoluta o presión de vapor), radiación solar (duración, intensidad y calidad), viento (duración, velocidad y frecuencia), temperatura radiante (del entorno) y el confort térmico. De esta forma, se determinan las condiciones o sensación térmica predominante en cada lugar a lo largo del año, lo cual permitirá

el diseño de edificios adecuados al ambiente y ahorradores de energía. Por esta razón es imprescindible el estudio del bioclima, previo a la construcción de los edificios y los escenarios prospectivos ante el cambio climático.

Para las predicciones futuras sobre el clima, el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, propone varios escenarios, designados como RCP, de acuerdo con los niveles de GEI que se espera se emitan a lo largo del siglo (véase figura 1). De estos, el escenario más optimista es aquel en el que las acciones de los gobiernos contra el cambio climático son efectivas y logran mitigar las emisiones RCP a 2.6. En cambio, el peor escenario es donde el RCP alcanza 8,5 al mantener la tendencia actual de los niveles de emisiones.

De esta manera, se realizó el estudio del bioclima actual y futuro, para determinar las diferencias que se observan a los impactos. En los estudios para escenarios futuros se analizó hasta 2050 (Con el Programa Meteorom). Además de México, resultó de interés analizar esos cambios en Colombia y España, países con climas diferentes y localizaciones geográficas alejadas.

Con los estudios del bioclima se pueden obtener de los mapas o atlas de cada país. En la figura 2, se presentan los estudios del bioclima de Madrid y la cuantificación de las sensaciones térmicas, debidas al impacto del cambio climático.

También, con los estudios del bioclima se terminan las estrategias y recomendaciones bioclimáticas - sistemas pasivos para el diseño de los edificios nuevos y la adecuación de los existentes, para lograr la resiliencia, esto es la adaptación y adecuación ante el cambio climático. Ya es sabido que habrá un incremento generalizado de las temperaturas, pero por ello, parametrizar cuánto y dónde se producirá el cambio en la sensación térmica, es clave para llevar a cabo el diseño resiliente de los edificios.

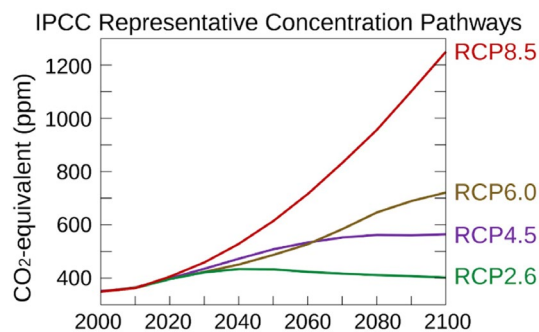


Figura 1. Caminos representativos de concentración de CO<sub>2</sub>  
Fuente: 5º Informe sobre el Cambio Climático del IPCC.

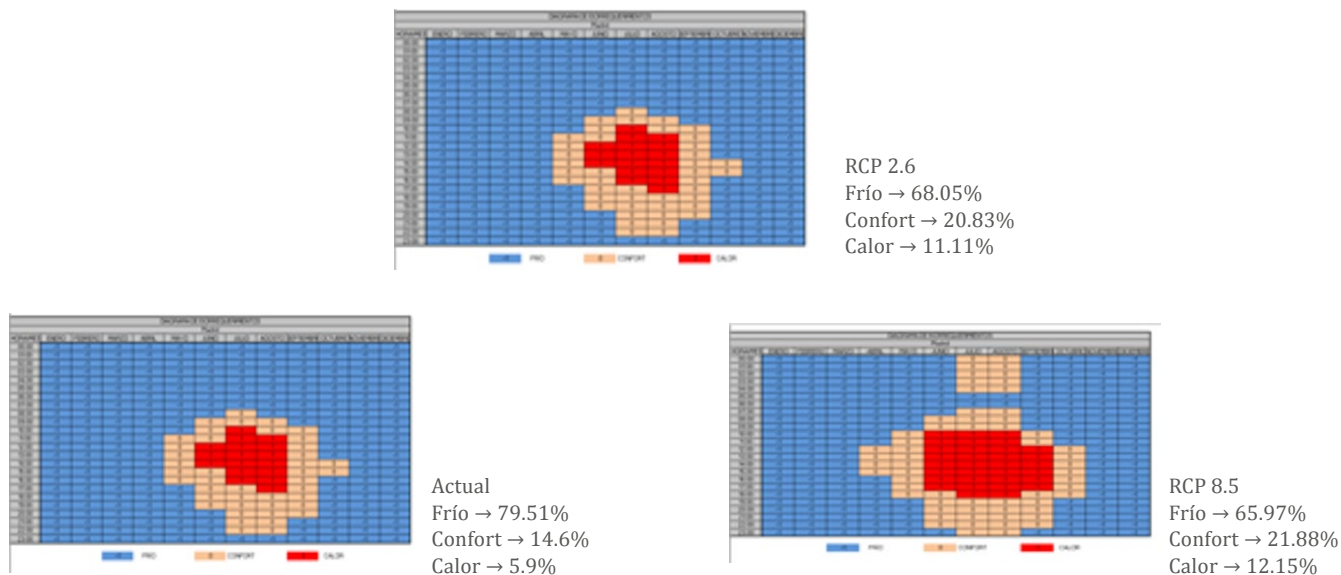


Figura 2. Bioclima actual y futuro hasta 2050 para RCP 2.6 y 8.5 de Madrid, España

### Caso de México

En México, como en el resto del mundo, también se espera un aumento generalizado de las temperaturas, con ello, un aumento en la sensación de calor. En las figuras 3, 4 y 5, se observa el bioclima actual durante el mes de julio. Para 2050, en el mejor de los escenarios se produce una reducción significativa de confort en el área central del país como se puede apreciar en la figura (RCP 2.6). El confort desaparecerá parcialmente o completamente en los estados de Chihuahua, Baja California, Baja California Sur, Coahuila, Nuevo León y gran parte de Durango. De esta forma, sólo los lugares con mayor altitud se salvarán del aumento del calor.

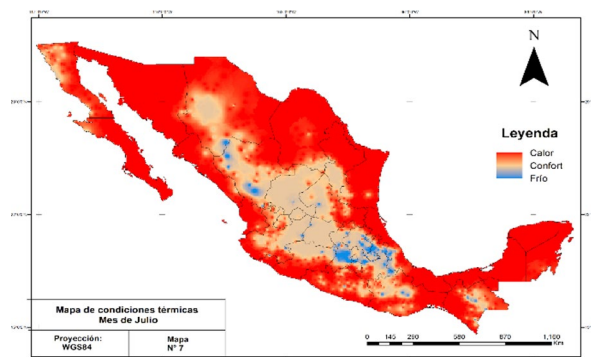


Figura 4. Bioclima con RCP 2.6 de México en junio (al 2050)

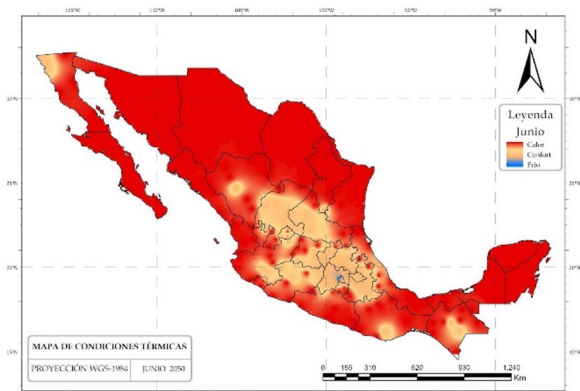


Figura 3. Bioclima de México en junio (1980-2010)

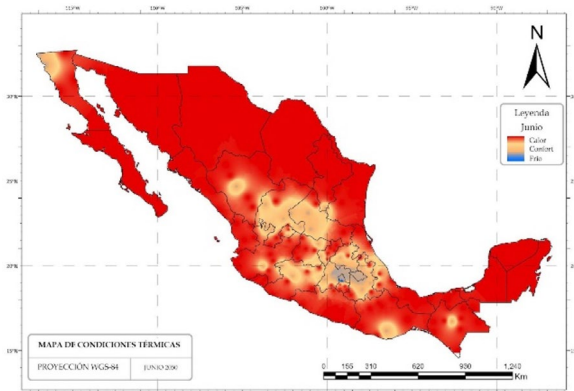


Figura 5. Bioclima con RCP 8.5 de México en junio (al 2050)

## Caso de España

Los efectos más evidentes del cambio climático en el bioclima de España, se observan al comparar el mes de agosto, por ser el más caluroso del año en el país (véanse figuras 6, 7 y 8). En general, los meses de invierno seguirán siendo fríos en todo el territorio, mientras que la sensación de calor aparecerá más en el resto del año y llegará a más zonas.

En los mapas del bioclima de España, en el mes de agosto, se observa cómo la sensación de calor (representada en rojo) se extiende más allá del sur peninsular y la costa mediterránea, como sucede en la actualidad. Incluso en el mejor de los escenarios, el RCP 2.6, se aprecia cómo únicamente la costa atlántica tendría un verano confortable al quedar buena parte de Castilla y León bajo el calor de un verano más típico del sur.

## Conclusiones

Los estudios dejan en evidencia los impactos del diseño de los edificios ante cambio climático. Además de considerar en la prospectiva y planeación energética, el aumento de los requerimientos relacionado al cambio climático, así como la importancia de las adecuaciones y adaptaciones de los edificios, para la mitigación y adaptación ante las nuevas necesidades de climatización que se presentarán para 2050.

Comparando a México con España, se puede observar cómo en los dos casos se presenta un aumento de la sensación de calor. Sin embargo, en México se produce de forma más localizada, debido a sus climas, localización geográfica y gran extensión de territorio. Mientras que en España, el aumento de calor es más generalizado durante la temporada de verano. De esta manera, si bien, antiguamente todas las casas españolas necesitaban calefacción durante el invierno, ahora también habrá necesidad del enfriamiento en varias localidades. La necesidad de la adecuación de los edificios existentes y un cambio en la manera de diseñar los futuros edificios es evidente.

Como parte del proyecto de la Red Iberoamericana de Geotermia Somera del CYTED, hay interés en asesorar a países como Ecuador, Uruguay y Chile en los estudios del bioclima y escenarios ante el cambio climático. Además, el año pasado se elaboró el atlas del bioclima actual de Colombia, actualmente, se concluye el atlas del escenario del bioclima hasta 2050 de este país. |

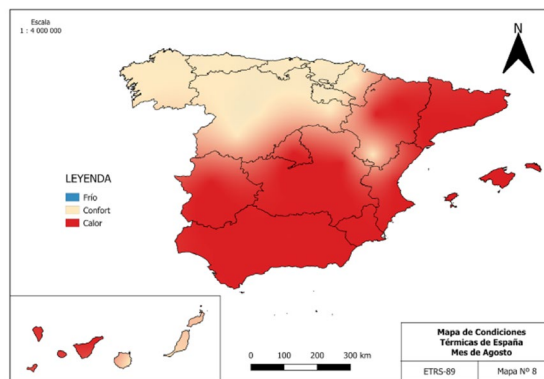


Figura 6. Bioclima actual de España: agosto (2010)

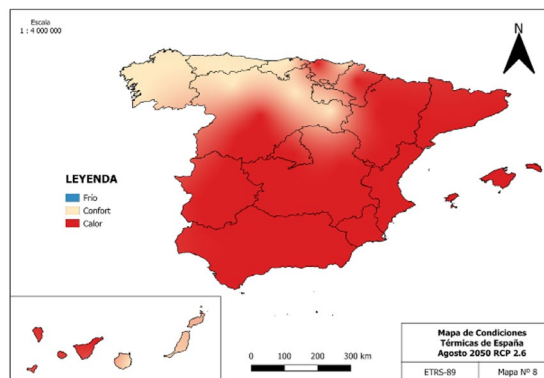


Figura 7. Bioclima para RCP 2.6 de España en agosto (al 2050)

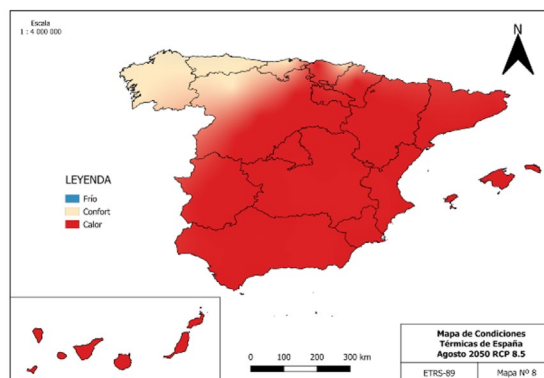


Figura 8. Bioclima para RCP 8.5 de España en agosto (al 2050)

## Referencias

- Morillón, D.; Saldaña, R. y Tejeda A. (2004), Human bioclimatic atlas for Mexico, *Solar Energy Journal* 76 pp. 781-792.
- Morillón, D. y Preciado, O. (2013). "Biosol: Herramienta para el estudio del bioclima", Ingeniería de Energía Solar, ed. II-UNAM, México.
- Morillón, D.; Silva, Rodolfo y Felix, Angélica (2019). Impacto del océano en el bioclima de México, Ed. CEMIEO, 134 p., ISBN 978-607-8444-28-1, ISBN: 978-607-8444, DOI: 10.26359/EPOMES.CEMIEO22019, ene., México.
- Morillón, D.; Maldonado, C.; Zea J. S.; Aros, B. S. y Vallejo, I. C. (2021) Climatización sustentable de edificios: Geotermia somera y diseño bioclimático, Ed. Academia Española, ISBN 13: 978-620-3-88052-6, pp. 144, España.
- Meteotest (2022). Meteotest Software Versión 8. Updated historic, current and future data.
- Olgay, V. (1963). "Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism: New and expanded edition". *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism: New and Expanded Edition*. pp. 1-190, Estados Unidos.

## PRUEBAS EXPERIMENTALES CON ROTORES SAVONIUS Y HELICOIDALES

JOSÉ LÓPEZ GONZALEZ, SERGIO DAVID BARRANCO,  
ANDRÉS ORLANDO CUÉN ULLOA, ERICK IVÁN GARCÍA  
SANTIAGO MARIÑO TAPIA, ISMAEL MARIÑO TAPIA

### Introducción

El acelerado crecimiento de la población mundial, así como la rápida evolución, la expansión de la tecnología y las diversas actividades humanas, entre otras, han incrementado la demanda energética. México no es la excepción, puesto que se ha estimado un crecimiento en la demanda energética de 66.5% en un lapso de 35 años (CEFP, 2006). Por esto, la generación de energía a precios asequibles y con responsabilidad ambiental es un aspecto crítico para todos los sectores de la población (gobiernos, industria, educación e investigación). Aunque es innegable que el consumo de hidrocarburos ha impactado negativamente al medio ambiente global, aun cuando se cuenta con reservas probadas para varias décadas, estos combustibles son finitos y no renovables en la escala de tiempo humana.

Por estas razones, la sociedad científica está en busca de fuentes alternativas de energía de carácter renovable y lo menos contaminantes posible, que además permitan alcanzar una estabilidad energética semejante a la que ofrecen los combustibles fósiles. En México, las energías renovables (hidráulica, eólica, solar y biomasa) tienen un aporte en el sector energético de 10.46% (SENER 2020); sin embargo, la energía contenida en el océano no ha sido objeto de interés aun cuando ésta posee un importante potencial disponible en sus cinco tipos de energía: oleaje, mareas, corrientes, gradiente térmico y gradiente salino.

El presente documento muestra los resultados obtenidos de la evaluación de dos turbinas que utilizan las corrientes marinas como fuente de energía; una del tipo helicoidal y otra de álabes rectos, las cuales forman parte del hidrogenerador HIPA (Figura 1), antes generador Impulsa. El hidrogenerador HIPA es un dispositivo que aprovecha las corrientes marinas y está clasificado como un dispositivo flotante de flujo conducido y eje vertical (López-González *et al.*, 2011).

Las turbinas recta y helicoidal del hidrogenerador están diseñadas para operar dentro de una corriente (agua o viento), donde los álabes captan la energía cinética del fluido y la transmiten por medio de un rotor de eje vertical para generar energía eléctrica.

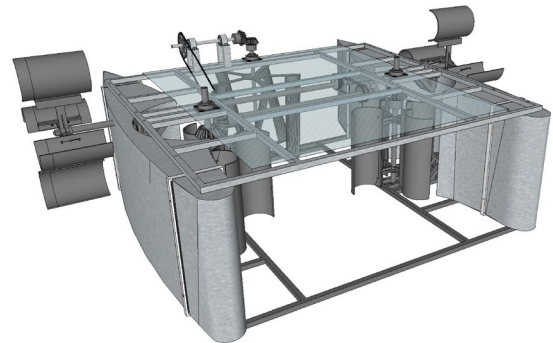


Figura 1. Vista frontal del HIPA con las turbinas rectas y helicoidal

Ambas turbinas comparten similitudes en su altura (50 cm), su radio (31 cm) y su rotor (1" de diámetro). Mientras que su principal diferencia radica en que la turbina recta (Figura 2a) está conformada por cuatro álabes rectos de 10 cm de radio instalados a 90°, mientras que la turbina helicoidal (Figura 2b) está conformada por 5 álabes helicoidales de 5 cm de radio con un ángulo de torsión de 30°. Los álabes están unidos en cada extremo por una base metálica al rotor, donde se encuentran integrados los rodamientos, soportes y engranajes de transmisión.

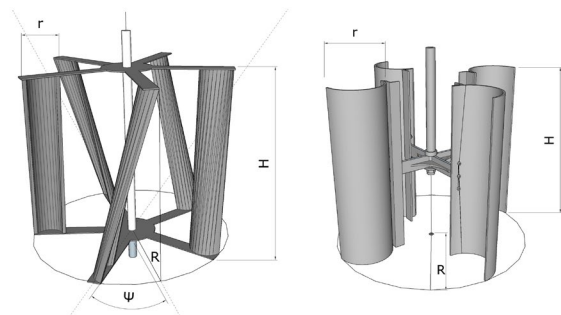


Figura 2. Vista frontal de turbina helicoidal y recta

### Determinación de la eficiencia de las turbinas

La potencia de una turbina está dada por el torque y la velocidad angular.

$$P = T \cdot \omega \quad [1]$$



El coeficiente de potencia se puede entender como la relación entre la potencia entregada por el dispositivo y la potencia del fluido, que teóricamente está definida por:

$$C_p = \frac{P}{\frac{1}{2} \rho AV^3} \quad [2]$$

Donde A es el área transversal, V es la velocidad de la corriente, y rho es la densidad del fluido. El cálculo de la potencia real que una turbina puede extraer de un fluido está definido como la diferencia entre la energía a la entrada y a la salida del dispositivo, y se expresa así:

$$P_c = \frac{1}{2} m (V^2 - V_0^2) \quad [3]$$

Donde: "P<sub>c</sub>" es la potencia mecánica extraída por el rotor, "V" es la velocidad del fluido en la entrada del rotor, y "V<sub>0</sub>" es la velocidad del fluido en la salida del rotor.

De esta manera, el flujo de agua a través del rotor se puede obtener mediante la expresión:

$$m = \rho A \frac{(V + V_0)}{2} \quad [4]$$

y la máxima potencia extraída se alcanza cuando V<sub>0</sub> = 1/3 V.

$$P_{cmax} = 0.59 \frac{1}{2} \rho AV^3 \quad [5]$$

Lo que indica que en condiciones ideales un dispositivo que no tiene pérdidas (100% eficiente), sólo puede extraer 59% de la energía cinética del fluido; sin embargo, en la práctica el coeficiente de potencia de un dispositivo oscila entre 20 y 50 % (Forslund, 2018).

### Metodología

Las pruebas consistieron en colocar las turbinas y los instrumentos de medición dentro de una corriente de viento.

### Montaje de equipo e instrumentación

Las pruebas se realizaron en la azotea del Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros del Instituto de Ingeniería de la UNAM campus Sisal, a una altura aproximada de 7 m.

La instrumentación incluyó la instalación de un torquímetro y un anemómetro ultrasónico, con el primero se obtiene el par motor y la velocidad angular, mientras que el segundo mide la velocidad del viento que mueve al rotor.

Las pruebas experimentales (Figura 3) se llevaron a cabo del 20 de octubre al 5 de noviembre de 2021. El registro de datos se realizó a una frecuencia de muestreo de 1 Hz para el torquímetro y 16 Hz para el anemómetro.

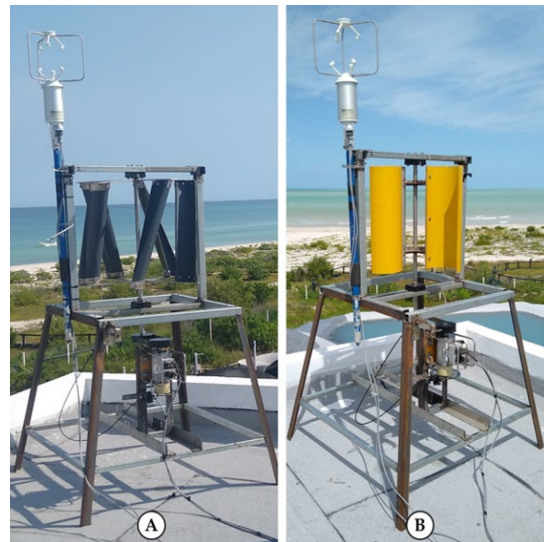


Figura 3. Pruebas físicas con la turbina helicoidal y recta

Con los datos recabados durante las pruebas se obtuvo la potencia de cada turbina y la eficiencia de generación como se describe a continuación.

### Procesamiento datos

Posteriormente a la campaña experimental se realizó un procesamiento de datos, el cual consistió en agrupar los datos del torquímetro y anemómetro. Debido a las características de cada equipo, éstos se encontraban a frecuencias de muestreo distintas, se homologaron las series temporales a una frecuencia de 1 Hz. Debido a que el experimento se llevó a cabo con las condiciones de viento de la zona y fue variable en todo el intervalo de tiempo, los datos de las dos series temporales se agruparon en función de la velocidad del viento y del tipo de rotor. De esta manera, el rango de velocidades para el rotor recto quedó de 8.5 m/s a 12.5 m/s, y para el rotor helicoidal de 6.5 a 12.5 m/s.

Posteriormente, se graficaron como una dispersión de puntos (torque-potencia) para una determinada velocidad del viento.

Finalmente, se realizó un ajuste para los datos del rotor recto y el rotor helicoidal, para cada velocidad seleccionada y se graficó la curva de potencia.

### Resultados y Discusión

En la figura 4 se muestran las curvas de potencia de la turbina de álabes rectos para las diferentes velocidades del viento; en color rojo se muestran los valores para la velocidad de 6.5 m/s, en color azul para la velocidad de 8.5 m/s y en color magenta para 12.5 m/s, así mismo, con marcadores circulares se muestra la potencia máxima teórica obtenida en cada curva (ver tabla 1), mientras que la línea recta en color negro corresponde a la curva de potencia máxima del rotor vs velocidad del viento.

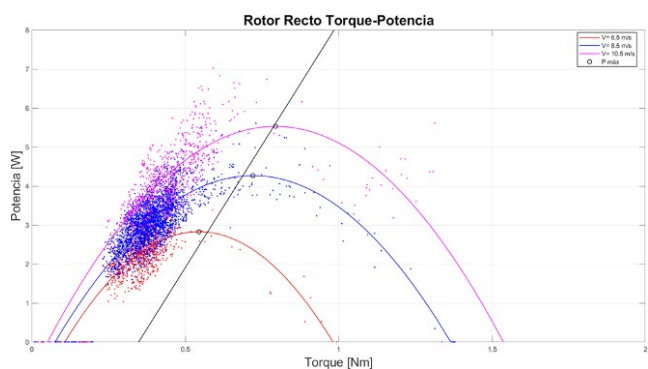


Figura 4. Curvas de potencia para la turbina recta

En la figura 5 se muestran las curvas de potencia para la turbina helicoidal en función del torque; en color verde se muestran los datos para la velocidad de 6.5 m/s, en color rojo para 8.5 m/s, en azul de 10.5 m/s y en magenta para la velocidad de 12.5 m/s. Los marcadores circulares muestran las potencias máximas para cada curva respectivamente (ver tabla 1).

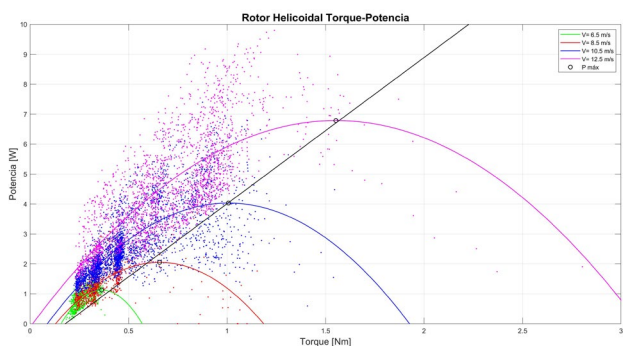


Figura 5. Curvas de potencia para la turbina helicoidal

En la tabla 1 se muestran los resultados de las potencias máximas, la velocidad del viento y el torque alcanzado con cada turbina de las figuras 4 y 5. Así mismo, en las últimas dos columnas de la tabla se puede observar la diferencia en porcentaje entre ambas turbinas, este cálculo se obtuvo al comparar las potencias obtenidas en cada velocidad. En la tabla se puede observar que la turbina de álabes rectos es más eficiente cuando la velocidad del viento es de 8.5 y 10.5 m/s, en cambio el rotor helicoidal resulta ser más eficiente cuando la velocidad del viento es de 12.5 m/s.

De igual manera se puede observar que la turbina helicoidal puede vencer el estado de reposo con velocidades más bajas en el viento (6.5 m/s), mientras que la turbina de álabes rectos vence el reposo sólo a velocidades superiores (8.5 m/s).

Tabla 1. Potencias máximas y diferencias de eficiencia entre turbinas

Turbina	V [m/s]	T [Nm]	P [W]	$\eta$ [%]	$\Delta\eta$ [%]
Recta	8.5	0.5444	2.8259	137.8	37.8
	10.5	0.7202	4.2685	105.9	5.9
	12.5	0.7939	5.5318	81.5	-
Helicoidal	6.5	0.3638	1.1258	100.0	-
	8.5	0.6577	2.0504	100.0	-
	10.5	1.0071	4.0311	100.0	-
	12.5	1.5525	6.785	122.7	22.7

Así mismo, estos resultados se pueden observar en la gráfica de la figura 6, donde se muestra una comparación entre los resultados de torque y potencia para ambas turbinas; en color azul se muestra la potencia máxima alcanzada con la turbina de álabes helicoidales, mientras que en color rojo se muestra la potencia máxima alcanzada en la turbina de álabes rectos.

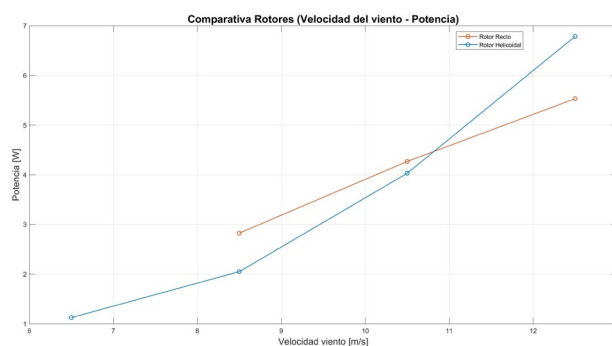


Figura 6. Potencia máxima alcanzada con las turbinas



Los resultados muestran que el torque y la potencia alcanzada con la turbina de álabes rectos es mayor a velocidades de 8.5 y 10.5 m/s, mientras que la turbina helicoidal alcanza mayor torque y potencia con velocidades del viento superiores a 12.5 m/s, también, se observó que la turbina helicoidal rompe el estado de reposo antes que la turbina recta (a velocidades del viento bajas), por lo que comienza a producir a partir de velocidades de 6.5 m/s, en cambio la turbina de álabes rectos inicia con velocidades de 8.5 m/s.

### Conclusiones

Por tanto, se puede concluir que la turbina de álabes rectos resulta ser más eficiente que la turbina helicoidal a velocidades de viento bajas (menores a 10.5 m/s), ya que en promedio es 38.7 % más eficiente a una velocidad del viento de 8.5 m/s y 5.9 % más eficiente a velocidad de 10.5 m/s. Mientras que la turbina helicoidal demostró ser más eficiente a velocidades altas (superiores a 12.5 m/s) ya que con vientos de 12.5 m/s es 22.7 % más eficiente que la turbina de álabes rectos. Lo anterior está directamente relacionado con la geometría de cada turbina y a la superficie de contacto de los álabes.

Se puede concluir que la turbina helicoidal trabaja a velocidades más bajas como se comprobó en este experimento,

siendo la velocidad de arranque de 6.5 m/s; sin embargo, es más eficiente a velocidades más altas. La turbina de álabes rectos necesita mayor velocidad de arranque, pero es más eficiente a velocidades bajas, con lo cual permite proponer ambas turbinas aptas para el aprovechamiento de corrientes en lugares donde el recurso es bajo. Sin embargo, es necesario señalar que se le podrían realizar algunas modificaciones a ambas turbinas con la finalidad de aumentar su eficiencia para determinados lugares, estas modificaciones podrían ser: incrementar el área de contacto de cada paleta o modificar el ángulo de torsión en los álabes, lo cual permitirá un desempeño más adecuado de la turbina para las condiciones de cada sitio en particular. |

### Referencias

- CEFP. Indicadores de economía y de finanzas públicas de países seleccionados. CEFP/041/2006.
- Forslund, J. (2018). *Studies of a Vertical Axis Turbine for Marine Current Energy Conversion - Electrical system and turbine performance*. Uppsala University.
- López-González, J.; Silva-Casarín, R. y Mendoza-Baldwin, E. G. (2011). Aprovechamiento de la energía de las corrientes con el Hidrogenerador IMPULSA. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 2(4), 97-110.

# NOTIINGEN

## ¿Conoces NOTIINGEN?

Es el noticiero del Instituto de Ingeniería presentado por Fernanda Cisneros, donde encontrarás la información más relevante del mundo de la ciencia y la tecnología que se desarrolla en la UNAM.

**Encuétralo cada viernes en nuestras redes sociales**



InstitutoIngenieriaUNAM



IIUNAM



IIUNAM



IIUNAM



IINGENUNAM

## EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES DEL NEXO AGUA, ENERGÍA Y ALIMENTOS DE LA CIUDAD DE MÉXICO DESDE LA PERSPECTIVA DE CICLO DE VIDA ORGANIZACIONAL

MARÍA ELENA VILLALBA PASTRANA  
Y LEONOR PATRICIA GÜERCA HERNÁNDEZ

### Introducción

Las ciudades son sistemas complejos que demandan recursos intensivamente, donde confluyen miles de insumos que generan miles de salidas, emisiones y descargas. Como discuten Angelo y Wachsmuth (2020), en los últimos años ha cambiado el paradigma de las ciudades como fuente de problemas a fuente de soluciones. Específicamente, se reconoce que las urbes pueden jugar un papel activo en el logro de la sostenibilidad (Saladini *et al.*, 2018; Momblanch *et al.*, 2019; Yuan *et al.*, 2021).

En términos ambientales, las ciudades a causa de su complejidad, no han sido estudiadas de forma integral, sino a través de evaluaciones fraccionadas (Petit-Boix *et al.*, 2017); lo cual ha generado indicadores ambientales sesgados e incompletos, principalmente por tres razones: 1) evalúan por separado las problemáticas de los sectores que integran la urbe sin reconocer sus interdependencias (Mirabella *et al.*, 2018; Petit-Boix *et al.*, 2017); 2) se limitan al análisis de impactos locales y no consideran impactos indirectos que se generan fuera de los límites urbanos (Albertí *et al.*, 2017; Chester *et al.*, 2012; Feleki *et al.*, 2018; Mori y Christodoulou, 2012); 3) porque en la mayoría de los casos se basan en un solo problema ambiental como es el caso de Cambio Climático (Albertí *et al.*, 2019; Beloin-Saint-Pierre *et al.*, 2017; Chester *et al.*, 2012).

En este sentido, para evitar la evaluación fragmentada de tipo sectorial, la literatura reconoce la importancia de analizar conjuntamente el Nexo Agua, Energía y Alimentos (Nexo AEA) debido a que estos sectores son interdependientes y su correcta gestión asegura el cumplimiento de derechos humanos, de las actividades económicas urbanas y contribuyen al logro de los objetivos de desarrollo sostenible (Jordán *et al.*, 2017; Perrone y Hornberger, 2014; Yuan *et al.*, 2021).

Hasta ahora, los sectores de agua, energía y alimentos se han analizado desde un enfoque aislado; además, las políticas públicas

se han diseñado e implementado para cada sector de manera independiente (Caputo *et al.*, 2021; UNECE, 2020). Lo anterior no representa la mejor forma de análisis, pues en un mundo hiperconectado con recursos finitos, las acciones e impactos que se tengan en un sector afectan al otro generando grandes desafíos para la seguridad hídrica, energética y alimentaria (Mannan *et al.*, 2018).

De acuerdo con Mannan *et al.* (2018), la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) resalta la conectividad entre los impactos del Nexo AEA, el cual, permite generar una línea base que pueden usar de referencia los tomadores de decisiones para evaluar el desempeño y establecer nuevas medidas para reducir los impactos de todo el sistema. Debido a lo anterior, varios autores han optado por analizar el Nexo AEA mediante ACV para identificar oportunidades de mejora en distintas áreas como producción de alimentos, generación de energía, producción de biogás, uso y suministro de agua; de esta forma, construir un ambiente más sustentable (Al-Ansari *et al.*, 2015; Jeswani *et al.*, 2015; Pacetti *et al.*, 2015).

Paralelamente, se ha identificado que la metodología de ACV puede fundamentar con datos objetivos, la toma de decisiones más sustentables en el entorno urbano (Mirabella *et al.*, 2018), debido a que puede apoyar en la identificación de estrategias prioritarias que se deben de atender para evitar la transferencia de impactos entre etapas de ciclo de vida, territorios y categorías de impactos (Loiseau 2012; Petit-Boix *et al.*, 2017; Qi *et al.*, 2018).

En ese sentido, el Análisis de Ciclo de Vida Organizacional (ACVO), pese a que se especializa en evaluar impactos en organizaciones y empresas (UNEP, 2015; ISO/TS 14072, 2014); es un enfoque metodológico científicamente robusto, sistemático e integral que permitiría hacer un estudio integral de las ciudades considerando no solamente sus impactos ambientales a nivel local, sino considerando todo el ciclo de vida y la cadena de valor (Cremer *et al.*, 2020). Lo anterior, nos llevaría a identificar puntos críticos locales y sus implicaciones a nivel regional así como aspectos relacionados con el sector público y privado.

Por lo antes expuesto, tomando en consideración que la provisión de recursos como el agua, energía y alimentos es un elemento clave para la urbanización sostenible (Romero-Lankao *et al.* 2018), se identificó que delimitar el sistema urbano a través del Nexo AEA, puede ser una práctica robusta en términos científicos y en términos sistémicos, que permitiría obtener resultados representativos de la ciudad, ya que el nexo representa los impactos más importantes y las interacciones más relevantes.

Por lo anterior, este trabajo tiene como objetivo analizar los impactos ambientales del Nexo AEA de la Ciudad de México (CDMX) considerando el enfoque de Análisis de Ciclo de Vida Organizacional.

## Metodología

El desarrollo de este trabajo se basa en la metodología de Análisis de Ciclo de Vida Organizacional (ISO TS 14072, 2014), que se ha utilizado con buenos resultados para evaluar impactos ambientales de organizaciones. Este enfoque metodológico se usa por primera vez para evaluar impactos en Ciudades, lo cual lleva a proponer modificaciones metodológicas que consisten en considerar el Nexo AEA de la Ciudad de México como el foco de los estudios en vez de una organización (lo que se denomina “organización de reporte”).

Se evaluaron los impactos ambientales de los suministros de alimento, agua y de energía de la CDMX, considerando como actividades directas a todas las que se llevan a cabo dentro de los límites administrativos de la entidad, y como actividades indirectas, a todas aquellas llevadas a cabo en lugares distintos a la CDMX, pero que forman parte de la cadena de valor del Nexo AEA, tanto corriente arriba (proveedores de agua, energía y alimentos) como corriente abajo (tratamiento y disposición de residuos sólidos y agua residual). Para el abastecimiento de energía se diferenció entre la energía obtenida por combustibles (gasolina, diésel, turbosina, gas LP y gas natural) o por energía eléctrica. Por ejemplo, toda la electricidad usada en la CDMX se genera fuera de la urbe; por tanto, en este trabajo la generación de energía eléctrica se considera como una actividad indirecta corriente arriba.

Para cuantificar los impactos de todas estas actividades directas e indirectas, se utilizaron como referencia la cantidad de agua, alimento, electricidad y combustibles consumidos en la Ciudad de México durante 2015, considerando, de acuerdo a ISO 14072 (ISO, 2014), el ciclo de vida de cada uno de los elementos del Nexo AEA, es decir, su origen, procesos de extracción de materias primas, procesamiento, transporte a la CDMX y uso en la CDMX.

Para modelar los impactos ambientales se empleó el *software* especializado Umberto NXT LCA, se utilizó el método de evaluación ReCiPe v1.13 con un modelo de caracterización de punto medio, con una perspectiva jerárquica que considera efectos a largo plazo (ReCiPe Midpoint (H)). Se evaluaron siete categorías de impacto: Cambio Climático, Agotamiento de Agua, Toxicidad Humana, Eutrofización de agua dulce, Ecotoxicidad de agua dulce, Acidificación Terrestre y Formación de Oxidantes Fotoquímicos. Todas estas categorías se seleccionaron con base a las problemáticas que enfrenta la CDMX a partir de una revisión de estudios con enfoques simi-

lares a éste (Qi *et al.*, 2018; Goldstein *et al.*, 2013; Armengot *et al.*, 2021; Al-Ansari *et al.*, 2015; Jeswani *et al.*, 2015; Pacetti *et al.*, 2015).

## Resultados

Para todas las categorías de impacto ambiental analizadas, los impactos indirectos correspondientes a las actividades de los proveedores de agua, alimentos y energía son de mayor magnitud (entre 60% y 99% de los impactos totales) que los impactos que se presentan por las actividades directas de la CDMX.

Con respecto a los impactos directos de la CDMX, se identificó que las emisiones asociadas al consumo de combustibles causan las mayores contribuciones al Cambio Climático, Acidificación Terrestre y Formación de Oxidantes Fotoquímicos.

Como se puede observar en la Figura 1, las interacciones entre los sectores del Nexo AEA obedecen a que el agua es necesaria para el abastecimiento del servicio público de agua potable, en el sector agrícola para sistemas de riego, uso pecuario y en la industria de producción de fertilizantes. También, el agua es parte fundamental para los sistemas de producción de energía eléctrica y para la extracción de combustibles fósiles como el petróleo y gas natural (Sarkodie y Owusu, 2020).

Otro aspecto a destacar, es que, en comparación con las demás actividades, la producción de alimentos demanda mayor cantidad de agua (Figura 2), mostrando concordancia con la tendencia a nivel mundial (Silvestri *et al.*, 2022; World Water Assessment Program, 2009). De ese total, 39% de agua es requerida por los sistemas de producción de carne (cerdo, res y pollo), para uso directo en granja y para riego agrícola de los granos que componen la dieta de los animales (maíz, soya, trigo) (Asem-Hiablie *et al.*, 2019; Rivera-Huerta *et al.*, 2016).

De acuerdo con la Figura 2, el sector de la energía genera los mayores impactos en Cambio Climático debido al uso de combustibles para el transporte en la CDMX; como segundo contribuyente se identificaron las actividades de producción y transporte de combustibles y en tercer lugar, a los procesos de generación de energía eléctrica.

En general, en los estudios de ciclo de vida que se han realizado para la generación de energía eléctrica en México, señalan que las afectaciones de este sector al Cambio Climático se deben a que el mix energético del país depende mayoritariamente de la quema de combustibles fósiles (Santoyo-Castelazo *et al.*, 2011; Navarro-Pineda *et al.*, 2017).



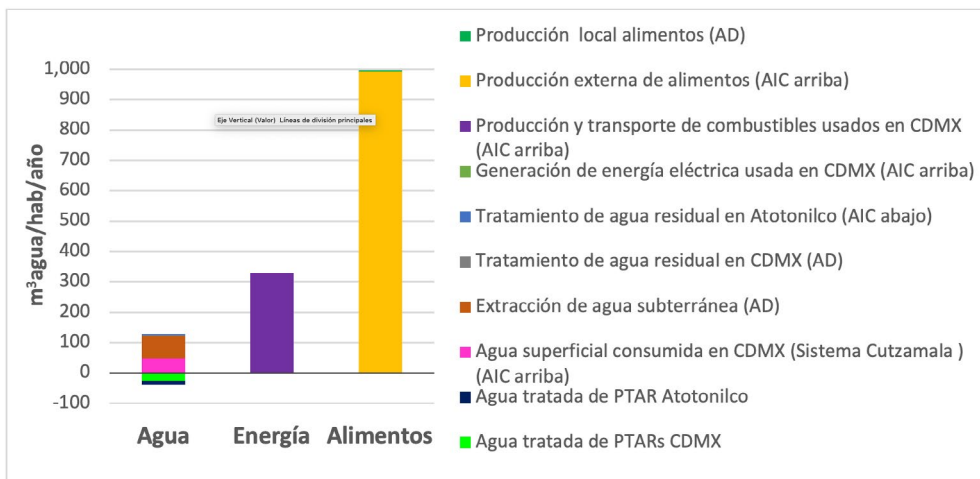


Figura 1. Impactos del Nexso AEA en la categoría de Agotamiento de Agua. AIC arriba: Actividad Indirecta Corriente Arriba, AD: Actividad directa, AIC abajo: Actividad Indirecta Corriente abajo

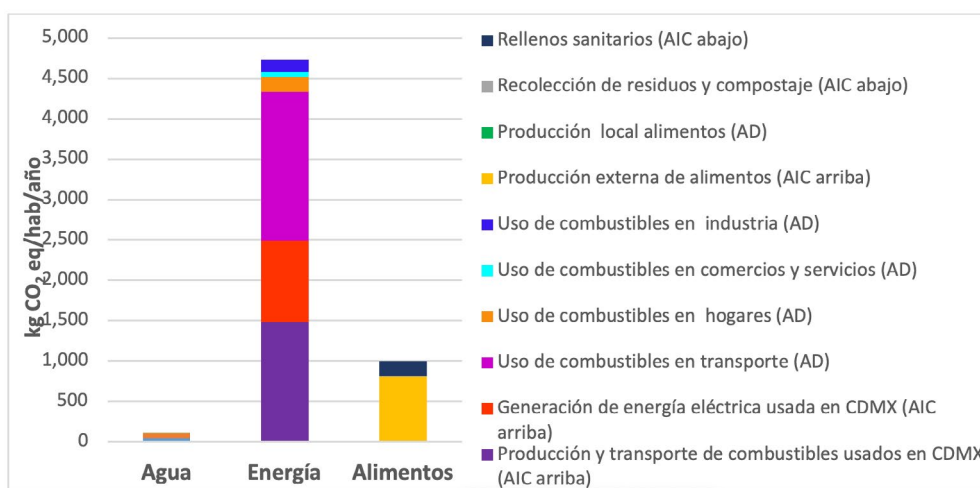


Figura 2. Impactos del Nexso AEA en la categoría de Cambio Climático. AIC arriba: Actividad Indirecta Corriente Arriba, AD: Actividad directa, AIC abajo: Actividad Indirecta Corriente abajo

## Conclusiones

Los resultados de esta investigación muestran evidencia cuantitativa de la relevancia de incluir en las evaluaciones ambientales los impactos indirectos embebidos en las cadenas de producción de los alimentos, agua y energía consumidos por la CDMX. Dentro de las actividades indirectas del Nexso AEA, se observó que los procesos de producción de combustibles y generación de electricidad causan los mayores impactos al Cambio Climático. También, se identificó que para producir 80% de los alimentos consumidos en la CDMX, se utiliza mayor cantidad de agua que la demandada por las otras actividades indirectas y más agua que la destinada a consumo directo en la urbe.

Estos hallazgos respaldan la recomendación de que las ciudades deben desempeñar un papel más activo como fuente de soluciones, haciendo uso de su influencia tanto a nivel local como regional, para propiciar un uso responsable y eficiente de los recursos. |

## Referencias



## CAMBIO DE PARADIGMA: RESIDUOS ORGÁNICOS COMO MATERIA PRIMA PARA CONSOLIDAR EL EJE AGUA-ENERGÍA-AMBIENTE-SEGURIDAD ALIMENTARIA

MARISOL PÉREZ RANGEL,  
IVÁN MORENO ANDRADE

Los problemas ambientales globales como la emisión de gases de efecto invernadero, la disminución de combustibles fósiles, el consumo excesivo de recursos y la generación excesiva de residuos requieren del desarrollo e implementación de estrategias que permitan mitigarlos de manera sustentable. Esto impacta en el eje Agua-Energía-Ambiente-Seguridad Alimentaria, donde los residuos orgánicos, considerados originalmente como un problema ambiental, podrían tener un papel importante al considerar futuras soluciones a dichos problemas sin comprometer la disponibilidad de alimentos en futuras generaciones. Una solución atractiva, consiste en aprovechar los residuos orgánicos como materia prima en procesos que permitan su conversión en energía renovable (biocombustibles), productos de valor agregado (bioplásticos, ácidos orgánicos, biofertilizantes, enzimas y proteína celular) y productos químicos especiales (flavonoides, fragancias,

antioxidantes y adhesivos), los cuales podrían ser potencialmente utilizados en el sector industrial, transporte, residencial y agropecuario (Figura 1).

La producción mundial de residuos sólidos asciende a 11 billones de toneladas anuales y se estima que dicha cantidad se duplique para 2025<sup>1</sup>. En dicha producción, alrededor de la mitad está compuesta por residuos orgánicos, lo que representa una gran cantidad de recurso o materia prima disponible para su utilización. Entre los residuos orgánicos con mayor potencial debido a su alta tasa de generación son la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales (FORSU), los residuos agrícolas y los residuos industriales. La generación de FORSU es cercana a un billón de toneladas anuales, entre ellos, predominan residuos de comida, residuos de poda de jardín, papel y otros residuos orgánicos como los provenientes de plantas de tratamiento de agua residual. Por otro lado, la generación de residuos agrícolas es de aproximadamente 998 millones de toneladas anuales; entre estos materiales, se encuentran los residuos del crecimiento y procesamiento de frutas, vegetales, carne, aves de corral, productos lácteos y cultivos (paja de cereales). Mientras la generación de residuos orgánicos industriales es de 250 millones de toneladas anuales, estando compuestos principalmente por cáscaras de frutas y verduras, bagazos y aguas residuales industriales ricas en materia orgánica. En su mayoría, dichos residuos provienen de industrias para el procesamiento de alimentos y bebidas.

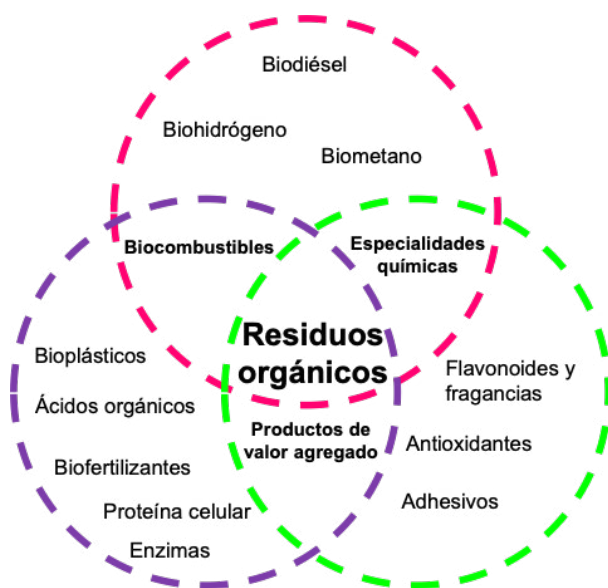


Figura 1. Bioconversión de residuos orgánicos y sus productos<sup>2</sup>.

## Valorización de residuos orgánicos mediante procesos biológicos

Dependiendo de su contenido de carbohidratos, lípidos y proteínas, los residuos orgánicos pueden ser convertidos en determinados biocombustibles y productos de valor agregado a través de diversos procesos fisicoquímicos y biológicos (Figura 2). De manera particular, los procesos biológicos son muy atractivos debido a que permiten la utilización de una amplia variedad de residuos ricos en carbohidratos. Además, permiten maximizar la valorización de los residuos orgánicos, pues a partir de un mismo residuo se puede obtener más de un biocombustible y más de un producto de valor agregado. Enseguida, se describen algunos de los biocombustibles y productos de valor agregado que se pueden obtener a partir de los residuos sólidos orgánicos, los residuos industriales y los residuos agrícolas, los cuales, como ya se mencionó, son los residuos más abundantes.

Los residuos ricos en carbohidratos y polímeros complejos (hemicelulosa, celulosa y lignina) como las pajas de cereales, bagazos y los residuos sólidos orgánicos pueden ser utilizados para llevar a cabo procesos de fermentación oscura y digestión anaerobia, en los cuales, se obtienen biocombustibles como el biohidrógeno y biometano. De manera inherente, en procesos conocidos como fermentación oscura, los residuos ricos en carbohidratos complejos pueden generar enzimas lignocelulolíticas, las cuales tienen potencial de ser aprovechadas en otras

áreas. Además, en dicho proceso se producen corrientes líquidas ricas en ácidos orgánicos y corrientes sólidas ricas en fibras de celulosa, los cuales, a su vez pueden ser utilizados como materia prima para llevar a cabo una fermentación aceto-butírica de la cual se obtendrán como productos solventes (acetona, etanol y butanol). Así mismo, las fibras de celulosa pueden ser utilizadas para la producción de nanomateriales de alto valor en el mercado y muy versátiles en procesos industriales (nanoesferas, nanohojas y nanofibras de celulosa y lignina)<sup>3</sup>. Por otro lado, los residuos orgánicos y la corriente líquida rica en ácidos orgánicos generada en la fermentación oscura pueden ser utilizados para producir biometano mediante digestión anaerobia. En dicho proceso, se pueden obtener de manera adicional probióticos, mejoradores de suelo y biofertilizantes.

Los residuos ricos en carbohidratos simples y proteínas como las aguas residuales municipales y aguas residuales industriales (lías vitivinícolas, vinazas tequileras y suero de leche) se pueden utilizar como sustrato para el crecimiento de microorganismos a partir de los cuales se podrá obtener bioplásticos, enzimas, proteína y biomasa celular. A su vez, la biomasa celular (como la microalgal) puede ser utilizada como materia prima para la producción de biocombustibles como el biohidrógeno y biometano. Cuando se utilizan residuos orgánicos ricos en carbohidratos complejos para el crecimiento de microorganismos, las fibras residuales también pueden utilizarse para la producción de nanomateriales (nanopartículas antibacterianas, antifúngicas y antioxidantes).



Muestreo de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos que se han trabajado en el Instituto de Ingeniería



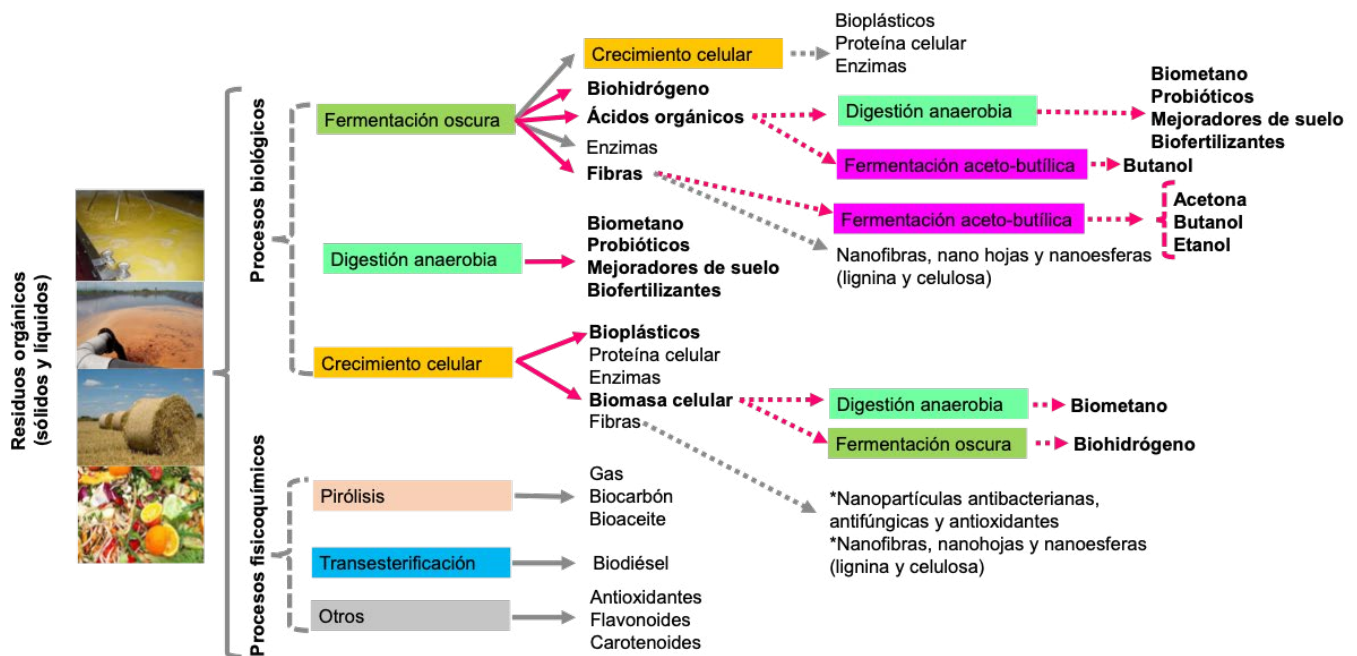


Figura 2. Procesos para la conversión de residuos orgánicos en biocombustibles y productos de valor agregado

## Valorización de residuos orgánicos mediante procesos fisicoquímicos

Entre los procesos utilizados para incrementar la valorización de los residuos orgánicos se encuentra la pirólisis y la transesterificación<sup>1</sup>. En la pirólisis, los residuos orgánicos son incinerados a elevadas temperaturas obteniéndose como productos gas, bioaceite y biocarbón. En la transesterificación, se lleva a cabo una reacción química donde los lípidos son convertidos en biodiésel. Además de los procesos mencionados, existen otros procesos que incluyen métodos de extracción directa con diversos compuestos químicos donde se puede obtener antioxidantes, flavonoides, fragancias, entre otros compuestos de interés industrial.

La implementación de distintos procesos biológicos y físico-químicos en un tren de tratamiento, hace posible no sólo eliminación de los residuos, erradicando este problema ambiental, sino que es posible obtener el planteamiento de biorrefinerías donde los procesos de conversión de residuos orgánicos produzcan combustibles, energía y productos químicos de manera factible, económica y tecnológica.

## Propuesta de un grupo interdisciplinario de investigación

En el Instituto de Ingeniería ya se trabaja en la valorización de diversos residuos orgánicos obteniendo biocombustibles y productos de valor agregado (líneas rosas en Figura 2).

Sin embargo, existe un gran potencial si se interactúa con otras dependencias de nuestra universidad, en particular, con investigadores de áreas complementarias como en energías renovables, la química o incluso en el análisis especializado para la caracterización de residuos. En este sentido, gracias a la convocatoria realizada por el II-UNAM, con el propósito de potenciar y aprovechar la capacidad y la diversidad académica de nuestra universidad, para identificar y generar soluciones sustentables e innovadoras a los retos de la ingeniería, se propondrá la integración de un grupo interdisciplinario de investigación (GII) con académicos de nuestra universidad incluidos del Instituto de Ingeniería (Coordinaciones de Ingeniería Ambiental, Eléctrica y Computación, Mecánica y Energía, y de las Unidades Académicas Juriquilla y Sisal), del Instituto de Energías Renovables, ENES-Juriquilla, Instituto de Física, Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y de la Facultad de Química, para proponer un proyecto de investigación con el objetivo de desarrollar una estrategia multidisciplinaria que equilibre los nexos agua-energía-ambiente-seguridad alimentaria mediante la valorización de sus residuos, mejorando la competitividad y sustentabilidad de distintos sectores como el agroalimentario. |

## Referencias

- Six et al., 2016. *Biotransformation of agricultural waste and by-products*: 287-307.
- Yukesh Kannah et al., 2020. *Bioresource Technology Reports*, 11: 100524.
- Lizundia et al., 2022. *Green Chemistry*, 24: 5429

## PREMIO JOVE 2022

Felicitamos al Dr. Armando González Sánchez, investigador de la Coordinación de Ingeniería Ambiental, por haber obtenido el Premio JoVE a la Innovación en investigación 2022. En esta ocasión, participaron en el concurso 166 ensayos de todo el mundo. El Dr. González Sánchez participó con el ensayo "Enriquecimiento fotosintético de Biogás. Este Premio es para reconocer el trabajo, la dedicación y el talento de las personas que en el último año han utilizado el video y las formas innovadoras para promover la ciencia, la educación y la investigación en sus instituciones.

En esta era digital, el Dr. González Sánchez considera importante establecer comunicación científica y transferencia de conocimiento visual; JoVE es una herramienta que le ha permitido asesorar a los estudiantes de posgrado, especialmente en este tipo de investigaciones donde la presencia es importante. Además, dedica este premio a todas las personas que han formado parte del grupo de investigación "Tratamiento de Emisiones Gaseosas" formado desde hace 10 años en el Instituto de Ingeniería de la UNAM y agradece a la Ing. Mariana Vega Blanes por el apoyo en la edición del ensayo concursado.

En lo personal -agregó- introducir videos en las clases hace que éstas sean más dinámicas. Felicito a JoVE por fomentar las nuevas formas de enseñar y de mostrar las investigaciones de una manera más fácil para la comprensión de nuestros estudiantes, de los empresarios que desean recibir apoyo de los centros de investigación y para cualquier persona que esté interesada -concluyó-.



## PREMIO CATEDRAS ABERTIS MÉXICO 2021

Con el fin de fomentar el interés de los estudiantes mexicanos para realizar investigación en los temas de Gestión de Infraestructuras y Servicios del Transporte y en Seguridad Vial, se establecieron los premios Catedras Abertis a las mejores tesis presentadas, en esta ocasión, durante 2021.

Entre las personalidades que asistieron al evento se encuentra: William Lee, Coordinador de la Investigación Científica de la UNAM; Rosa María Ramírez, Directora del IIUNAM;

Angélica Lozano, Directora de la Cátedra Abertis en México; Demetrio Sodi, Director General de la Red de Carreteras de Occidente; Georgina Flamme, Directora de la Fundación Abertis y Antonio Prats, Consejero cultural de la Embajada de España en México.

Al tomar la palabra, William Lee afirmó que la alianza con la Fundación Abertis es relevante porque abre las puertas para relacionarnos con otros países. Mencionó que el Instituto de Ingeniería ha estado implicado en el desarrollo de México y que estos proyectos están enfocados no sólo a esto, sino también a la sostenibilidad.

Por su parte, Demetrio Sodi, felicitó a los participantes, en especial a los ganadores quienes -dijo- han demostrado ser talentosos. Abertis da impulso a la investigación y al conocimiento en estos temas tan importantes.

Georgina Flamme, felicitó a los ganadores por sus trabajos. Me da gusto -expresó- estar aquí de manera presencial. Este evento es una muestra de las alianzas tanto públicas como privadas y del interés del grupo Abertis por promover la gestión de la sostenibilidad.

Antonio Prats, comentó que le alegra que la consejería cultural de la embajada de España tenga relación con la Fundación Abertis para promover la cultura de este país. A los ganadores, enhorabuena.



Posteriormente, Juan Carlos Gallegos Cornejo, egresado de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, quien obtuvo el Premio Abertis de Investigación 2021 Sobre Gestión de Infraestructuras y Servicios de Transporte con el trabajo A Fuzzy Model of Assets Condition Assessment for Maintenance and Risk Management of Road Networks, presentó su trabajo de investigación con el que también obtuvo el grado de maestro, bajo la supervisión del profesor Luis Alberto Morales Rosales y como Co-asesor, el profesor Jaime Saavedra Rosales.

El modelo desarrollado en la tesis permite realizar una evaluación integral del estado físico de los tramos carreteros. El resultado obtenido del modelo puede observarse como una calificación continua o a través de una etiqueta lingüística que clasifica el estado de la red como Muy bueno, Bueno, Malo o Muy malo.

El modelo de evaluación contempla las relaciones que existen entre el estado de los diferentes activos de la red carretera, de forma modular. Los activos viales incluidos son: pavimentos, obras de drenaje superficial, activos geotécnicos, dispositivos de seguridad, señalamiento horizontal y vertical, así como su interacción con el medio ambiente en que se encuentran, donde se incluyen la evaluación del suelo de desplante, condiciones meteorológicas y de tránsito, a que se ve sometida la red carretera. La evaluación integral se divide en tres niveles: 1) evaluación individual de activos, 2) evaluación de secciones carreteras y 3) evaluación de segmentos carreteros. La modulación de la evaluación permite identificar dónde se encuentran los deterioros, con lo que se pueden analizar los planes de intervención, considerando la importancia y relaciones que existen entre los diferentes activos.

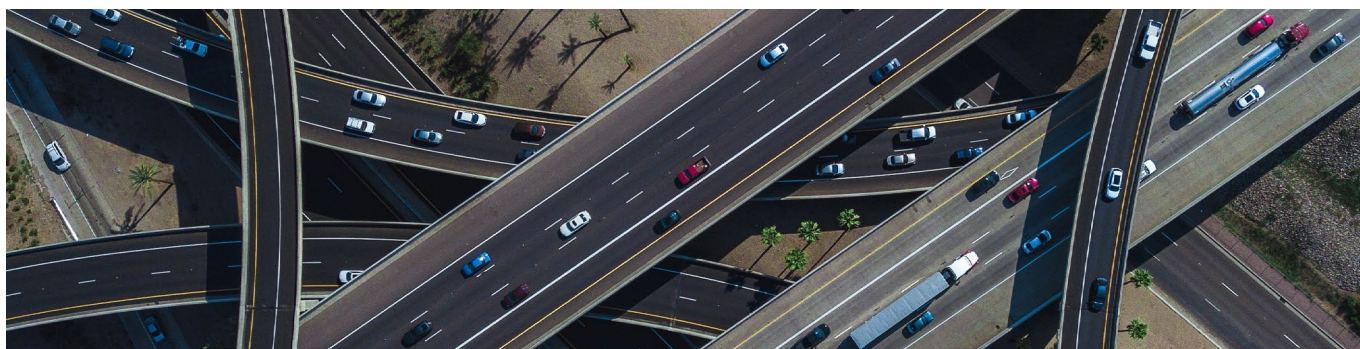
El uso de lógica difusa para la determinación del estado de los activos permite modelar, de manera más aproximada, su grado de deterioro dentro de la red carretera. El uso de lógica clásica ayuda a realizar un manejo de la incertidumbre propia de los datos de evaluación, así como de los criterios de evaluación propios de los expertos, lo que permite considerar las relaciones entre distintos activos para observar los cambios de estado (deterioros) de la red.

Igualmente felicitamos a Anubis Alberto Navarro Rosas, egresado de la Universidad Autónoma de Querétaro, por haberse hecho acreedor al Premio Abertis de Investigación 2021 sobre Seguridad Vial con el trabajo de tesis La influencia de la educación vial en la interacción de usuarios activos con las señales de tráfico: Santiago de Querétaro, la investigación, con la que obtuvo el grado de maestro, la desarrolló bajo la supervisión del profesor Saúl Antonio Obregón Biosca.

La principal aportación del trabajo es la identificación de factores que influyen en las conductas de riesgo de los peatones en cruces semaforizados a través de la observación y de la aplicación de cuestionarios, permitiendo identificar no sólo factores de campo, sino factores socioeconómicos de los usuarios. Los estudios de comportamiento de los usuarios de la vía suelen concentrarse en países europeos y norteamericanos, por lo que es necesario establecer metodologías y replicar estos estudios en las ciudades latinoamericanas. Se encontró que la educación vial es un factor de influencia en la conducta de los usuarios, siendo aquellos con mayor nivel de educación vial los que tienen menos probabilidades de asumir conductas de riesgo, por lo que se visibiliza la necesidad de reforzar los mecanismos de educación en materia de cultura vial en aras de avanzar hacia una movilidad más segura e incluyente. Por otro lado, la educación vial en materia de infraestructura influye de manera directa en la asunción de conductas de riesgo por parte de los peatones. La investigación, también, permitió identificar características de la infraestructura, como la ubicación del paso peatonal respecto al punto de conflicto, así como la interacción de los peatones con los conductores de vehículos motorizados que realizan maniobras de vuelta continua o no respetan los cruces peatonales, como factores que influyen en la probabilidad de que estos asuman conductas de riesgo.

Los galardonados expresaron su agradecimiento a la Cátedra Abertis, a su universidad, a sus profesores y a sus familias, quienes siempre estuvieron apoyándolos durante la realización de su trabajo de investigación.

A ellos ¡Enhorabuena! |





## PROBLEMÁTICA DEL AGUA EN MÉXICO: TECNOLOGÍAS PARA SU SOLUCIÓN

Problemática del agua en México: tecnologías para su solución fue el título de la reunión que tuvieron académicos del Instituto de Ingeniería y una académica del COLMEX en las instalaciones de la Cámara de Diputados el pasado 13 de septiembre, con el fin de presentar ante varios diputados, soluciones tecnológicas a algunos problemas que la CDMX tiene que enfrentar sobre el tema del agua.

La primera ponencia estuvo a cargo del Maestro Jorge Alberto Arriaga Medina, coordinador de la Red del Agua en PUMAGUA, quien en nombre del Dr. Fernando González Villarreal presentó el Panorama sobre la situación del agua en México, con énfasis en la Ciudad de México. El reto del agua -dijo- es una problemática del presente, que requiere atención para la toma de decisiones y acciones inmediatas de todas las partes y sectores de la sociedad con una perspectiva a largo plazo.

Por su parte, el Dr. Oscar Fuentes Mariles presentó los puntos principales del Plan Maestro del Agua Potable encaminados a mejorar la distribución de este recurso en la Ciudad de México con la calidad adecuada y con la presión suficiente todos los días del año para toda la población. También, habló sobre varias ideas para prevenir encharcamientos e inundaciones, así como del saneamiento de aguas residuales.

Para presentar el proyecto Ciudades Hidrointeligentes, el Ing. Josué Pablo Hidalgo Jiménez mencionó que, para garantizar la seguridad hídrica en las ciudades, se están transformando en las llamadas ciudades hidrointeligentes, donde sus habitantes y tomadores de decisiones integran la planeación urbana, la gestión sustentable de los ecosistemas y la convergencia tecnológica con el objetivo de minimizar los impactos hidrológicos del desarrollo. Un ejemplo de esta transición es Ciudad Universitaria, impulsada por el Programa de Manejo, Uso y Reúso del Agua en la UNAM.

Durante su participación, el Dr. Juan Manuel Morgan Sagastume explicó lo que es una planta de tratamiento de agua residual y las tecnologías existentes. Posteriormente, se refirió a la situación del tratamiento de las aguas residuales en el país y comentó el estado general de la infraestructura, causas y efectos de ello. Por último -dijo- se expondrán los compromisos de México para la reducción de emisiones de GEI, su relación con el tratamiento de las aguas residuales y las tecnologías adecuadas a usar en el país con un enfoque sustentable, bajo el marco de un esquema integral de saneamiento.

Para concluir, al Dr. Ramón Domínguez le correspondió hablar sobre la Sectorización para la distribución de agua potable en la CDMX. Afirmó que los programas de sectorización son indispensables para tener un control de la red. Si no se controlan las redes, los programas de reparación de fugas son muy poco eficientes debido al fenómeno de migración (la reparación de las fugas en un sitio hace que se incrementen las presiones y que las fugas aumenten en otros sitios). Cabe destacar que la sectorización es un medio para llegar a un fin, no es una meta por sí misma. El principal objetivo de la sectorización es mejorar la eficiencia del servicio de suministro de agua potable, permitiendo la evaluación, el diagnóstico y tratamiento sistemático de la red para aprovechar la mayor cantidad de agua disponible, disminuyendo las fugas y permitiendo presiones más altas durante las 24 horas del día. Gracias a la sectorización podemos controlar, en cada sector, el ingreso de agua, las presiones así como el programa de detección y reparación de fugas con lo que se logra un mejor servicio.

La Dra. Judith Domínguez, investigadora de COLMEX, presentó en videoconferencia tema: “Derechos humanos, marco legal y áreas de oportunidad para una mejor gestión del agua”,

La Directora del Instituto de Ingeniería, agradeció a la Dra. Rosa María Flores Serrano la organización de este acercamiento al grupo de tomadores de decisiones políticas relacionadas con la problemática del agua, antes de hacer una donación de varios ejemplares del libro editado por el IIUNAM “El Agua, según la Ciencia”, del Dr. Enzo Levi y clausurar el evento. |



## DESTINO INNOVACIÓN, VIAJES ENTRELAZADOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Destino Innovación, viajes entrelazados de ciencia y tecnología es un evento que organiza el Instituto de Física de la UNAM cada año para fomentar el trabajo conjunto entre la industria y la academia a través de la ciencia y la tecnología.

Este año, el invitado fue el Instituto de Ingeniería de la UNAM, durante dos días se llevaron a cabo mesas de discusión y conferencias en las que participaron académicos de ambas dependencias.

La primer mesa redonda *La física y la ingeniería innovando para solucionar problemas*, tuvo lugar en el auditorio Alejandra Jaidar, en ella, participaron los Doctores William Lee, Coordinador de la Investigación Científica; Rosa María Ramírez, directora del Instituto de Ingeniería; Cecilia Noguez, directora del Instituto de Física; Rafael Carmona, investigador del IUNAM, actualmente comisionado como Coordinador del Sistema de Aguas de la Ciudad de México y el maestro Eduardo Vázquez de Agua Capital.

Al tomar la palabra, la Dra. Ramírez dijo que este evento es importante porque estamos presentando la trascendencia que tiene la aplicación del conocimiento, Rafael Carmona es un ejemplo viviente de lo importante que es no sólo tener un desarrollo en nuestros laboratorios, sino aplicar este conocimiento a la solución de problemas reales como es el agua. Es indispensable -agregó- la vinculación entre cuatro sectores: la sociedad, el gobierno, la academia y las empresas privadas.

Por su parte, el maestro Vázquez Herrera comentó que muchas de las necesidades de la sociedad se rigen desde la academia, en especial en el campo de las ingenierías. Cada uno -afirmó- debemos hacer lo propio para obtener los objetivos planteados.

El Dr. Rafael Carmona afirmó que la UNAM está obligada a atender los problemas nacionales y lo hace desde muchas aristas, una de ellas, la formación de recursos humanos. A mí la Facultad de Ciencias me dio las bases fundamentales para desarrollarme en cualquier aspecto técnico que se presentase en mi camino. He vivido aspectos muy importantes de las grandes obras de hidráulica que tiene nuestro país en el planteamiento para conservar durante muchos años la operación de esos sistemas que nos permiten llevar el agua a poblaciones grandes como la CDMX y pequeñas al interior del país.

Como investigadores tenemos una gran responsabilidad, por ejemplo, a mí me tocó atender el problema de cavitación de Chicoasén, después de estudiarlo, a pesar de la opinión de los japoneses e italianos, le propuse al profesor Sánchez Bribiesca quitar las aletas a las turbinas, pero hacerlo llevaba consigo la posibilidad de producir un problema de resonancia con la capacidad de generar un sismo demoledor en la casa de máquinas enclavada en el interior de la montaña. El ing. Fernando Hiriart

dio la orden de que hiciéramos este movimiento, que fue exitoso y que representó, por un lado, un ahorro económico de varios millones de pesos al desaparecer este problema por no interrumpir la generación de energía hidroeléctrica durante las reparaciones frecuentes de estas máquinas.

Plantear soluciones a partir de análisis científicos permite resolver problemas de la industria al servicio de nuestra sociedad como lo establece la ley orgánica de nuestra universidad. Es evidente que hay que fortalecer el vínculo entre la academia, gobierno, empresas privadas y sociedad, sin cerrar el círculo no se puede trabajar en bien del país.

Para la Dra. Cecilia Noguez, atacar los problemas de manera integral es la mejor manera de enfrentarlos. Colaborar con otras áreas del conocimiento nos permite ampliar nuestra visión, pero es evidente que no contamos con la experiencia de promover nuestros avances científicos, tocamos puertas que se supone estarían abiertas, pero no es así, lo único que las personas perciben es que hace falta invertir dinero, pero no alcanzan a valorar los beneficios que les ofrecemos, esto es muy frustrante para todos. La academia, las empresas, el gobierno y la sociedad -subrayó la Dra Noguez- deben de manera conjunta trabajar para encontrar soluciones inmediatas, porque la ciencia y la tecnología no lo van a lograr por sí solas.

El Dr. William Lee, coordinador de la Investigación Científica, mencionó que es evidente que la escala del sistema innovación e investigación en el país es insuficiente, porque tanto el número de personas, como el número de instituciones dedicadas a la educación y la investigación son insuficientes. Hace falta más docencia, investigación e innovación en aspectos técnicos dada la diversidad de nuestro país en términos geológicos, energéticos, biológicos y es que, la problemática del país es muy distinta en el norte que la del sur.

La academia debe aprovechar sus recursos para ponerlos a disposición hacia fuera. En la Coordinación de la Investigación Científica hemos tratado que los programas universitarios planteen un problema y busquen ligar y aprovechar las capacidades para atenderlo de la manera más eficiente, para que los investigadores no tengan que hacer los trámites que requiere, por ejemplo, la firma de un convenio.

Otro punto importante tiene que ver con la normalización, homogenización y certificación de lo que ofrecemos, aquí nosotros debemos asegurarle al usuario externo que lo que estamos haciendo tiene calidad y repetibilidad para un diagnóstico que después lleve a otra cosa.

A la academia nos corresponde proponer esquemas y directrices en el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación en el país pensando en las necesidades de los próximos veinte años, pero, dejando un espacio para que los demás actores participen haciendo una agenda común que podamos presentar a las autoridades en turno de los próximos años, en esto vale la pena reflexionar desde ya. |

## ENGINEERING CHALLENGE 2022

Estudiantes de los últimos dos semestres de la licenciatura en Ingeniería Civil, de los posgrados de Ingeniería Estructural e Ingeniería Geotécnica de la UNAM, tuvieron la oportunidad de participar en la tercera edición del Engineering Challenge 2022 que tuvo lugar el 27 y 28 de septiembre.

Los objetivos del concurso fueron: darles la oportunidad a los concursantes de trabajar en casos y problemas reales sobre sistemas de anclajes post instalados; fomentar la vinculación entre los estudiantes y las empresas de la industria de la construcción; e impulsar el trabajo en equipo, considerando la integridad, el compromiso, la decisión y la responsabilidad, entre otros factores. Siempre dentro de la sana competencia. Y por supuesto, también se buscó promover el uso de los sistemas de anclajes post instalados en México como soluciones estructurales eficientes y prácticas.

En esta ocasión participaron siete equipos con tres integrantes cada uno. Cada integrante del equipo ganador recibió un Medidor Láser PD-E.

Para esta tercera edición del Engineering Challenge, Hilti contactó al Instituto de Ingeniería de la UNAM a través del Dr. Sergio Alcocer de la Coordinación de Ingeniería Estructural, que forma parte de la Subdirección de Estructuras y Geotecnia.

Hilti es una empresa innovadora con sedes en todo el mundo; uno de sus objetivos es lograr que el trabajo de la construcción sea rápido, sencillo y seguro; además de los productos, sistemas, *software* y servicios innovadores que desarrollan día con día; por ello, esta empresa representa una oportunidad para que nuestros estudiantes conozcan las nuevas tecnologías, participen de proyectos con un enfoque práctico y se puedan integrar de manera más eficiente a la industria de la construcción. |

## CONOCIENDO NUESTRAS CAPACIDADES

El Instituto de Ingeniería de la UNAM organizó el Minicongreso Conociendo nuestras capacidades, cuyo objetivo es que la comunidad académica interesada en participar en la convocatoria Grupos Interdisciplinarios de Investigación se conozca entre sí, con el fin de generar propuestas más robustas capaces de atender con mayor rigor los problemas ambientales, sociales y tecnológicos en dos ejes temáticos estratégicos de investigación (ETEI): Nexo, Agua, Energía, Ambiente y Seguridad Alimentaria; además, el ETEI Ciudades Inteligentes.

El minicongreso se llevó a cabo del 22 al 26 de agosto. Cinco investigadores de alta categoría académica iniciaron el Minicongreso como líderes; en los dos días siguientes, se presentaron un total de 34 proyectos. Se clasificaron por la orientación a alguno de los dos Ejes Temáticos de Investigación y se destinó un día para cada ETEI.

Este primer minicongreso tuvo gran éxito; inicialmente, se recibieron 115 registros de personal académico que manifestó su interés en participar en esta convocatoria, con un total de 383 personas involucradas, pertenecientes a 15 entidades académicas. Al Minicongreso se inscribieron 39 personas; cinco de las cuales son los líderes ya mencionados, los otros 34 son académicos que de manera individual o en equipos de trabajo expondrán sus ideas de investigación o de solución a los problemas de interés.

Las ponencias del Minicongreso darán la pauta para que un grupo de evaluadores, entre los más reconocidos expertos en el tema de cada ETEI, seleccione las propuestas de proyectos que mejor resultado ofrezcan para contribuir a solucionar la problemática de México.

Este importante evento se desarrolló bajo la coordinación de la Dra. Rosa María Ramírez Zamora, directora del IIUNAM, con el apoyo de otras instancias universitarias, como la Coordinación de la Investigación Científica y la Secretaría de Investigación y Desarrollo. Además, participó activamente la Dra. Flores Serrano, Subdirectora de Hidráulica y Ambiental en el IIUNAM.

El minicongreso se transmitió en línea y las presentaciones de líderes y colaboradores podrán ser consultadas posteriormente a través de las redes sociales del IIUNAM.

Sin duda, este evento fomentará el trabajo interdisciplinario planteando soluciones óptimas a los problemas que tiene que enfrentar nuestro país. |





## ESPORA PSICOLÓGICA

Académicos, trabajadores y alumnos adscritos al Instituto de Ingeniería (IIUNAM) pueden acudir al programa Espora psicológica donde se les proporcionará apoyo para encontrar nuevas formas de organizar los pensamientos, manejo de emociones y conductas, así como, disminuir el malestar psíquico. Además, es una manera de detectar y prevenir problemáticas más severas.

Para aquellos interesados en este programa deben solicitar una cita al correo [espورا@iingen.unam.mx](mailto:espورا@iingen.unam.mx). La atención consiste en un proceso psicoterapéutico de 14 sesiones de 45 minutos por sesión, de lunes a viernes. La atención puede ser (presencial y virtual).

Las citas para este semestre 2023-1 tienen vigencia durante el periodo del 8 de agosto al 25 de noviembre de 2022.

Para mayor información pueden acceder al sharepoint ESPORA Psicológica IIUNAM, a través del siguiente vínculo:

<https://iingen.sharepoint.com/sites/Espora>



## XXIX CONGRESO INTERNACIONAL AMBIENTAL POR OSWALDO GUADARRAMA CERVANES

El Consejo Nacional de Industriales Ecologistas de México, A.C. (CONIECO) y la empresa Tarsus México, realizaron el XXIX Congreso Internacional Ambiental dentro del marco de la exposición THE GREEN EXPO que tuvo lugar del 6 al 8 de septiembre en el Centro Citibanamex, en la Ciudad de México.

Este evento reunió a empresas y expertos nacionales e internacionales, enfocados en el progreso y avance científico en materia medioambiental, además de diversos representantes gubernamentales.

Entre los temas principales bajo los que se desarrollaron las actividades del congreso se encuentran: economía circular, generación de energías limpias, electromovilidad en México, reducción de la huella de carbono, desarrollo de ciudades sustentables, entre otras.

El Congreso se realizó bajo el formato de tres eventos en un mismo espacio, la 29 edición de THE GREEN EXPO y el Congreso Internacional Ambiental de CONIECO, la sexta edición de Aquatech México y la tercera edición de Intersolar México. Teniendo como finalidad, el intercambio de ideas para lograr mejores resultados en favor del avance tecnológico y científico.

Por su parte, el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM), con la finalidad de promover sus proyectos con representantes de diversas empresas, estudiantes y sociedad en general, presentó

algunas de sus investigaciones que desarrolla actualmente y que se encuentran enfocados a la preservación del ambiente.

Con la presentación de este tipo de exposiciones, el Instituto de Ingeniería, busca establecer vínculos colaborativos entre la academia y la industria para generar un ambiente que propicie a la creación de nuevos proyectos. La exposición del stand informativo del IIUNAM estuvo enfocada en temas del cuidado y reúso del agua, energías verdes y el cuidado del ambiente.

El programa de actividades del evento estuvo integrado por la presentación de una feria de stands informativos y un programa de conferencias que se llevaron a cabo de forma simultánea, en las que se expusieron detalles de las tendencias más recientes y del futuro de la industria, así como de desarrollos tecnológicos enfocados a la protección ambiental. |



## ¿CÓMO O COMO?

Cómo y como son palabras homófonas (palabras que suenan fonéticamente igual, pero poseen significado y escritura diferente).

Función gramatical

**Cómo:** Es un adverbio tanto interrogativo como exclamativo.

- Introduce oraciones directas interrogativas o exclamativas.

Por ejemplo:

¿**Cómo** te llamas?

¿**Cómo** te sientes?

¡**Cómo** me gusta la pizza!

¡*Cómo* has crecido!

- Lo podemos hallar en oraciones indirectas interrogativas o exclamativas.

Por ejemplo:

No entiendo **cómo** lograste terminar el examen tan rápido.

María quiere saber **cómo** te llamas.

Me fascina **cómo** cuidas tu salud.

No te imaginas **cómo** estaban los niños cuando regresamos del trabajo.

- Funciona como adverbio de modo (semejante a “de qué manera” o “de qué modo”).

Por ejemplo:

No sé **cómo** supiste que estaría aquí.

Me interesa saber **cómo** se utiliza esta impresora.

- Puede usarse con valor causal (equivale a “por qué”).

Por ejemplo:

¿**Cómo** no me lo prometiste ayer?

¿**Cómo** es que nadie me informó que estabas aquí?

- Si aparece seguido del adverbio de negación “no” adquiere el sentido de “sí, claro”.

Por ejemplo:

Por supuesto que quiero ir al cine ¡**Cómo** no!

¿Quieres que cuide a tu perro? **Cómo** no, yo lo cuido.

- Cuando lo antecede un artículo se convierte en un sustantivo.

Por ejemplo:

Quiero que me expliques el **cómo** llegué aquí.

Ya me enteré que mi hijo se cayó, pero no me han informado el **cómo**.

### Usos de “como” sin tilde

Funciona como adverbio, conjunción o preposición.

- Como verbo: se trata de la primera persona de singular del verbo comer en presente de indicativo.

Ejemplo: Yo **como** pizza los sábados por la tarde.

- Como adverbio relativo se puede encontrar en varios casos:

- Como adverbio relativo de modo (equivale a “del modo que”, “de la manera que”):

Juan hizo la tarea **como** dijo el profesor.

- Como adverbio relativo con valor aproximativo:

Te esperé **como** seis horas.

- Adquiere valor atenuativo, si va después de un gerundio: Mi hija, **como** queriendo justificarse, dijo que llegó tarde a consecuencia del tráfico.

- Como conjunción:

- Introduce comparaciones de igualdad (en correlación a “tan o tanto”):

Sergio toca la guitarra **como** su padre.

- Introduce oraciones causales:

**Como** no desperté temprano, no voy a llegar a tiempo al trabajo.

- Introduce oraciones condicionales:

**Como** no hagas tu tarea, no pasarás de grado.

- Introduce oraciones subordinadas (equivale a “que”), cuando actúa como conjunción completiva:

El ladrón oyó **como** sonaban las sirenas de las patrullas.

- Introduce oraciones exclamativas con cierto sentido irónico:

**Como** que no hay tortillas.

■ Como preposición:

-Adquiere el significado de “en calidad de”, “en concepto de” o “a modo de”:

Me eligieron **como** abanderado en la escuela.

-Funciona como preposición, si se encuentra antepuesto a un complemento predicativo:

El maestro lo trataba **como** a su padre. |

- <https://www.ejemplos.co/13-ejemplos-de-tilde-diacritica/>
- <https://www.ejemplos.co/como-y-como/#ixzz7NA46dNyF>
- [https://10oraciones.com/oraciones-exclamativas/#40\\_Oraciones\\_exclamativas\\_directas](https://10oraciones.com/oraciones-exclamativas/#40_Oraciones_exclamativas_directas)
- <https://www.unprofesor.com/lengua-espanola/oraciones-exclamativas-indirectas-con-ejemplos-4025.html>
- <https://www.diccionariodedudas.com/como-o-como/>
- <https://www.fundeu.es/recomendacion/como-con-sin-tilde-diferencia/>
- <https://www.wordreference.com/definicion/c%C3%B3mo>
- <http://elblogdegramatica.blogspot.com/2012/11/adverbios-relativos-usos-y-ejemplos.html>
- <https://10ejemplos.com/como-y-como-su-diferencia/>
- <https://www.mundoprimary.com/reglas-ortograficas/como-o-como>
- <https://tildefacil.net/blog/como/>

Referencias

Coelho, Fabián (s.f.). "Cómo o Como". En: Diccioniariodedudas.com. Disponible en: <https://www.diccioniariodedudas.com/como-o-como/> Consultado: 20 de septiembre de 2022, 10:28 am.

RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS

# ECOTIPS

RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS

## Reciclaje de papel

Las cajas con esta leyenda se encontrarán distribuidas en todos los edificios

**UNÁMONOS POR UN MEJOR PLANETA**

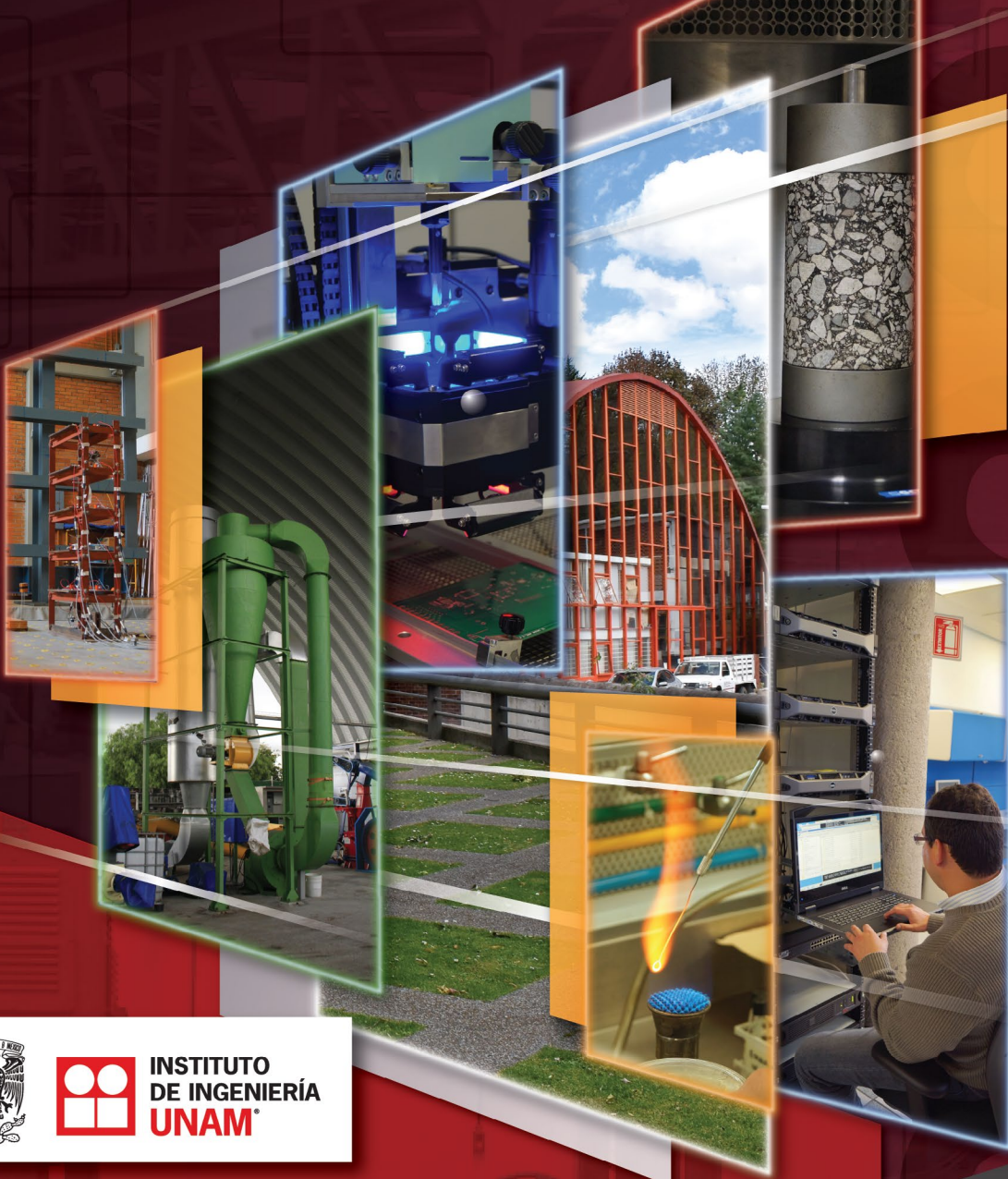
**COLOCA AQUÍ EL PAPEL QUE NO PUEDES VOLVER A USAR, ÚNICAMENTE RECICLAR**

CUANDO SE LLENE LA CAJA FAVOR DE REPORTARLO AL CORREO  
ALopezE@ingen.unam.mx  
JRochaR@ingen.unam.mx

GRUPO RAMII  
INSTITUTO DE INGENIERIA UNAM  
Responsabilidad Ambiental

UNÁMONOS POR UN MEJOR PLANETA  
COLOCA AQUÍ EL PAPEL QUE NO PUEDES VOLVER A USAR, ÚNICAMENTE RECICLAR





INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
**UNAM**

# PUERTAS ABIERTAS

*En el Instituto de Ingeniería, UNAM*

MODALIDAD  
VIRTUAL

Jueves 24 de noviembre 2022 de 10:00 a 15:00 h



Sigue la transmisión del evento a través de:

<https://streaming.iingen.unam.mx/PuertasAbiertas>

Informes: Lic. Verónica Benítez



VBenitezE@iingen.unam.mx



55 5623 3600 Ext.8112