



GACETA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM



INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM®

NÚMERO 152, ENERO - FEBRERO 2022
ISSN 1870-347X

Arreglos de resonadores aperiódicos como metabarreras para la protección a gran escala ante sismos

Diámetros medios de aerosoles automatizados por ultrasonido

Análisis de la isla de calor urbana: Nuevos métodos y tecnologías

Oleaje y diseño de estructuras marítimas en zonas tropicales bajo el contexto del cambio climático

Dra. Rosa María Ramírez Zamora - Segundo Informe de Actividades

EDITORIAL

En el inicio del año 2022 se presentó, como se esperaba, la cuarta ola por la pandemia de la COVID-19, en la que combinada con la aparición de la variante ómicron, las celebraciones decembrinas y el semáforo epidemiológico verde o amarillo que imperaba en el país, se rebasó ampliamente el número de personas contagiadas respecto a las tres anteriores olas. Sin embargo, debido a las acciones aplicadas en el Instituto de Ingeniería (IIUNAM), hasta mediados de febrero no hemos tenido contagios en nuestras instalaciones y sobretodo no hemos sufrido pérdidas que lamentar de nuestros miembros.

En ese marco, el 25 de enero de 2022 tuvimos un cambio de la Responsable Sanitaria del IIUNAM, ya que la Lic. Rosa María Solís Cruz (Jefa de Personal) sustituyó a la Dra. Rosa María Flores Serrano (Subdirectora de Hidráulica y Ambiental), debido al aumento significativo de llamadas de personas confirmadas o con sospecha de estar contagiadas de SARS-COV2. Por el aumento importante de personas a atender, designé para apoyar temporalmente a la Lic. Solís a tres responsables sanitarios de edificios en el campus de Ciudad Universitaria (la Lic. Elizabeth Plata García, el Dr. Daniel de los Cobos Vasconcelos y el Mtro. Miguel Ángel Mendoza García) y a dos más en nuestras unidades académicas foráneas (LAE Alma del Carmen Rivero Santiago en Sisal y al C. P. Javier Villanueva Morales en Juriquilla). Agradezco a la Dra. Flores su incondicional apoyo profesional e institucional que brindó de 2020 a enero de 2022 a la comunidad del IIUNAM como Responsable Sanitaria; también me congratulo por el apoyo que están brindando la Lic. Solís y los cinco responsables de edificios.

Esta ola de contagios y la época tan significativa que atravesamos al final del año 2021 y principios del 2022, tuvo una repercusión negativa en el ánimo de nuestra comunidad. Por ese motivo, los maestros Elda López y Alain Briseño del Grupo ESPORA de la Facultad de Psicología, en conjunto con

el Dr. Mauricio Rodríguez Álvarez, Vocero de Atención de Emergencias de la UNAM, impartieron pláticas en diciembre de 2021 y enero de 2022, para brindar orientación emocional e información sobre la variante ómicron; además, respondieron dudas de la comunidad para afrontar lo mejor posible esta situación. En este sentido, el Grupo ESPORA sigue brindando apoyo emocional a nuestra comunidad, el cual ha tenido una gran demanda por lo que se ampliaron las horas clínicas en las bases de colaboración que se están celebrando entre la Facultad de Psicología y el IIUNAM.

En otro orden de ideas, este año 2022 también lo iniciamos con un gran número de actividades que ya se han realizado y otras que están en curso. La primera es la realización de una jornada de celebración por el 11 de febrero, fecha que fue declarada por la Asamblea General de las Naciones Unidas como el Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia y en la Ingeniería. En esa jornada tan exitosa participaron más de 10 académicas y cuatro estudiantes de doctorado, a lo largo del día, en un formato de diálogos para poder transmitir su experiencia como científicas e ingenieras para ayudar a motivar a niñas y jóvenes (hombres y mujeres) a estudiar una carrera en estas áreas. Agradezco a todas nuestras académicas y estudiantes de doctorado que participaron en ese evento por su esfuerzo y por haber ayudado a alcanzar el objetivo planteado, que es vencer temores en nuestras niñas y jóvenes para despertarles más el interés por la ciencia y la ingeniería. Por otra parte, los días 15, 16 y 17 de febrero se llevó a cabo nuestra Reunión Informativa Anual, con gran entusiasmo por parte de los ponentes. El viernes 18 de febrero, en presencia del Doctor William Lee Alardin, Coordinador de la Investigación Científica, presenté a nuestra comunidad, amigos e invitados las actividades más relevantes que desarrollamos durante el año 2021. Desde mediados de febrero y hasta finales de marzo de este año, se llevarán a cabo las reuniones de las Subdirecciones y

UNAM

Rector
Dr. Enrique L. Graue Wiechers
Secretario General
Dr. Leonardo Lomeli Vanegas
Secretario Administrativo
Dr. Luis A. Álvarez-Icaza Longoria
Secretario de Desarrollo Institucional
Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa

Secretario de Prevención, Atención y Seguridad Universitaria
Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo
Abogada General
Dra. Mónica González Contró
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 Murià 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 Espíndola
Secretario de Telecomunicaciones e Informática
Ing. Marco Ambriz Maguey
Secretario Técnico de Vinculación
Lic. Luis Francisco Sañudo Chávez

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.

del Consejo Interno para realizar la evaluación académica 2021. En estas reuniones, podremos determinar las actividades y el grado que la pandemia ha afectado el desempeño de nuestros académicos, además de las acciones adicionales que se han iniciado desde el año pasado e inicios de 2022 para revertir esta situación.

En este sentido, en conjunto con la Asociación Jalisciense México, Innovación y Desarrollo (MIND) y la Mtra. Rocío Cassaigne, con el apoyo de material visual preparado por la Mtra. Amalia García y sus colaboradores de las patentes otorgadas al IIUNAM, así como el de los ingenieros Marco Ambriz (Secretario de Telecomunicaciones e Informática, STCI) y Luis Arellano, se han empezado a tener de manera exitosa reuniones de acercamiento con las cámaras de industriales y de empresarios de Jalisco para promover la vinculación con ese sector, a través de proyectos de investigación y de desarrollo tecnológico que podemos brindar. Asimismo, se ha iniciado un acercamiento con 17 entidades de la UNAM para que con sus y nuestros académicos y estudiantes se conformen Grupos Interdisciplinarios de Investigación (GII), en el marco de una convocatoria que se publicará durante el 2022, para que se desarrollen proyectos de dos ejes temáticos “Ciudades Inteligentes y Economía Circular” y “Nexo Agua-Energía-Ambiente-Seguridad alimentaria”, financiados con fondos del IIUNAM y de las entidades que participen, mismos que fueron propuestos por la Dirección de Emprendimiento Universitario de la Coordinación de Vinculación y Transferencia Tecnológica (CVTT). A manera de introducción, profundización y determinación de los nichos de oportunidad para contribuir en investigación y desarrollo tecnológico en ambos temas, en marzo y abril se llevarán a cabo conferencias y webinarios por expertos del país y extranjeros. Posteriormente, con el propósito de propiciar la colaboración entre académicos del IIUNAM y de las entidades académicas que participarán en la conformación de los GII, se organizarán seminarios y mini-simposios para que presenten sus líneas de investigación y capacidades que pueden brindar en el marco de los dos ejes temáticos que mencioné. La organización de ambos eventos será coordinada por el Dr. José Luis Fernández Zayas, exdirector del IIUNAM, actualmente investigador de la Subdirección de Electromecánica, a quien agradezco también este gran apoyo que brindará al IIUNAM. Estas dos últimas actividades se han realizado en el marco del Plan de Desarrollo 2019-2023 de la UNAM, en particular el eje 5 de Vinculación Nacional e Internacional, y el eje 6 de Vinculación del Plan de Desarrollo del IIUNAM.

Para concluir esta Editorial, quisiera compartirles dos noticias importantes relacionadas con algunos de nuestros queridos académicos. En primer lugar, les comunico que, en su sesión ordinaria del 3 de febrero, el pleno del Consejo Técnico de la Investigación Científica aprobó que se le asignara al Edificio 18 los nombres de los doctores Ricardo Chicurel Uziel (†) y Enrique Chicurel Uziel, muy destacados y queridos investigadores de la Subdirección de Electromecánica, con una trayectoria de más de 50 años en nuestro Instituto. En segundo lugar, les anuncio que, por iniciativa y apoyo de dos grupos de académicos de las coordinaciones de Ingeniería Estructural, encabezados por el Dr. José Francisco Sánchez Sesma, y de Geotecnia, encabezados por el Dr. Gabriel Auvinet, se realizará un homenaje para nuestros exdirectores el Ing. Daniel Ruiz Fernández† (1970-1974) el 9 de marzo y para el Dr. Daniel Reséndiz Núñez† (1974-1982) el 21 de abril de este año, quienes fallecieron en 2020 y 2021 respectivamente. Espero que las condiciones sanitarias nos permitan en breve realizar estas tres ceremonias de homenajes y la de la remodelación del Edificio 2.

Les deseo a toda nuestra comunidad un año 2022 muy exitoso y lleno de muchas satisfacciones y logros. |

Coordialmente,

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

PONTE
PUNMA



ARREGLOS DE RESONADORES APERIÓDICOS COMO METABARRERAS PARA LA PROTECCIÓN A GRAN ESCALA ANTE SISMOS

LOUKAS F. KALLIVOKAS,
FRANCISCO J. SÁNCHEZ-SESMA,
JOSÉ PIÑA FLORES, MATHIEU PERTON,
HEEDONG GOH Y HUGO CRUZ JIMENEZ

En el marco de un proyecto conjunto de carácter exploratorio financiado por CONACYT y la Universidad de Texas (CONTEX), se desarrolla en el Instituto de Ingeniería de la UNAM un proyecto para estudiar metamateriales sísmicos en el contexto de la ingeniería sísmica.

A pesar de los esfuerzos científicos y tecnológicos destinados a proteger las estructuras de los efectos catastróficos que provocan los sismos intensos, estos continúan causando un número importante de víctimas humanas y grandes pérdidas económicas en todo el mundo. Durante décadas, la protección integral de las obras civiles se ha enfocado en el diseño estructural para resistir las solicitaciones de un sismo. Las primeras soluciones pusieron el énfasis en el diseño por resistencia (buscando dar rigidez a las estructuras), mientras que las más recientes agregan elementos de control activos o pasivos (aisladores de base o disipadores, por ejemplo) a la estructura o incrementan su ductilidad a partir de elementos de sacrificio. Hoy surgen nuevas posibilidades a partir del efecto que pueden tener conjuntos de difractores o resonadores alrededor de las estructuras. ¿Se podrían proteger a las estructuras de la energía de sismos lejanos mediante el diseño de esos difractores? En esta investigación se busca demostrar que eso es factible, tanto técnica como económicamente. La idea es bloquear la propagación de las ondas con arreglos de resonadores que reflejan las ondas o las dirigen a direcciones distintas a la de las estructuras.

Descripción del proyecto

Tradicionalmente, la tarea principal para proteger las construcciones (edificios, centrales eléctricas, monumentos, puentes, carreteras, etc.) de los efectos de los sismos se ha restringido

a mejorar la estructura misma. Tal enfoque, conduce a que el diseño sísmico de las estructuras sea un diseño con resistencia excesiva. Actualmente, las estructuras son diseñadas tomando en cuenta tanto la resistencia como la ductilidad, donde parte de la energía sísmica es absorbida en deformación plástica. Estos diseños se basan en consideraciones de rendimiento o desempeño, indistintamente. Por otra parte, si la estructura se analiza de manera independiente o se toman en cuenta los efectos de la interacción suelo-estructura, la función del diseño sísmico sigue enfocada a la estructura.

A partir de los recientes avances en el estudio de los metamateriales y la ingeniería de difracción para medios periódicos, estamos convencidos que es el momento oportuno para un cambio de paradigma en el diseño sísmico.

Específicamente, nos interesa el diseño de arreglos resonantes periódicos que podrían instalarse alrededor de una estructura para ayudar a atrapar, reflejar, atenuar y eliminar las ondas en ciertas bandas de frecuencias o alejar las ondas incidentes antes de que alcancen la estructura (Fig. 1). En efecto, dado que todo lo que queda detrás de la barrera está protegido, sin importar las dimensiones del área protegida, es posible, para tales arreglos, formar escudos que protegerían no solamente una estructura individual, sino también, estructuras críticas de grandes dimensiones (puentes, centrales eléctricas), extendiéndose posiblemente incluso a ciudades enteras. Los beneficios sociales potenciales de un resultado exitoso serían múltiples, no sólo desde una perspectiva de mitigación sísmica, sino también, considerando que abre la posibilidad de estimular una nueva industria con impacto económico significativo y creación de empleos tanto en México como en Texas.

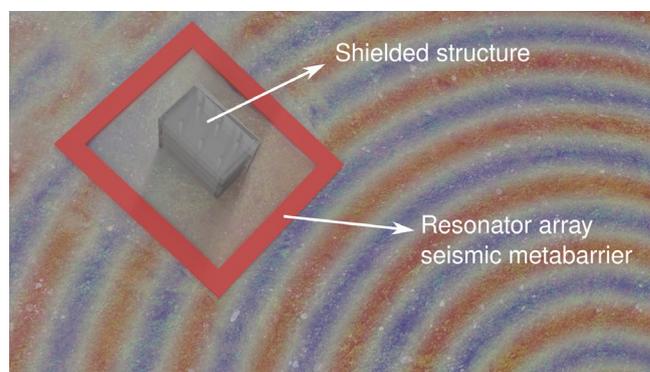


Figura 1. Esquema de una metabarrera sísmica basada en un arreglo de resonadores. Las ondas sísmicas incidentes, que se muestra aquí como ondas superficiales, se encuentra con un arreglo de resonadores que protege la estructura

Objetivos y plan de trabajo

Los objetivos claves de la investigación son, 1) desarrollar métodos para el diseño de metabarreras sísmicas en forma de arreglos de resonadores periódicos, 2) demostrar su efectividad de protección sísmica y aplicabilidad mediante simulaciones numéricas utilizando como entrada señales de sismos pasados. La ingeniería de difracción es actualmente uno de los campos de más rápido crecimiento en ciencia e ingeniería debido al gran interés y a la emergencia por los nuevos materiales cuyo diseño se basa en desempeño.

Antecedentes

La forma en que las ondas se propagan en un medio periódico es fundamental en la noción de una metabarrera sísmica. Un medio periódico consiste en celdas dispuestas en un patrón topológicamente repetido (ver Fig. 2a para un medio 1D). Al diseñar las propiedades de la celda es posible crear condiciones que impidan la propagación de las ondas. Por ejemplo, las zonas grises de la Fig. 2b representan zonas de sombra en algunas bandas de frecuencia: las ondas con frecuencias dentro de estas bandas no pueden propagarse en el medio periódico. En la Fig. 2c se representa una onda bicromática que incide en

un medio periódico. Sólo se transmite una monocromática, dado que una de las dos ondas fue eliminada dentro del medio que fue diseñado para tener un hueco en la banda de frecuencias.

En general, en una estructura periódica hay dos mecanismos clave responsables de la aparición de brechas o hiatos en bandas de frecuencias prohibidas. Primero, la periodicidad espacial crea patrones de interferencia de onda que pueden ser destructivos y/o constructivos. La interferencia destructiva, inducida únicamente por la difracción geométrica de las celdas, se conoce como resonancia de Bragg. En segundo lugar, una inclusión heterogénea tiene sus propias características de resonancia, que pueden ser amortiguadas creando así brechas de banda. Éstas se pueden introducir en un medio huésped mediante resonadores simples (los cilindros en la Fig. 3) distribuidos espacialmente dentro del medio huésped. Sin embargo, las brechas se manifiestan cerca de la frecuencia natural del resonador y están altamente localizadas. Si se desea una brecha más amplia, como es el caso de las aplicaciones sísmicas, entonces una distribución de resonadores con características de resonancia variables podría ampliar la banda de frecuencias prohibidas (Fig. 3b y 3c), dando como resultado el llamado efecto de atrapamiento de arcoíris donde el rango de frecuencia deseado está cubierto por el conjunto de las frecuencias de cada resonador.

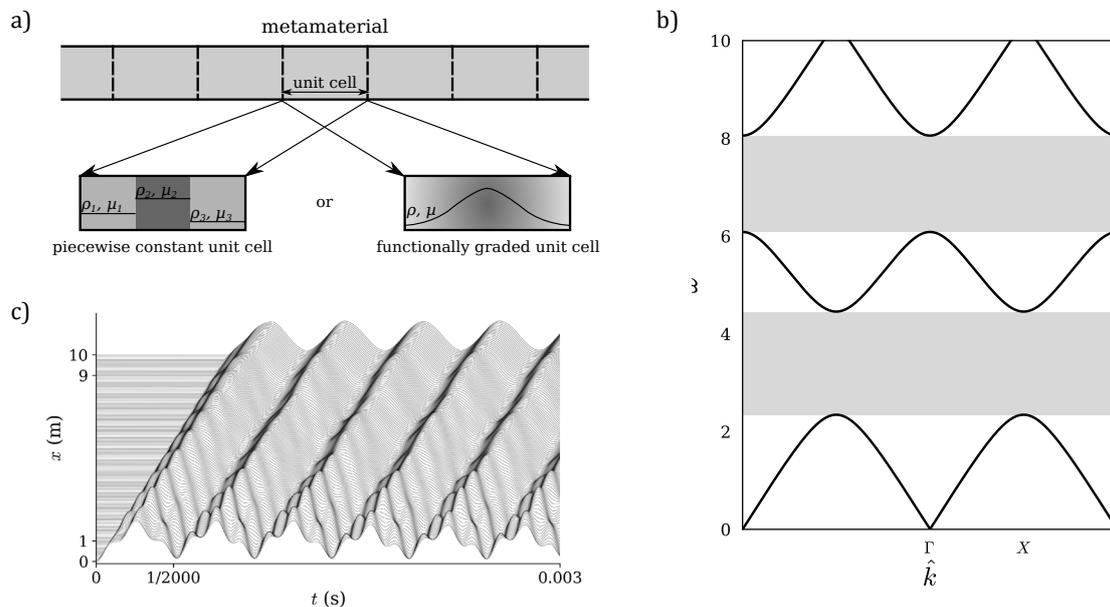


Figura 2. a) Estructura periódica 1D que comprende una secuencia infinita de celdas unitarias; b) estructura de banda de una estructura periódica 1D; c) una onda dicromática que entra a un medio 1D con periodicidad finita sale como una onda monocromática debido a las brechas en la banda de frecuencias

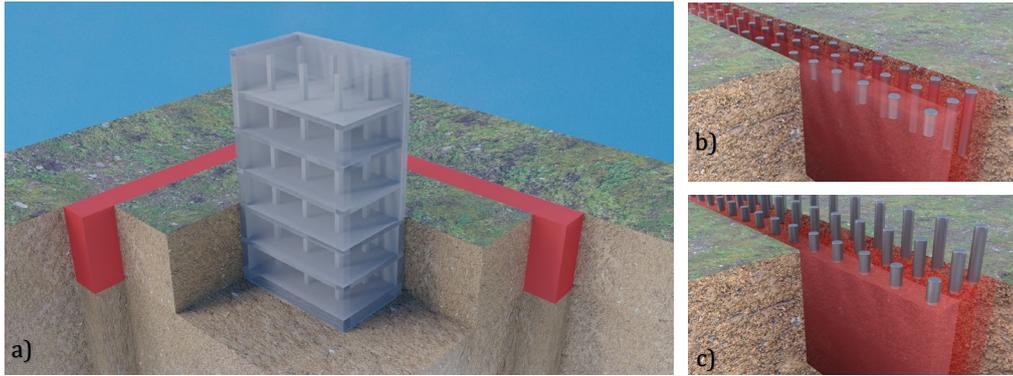


Figura 3. a) Diseño conceptual de una metabarrera sísmica de resonadores; b) detalle de la metabarrera sísmica que muestra un arreglo enterrado de resonadores aperiódicos; c) metabarrera sísmica con arreglo de resonadores por encima del suelo

Diseño específico del arreglo de resonadores

Dado un escenario sísmico, expresado en términos del contenido de energía en ciertas frecuencias y de la direccionalidad, el objetivo primordial del diseño inverso es concebir un arreglo de resonadores periódicos que permita minimizar el movimiento incidente considerando todos los tipos de ondas, las ondas superficiales y de cuerpo. El diseño inverso abarca tanto la disposición topológica de los resonadores, como sus características de resonancia individuales. Nosotros intentamos perseguir tanto los diseños de dirección específica, como las metabarreras omnidireccionales (es decir, barreras capaces de bloquear ondas independientemente de sus direcciones de propagación).

Diseño de un resonador individual

A partir de las características dinámicas y/o resonantes de cada metabarrera, surge un segundo problema de diseño:

encontrar la composición del material del resonador para una geometría fija, que satisfaga el comportamiento resonante deseado. Entonces, surge la pregunta ¿de qué debería estar hecho el resonador para comportarse según el diseño? Para abordar los problemas de diseño en el arreglo y en el resonador individual, implantamos un método de optimización de la topología y de los materiales. La Fig. 4a muestra una celda de 4m x 4m compuesta de 3 materiales que elimina la energía de las ondas en bandas de frecuencias en el rango de 5 a 10 Hz. Posteriormente, la celda se usó para construir una metabarrera muy estrecha (Fig. 4b; zona sombreada; de 2 celdas de ancho) y permite eliminar ondas que provienen de cualquier dirección. El espectro de Fourier del movimiento registrado reveló que las ondas fueron eliminadas en la brecha de frecuencias estipulada (Fig. 4c). Se presentan en la Fig. 4d instantáneas de la propagación de onda a diferentes tiempos (el tiempo está en el eje vertical): las ondas con frecuencias indeseables se han detenido claramente al pasar la metabarrera.

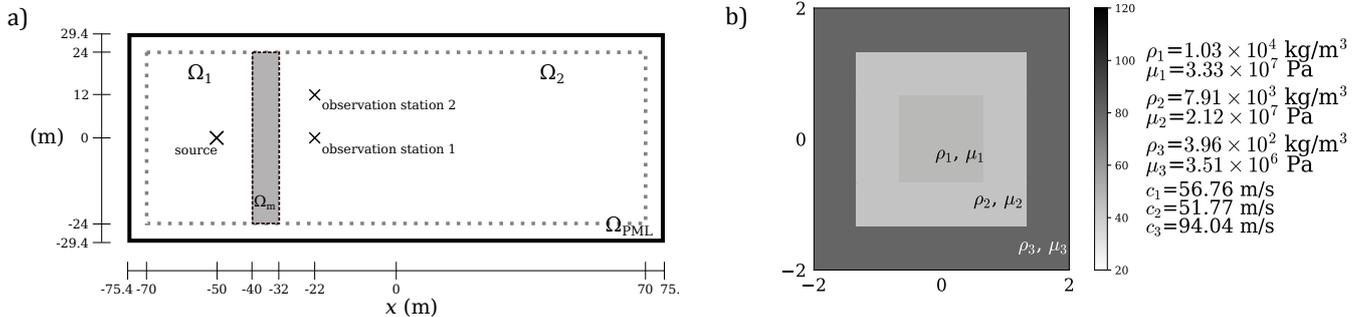


Figura 4 (a y b). Metabarrera 2D que consta de 2 (o 4) filas de celdas unitarias. Cada celda unitaria es de 4mx4m. La celda unitaria consta de 3 materiales, con velocidades de onda de corte entre 57-94 m/s. La banda de frecuencias eliminadas de la metabarrera está entre 5-10Hz

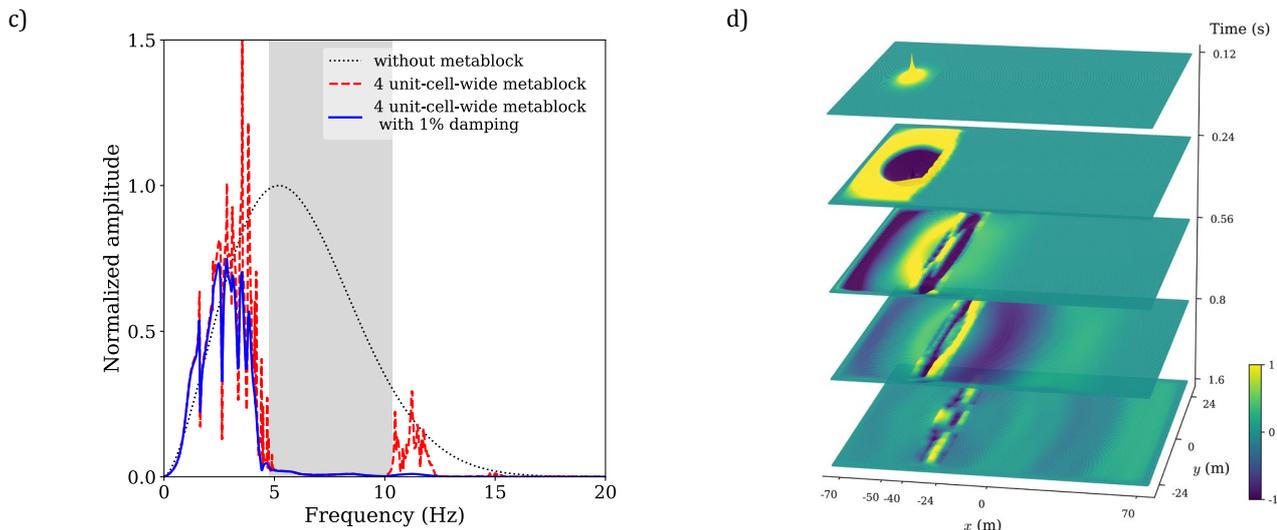


Figura 4 (c y d). Metabarrera 2D que consta de 2 (o 4) filas de celdas unitarias. Cada celda unitaria es de 4mx4m. La celda unitaria consta de 3 materiales, con velocidades de onda de corte entre 57-94 m/s. La banda de frecuencias eliminadas de la metabarrera está entre 5-10Hz

Finalmente, la investigación propuesta aspira a proporcionar la base para el primer diseño sistemático de metabarreras sísmicas basadas en arreglos periódicos de resonadores. Esperamos proponer diseños de resonadores específicos para reducir las solicitaciones sísmicas en escenarios realistas. En la protección contra sismos buscamos poner atención de manera integral en el medio circundante y en la estructura. Esto representa un cambio de paradigma significativo. |

Referencias

Colombi, 2016. Resonant metalenses for flexural waves in plates. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 140(5):EL423-EL428.

Colombi; D. Colquitt; P. Roux; S. Guenneau y R. V. Craster, 2016. A seismic metamaterial: The resonant metawedge. *Scientific Reports*, 6:27717.

D. J. Colquitt; A. Colombi.; R. V. Craster; P. Roux y S. R. L. Guenneau, 2017. Seismic metasurfaces: Subwavelength resonators and Rayleigh wave interaction. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 99:379-393.

Fathi, L. F. Kallivokas y B. Poursartip, 2015. Full-waveform inversion in three-dimensional PML-truncated elastic media. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 296:39-72, 2015.

H. Goh y L. F. Kallivokas. Group velocity-driven inverse metamaterial design, *Journal of Engineering Mechanics*, 2019 (in review).

H. Goh y L. F. Kallivokas. Inverse metamaterial design for controlling band gaps in scalar wave problems. *Wave Motion* (accepted), 2019.

L. F. Kallivokas; A. Fathi; S. Kucukcoban; K. H. Stokøe; J. Bielak y O. Ghattas. Site characterization using full waveform inversion. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 47:62-82, 2013.

J. W. Kang y L. F. Kallivokas. The inverse medium problem in heterogeneous PML-truncated domains using scalar probing waves. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 200(1):265-283, 2011.

S. Krödel; N. Thomé y C. Daraio. Wide band-gap seismic metastructures. *Extreme Mechanics Letters*, 4:111-117, 2015.

S. Kucukcoban; H. Goh y L. F. Kallivokas. On the full-waveform inversion of Lamé parameters in semi-infinite solids in plane strain. *International Journal of Solids and Structures*, 2019.

M. Miniaci; A. Krushynska; F. Bosia y N. M. Pugno. Large scale mechanical metamaterials as seismic shields. *New Journal of Physics*, 18(8):083041, 2016.

Palermo; S. Krödel; A. Marzani y C. Daraio. Engineered metabarrier as shield from seismic surface waves. *Scientific Reports*, 6:39356, 2016.

H. Bao; J. Bielak; O. Ghattas; L. F. Kallivokas; D. R. O'Hallaron; J. R. Shewchuk y J. Xu. Large-scale simulation of elastic wave propagation in heterogeneous media on parallel computers, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 152 (1-2), 85-102, 1998.

J. Avilés y F. J. Sánchez-Sesma. Piles as barriers for elastic waves. *J of the Geotechnical Engineering Division, ASCE Vol 109*, No 9, pp 1133-1146, Sept 1983.

F. J. Sánchez-Sesma; U. Iturrarán-Viveros y M. Perton. "Some properties of Green's functions for diffuse field interpretation", *Mathematical Methods in the Applied Sciences* 40 (9), 3348-3354. (2017) (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002/mma.3947.

J. Avilés y F. J. Sánchez-Sesma. Foundation isolation from vibrations using piles as barriers, *Journal of Eng Mechanics, ASCE*, Vol 114, No 11 pp 1854-1870, nov 1988.

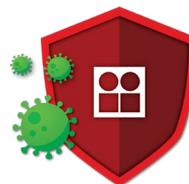
J. Avilés y F. J. Sánchez-Sesma. Atenuación de ondas elásticas con barreras de pilotes, *Revista Int de Métodos Numéricos para el Cálculo y Diseño en Ingeniería*, Vol 4, No 2, pp 215-228, 1988.

H. Kawase; F. J. Sánchez-Sesma y S. Matsushima. The Optimal Use of Horizontal-to-Vertical Spectral Ratios of Earthquake Motions for Velocity Inversions Based on Diffuse-Field Theory for Plane Waves, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 101, No. 5, pp. 2001-2014, 2011, doi: 10.1785/0120100263.

M. Perton y F. J. Sanchez-Sesma. The indirect boundary element method to simulate elastic wave propagation in a 2-D piecewise

homogeneous domain, *Geophys Journal International* 202, 1760-1769 (2015) doi: 10.1093/gji/ggv241, GJI Seismology,

J. Morales-Valdéz; L. Alvarez-Icaza y F. J. Sánchez-Sesma. Shear building stiffness estimation by wave traveling time analysis, *Struct Control Health Monit*, 2017. <https://doi.org/10.002/stc.2045>.



Juntos
prevenimos
la **COVID-19**



INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM

RIA

Reunión Informativa Anual

2022

Evento en línea
Febrero 15, 16 y 17
de 17:00 a 19:20 horas

Con 10 minutos para cada ponencia

Martes 15 de febrero de 2022

Todas las subdirecciones

Miércoles 16 de febrero de 2022

Todas las subdirecciones

Jueves 17 de febrero de 2022

Todas las subdirecciones



Acceda al evento por medio de la siguiente liga
<https://streaming.ingen.unam.mx/RIA2022>

DIÁMETROS MEDIOS DE AEROSOL ATOMIZADOS POR ULTRASONIDO

RUBÉN C. ESQUIVEL Y WILLIAM VICENTE

Romper un cuerpo líquido en gotas pequeñas es un proceso con utilidad en aplicaciones industriales, como el recubrimiento de superficies y pinturas; en aplicaciones químicas, como la combustión; en aplicaciones médicas, como el suministro de medicamentos; incluso en la agricultura, como la dispersión de insecticidas y el control de la humedad del aire. Este proceso recibe el nombre de atomización y se produce por la discrepancia entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo líquido (Lefebvre y McDonell 2017).

El conjunto de gotas recibe el nombre de aerosol y se describe con una distribución de probabilidad de los posibles diámetros de las gotas que lo componen. Los momentos de la distribución reciben el nombre de diámetros medios y expresan la fineza del aerosol. Diferentes aplicaciones requieren de aerosoles con determinados diámetros medios, por lo que el diseño de atomizadores requiere de herramientas que permitan su cálculo.

La quema eficiente de un combustible líquido requiere que el combustible se atomice y disperse en el aire que se utilizará como comburente, formando la mezcla aire-combustible. La finalidad de la atomización es maximizar la superficie de contacto entre el combustible y el comburente, pues en la superficie líquida ocurre la reacción de combustión. La fineza de las gotas influye en la velocidad del frente de flama, el porcentaje de combustible quemado, la temperatura de combustión, la autoignición de la mezcla aire-combustible y las emisiones contaminantes. Los factores mencionados repercuten en el desempeño de un vehículo al afectar la eficiencia y potencia del motor; el consumo específico de combustible, el tiempo que tarda el motor en alcanzar la temperatura de operación, la eficiencia de conversión del catalizador automotriz y las emisiones vehiculares (Reif 2015).

Uno de los proyectos de investigación del Instituto de Ingeniería en conjunto con la UNICE (Unidad de Investigación y Control de Emisiones de la Facultad de Ingeniería) es analizar los procesos de atomización y su aplicación en motores de combustión interna.

Automatización ultrasónica

Una forma de romper el cuerpo líquido es mediante la acción de ondas acústicas de alta frecuencia e intensidad. La Figura 1

ilustra el proceso de atomización: un substrato vibra con una frecuencia f y una amplitud r excitando una capa líquida de densidad ρ , viscosidad μ y tensión superficial σ que eyecta gotas de diámetro D a una tasa volumétrica \dot{V} ; las gotas se eyectan por la fractura de ondas capilares de longitud de onda λ causadas por la acción de la vibración del substrato, la formación de las ondas capilares recibe el nombre de inestabilidad de Faraday (Müller, *et al.* 1998).

Con la finalidad de analizar la relación entre las seis variables independientes que modelan la atomización ultrasónica y los diámetros medios de los aerosoles, se realizan muestreos experimentales de aerosoles atomizados a partir de fluidos con diferentes densidades, viscosidades y tensiones superficiales a distintos gastos volumétricos y desplazamientos de vibración.

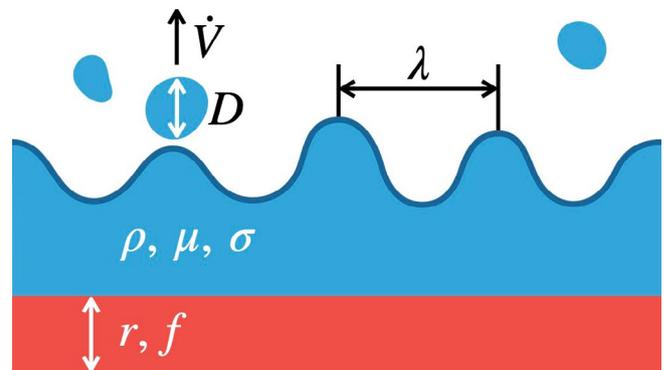


Figura 1. Diagrama del proceso de atomización ultrasónica

Metodología

Para variar la viscosidad del fluido se analizan mezclas de agua destilada y glicerina; para variar la tensión superficial se emplean mezclas de agua destilada con etanol; finalmente, se atomiza agua destilada a distintos gastos volumétricos para analizar su influencia en los diámetros medios. La intensidad de vibración se ajusta de acuerdo con el gasto para obtener una atomización estable. La Tabla 1 muestra las mezclas y sus propiedades; así como el gasto volumétrico y la amplitud de vibración que se emplean en cada prueba, todas son atomizadas a 2.4 MHz.

El atomizador consiste en un disco de PZT de 12 mm. El líquido se suministra al disco a través de una jeringa accionada por un motor a pasos para mantener un flujo constante. El disco se orienta hacia abajo para permitir el muestreo del aerosol.

Tabla 1. Parámetros de las pruebas experimentales de atomización obtenidos de Khattab *et al.* 2012 y Takamura *et al.* 2012

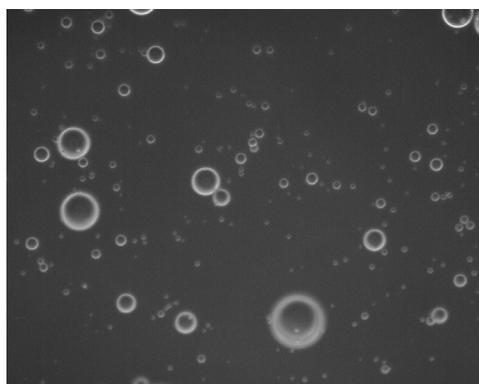
Solución %	ρ kg/m ³	μ mPa s	ρ mN/m	r nm	V mm ³ /s
Agua	998.7	1.002	72.75	251	2.649
Agua	998.7	1.002	72.75	317	7.947
Agua	998.7	1.002	72.75	419	13.25
Etanol 10	973.1	1.837	43.37	419	7.947
Etanol 20	948.9	2.586	34.21	419	7.947
Etanol 30	925.8	3.078	30.9	419	7.947
Glicerol 15	1032	1.32	70	419	7.947
Glicerol 30	1090	2.5	68	419	7.947
Glicerol 50	1130	6.05	65	443.4	7.947

Cuando se alcanza una atomización estable, se coloca un portaobjetos recubierto con aceite de silicona a 20 mm. debajo del atomizador durante un segundo para recoger la muestra. Inmediatamente, el portaobjetos se fotografía con un microscopio digital Dino-Lite™ bajo un aumento de 950x. Se toman fotografías de la muestra durante un periodo de treinta segundos para evitar la coalescencia y dilución de las gotas en el aceite de silicona. Para cada prueba, el muestreo de gotas se repite cuatro veces. Las fotografías se analizan con el *software* de código abierto ImageJ para obtener la distribución del tamaño de las gotas. El análisis consiste en identificar las gotas fotografiadas con una circularidad de 90% o mayor, esto con la finalidad de evitar errores de medición causados por las imágenes de gotas superpuestas, como se observa en la Figura 2. Posteriormente, el área de cada gota identificada

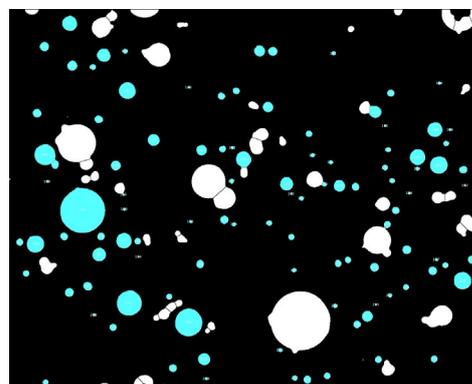
se mide y se asigna el diámetro de un círculo con un área equivalente como diámetro de la gota, pues experimentalmente se ha demostrado que las gotas capturadas dentro del aceite de silicona adoptan una forma esférica (Tate 1961).

Resultados

La Figura 3 muestra las distribuciones para la atomización de agua destilada con tres distintos gastos volumétricos. Se observa que, al incrementar el gasto y la intensidad de atomización, la distribución tiende a sesgarse a partículas de mayor tamaño. La Figura 4 muestra los resultados para las mezclas agua-etanol, y la Figura 5 los resultados para las mezclas agua-glicerol. Se observa que los diámetros medios tienden a incrementar cuando aumentan la viscosidad y la tensión superficial.



a)



b)

Figura 2. Análisis de la muestra de aerosoles: a) fotografía de las gotas y b) identificación en ImageJ™ de las gotas y medición de su área

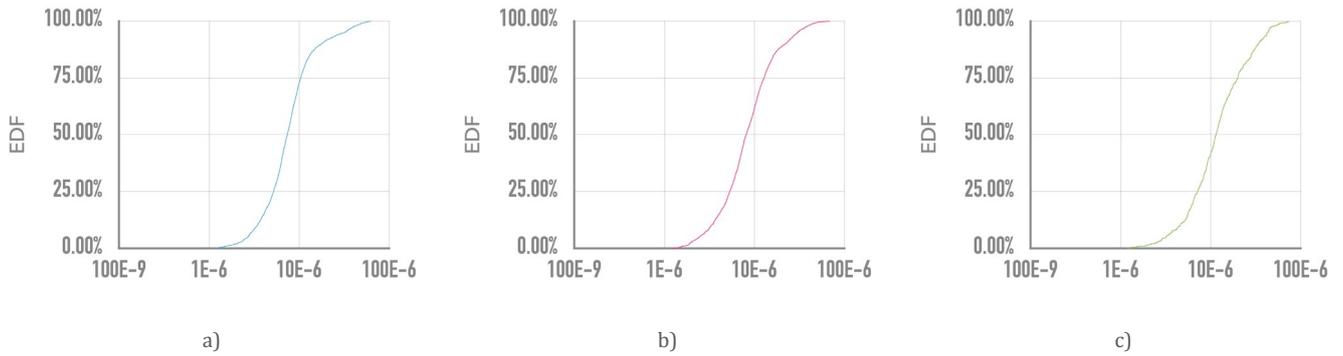


Figura 3. Distribuciones acumulativas empíricas del aerosol de agua destilada: a) gasto de 2.6 mm³/s, b) gasto de 7.9 mm³/s y c) gasto de 13.3 mm³/s

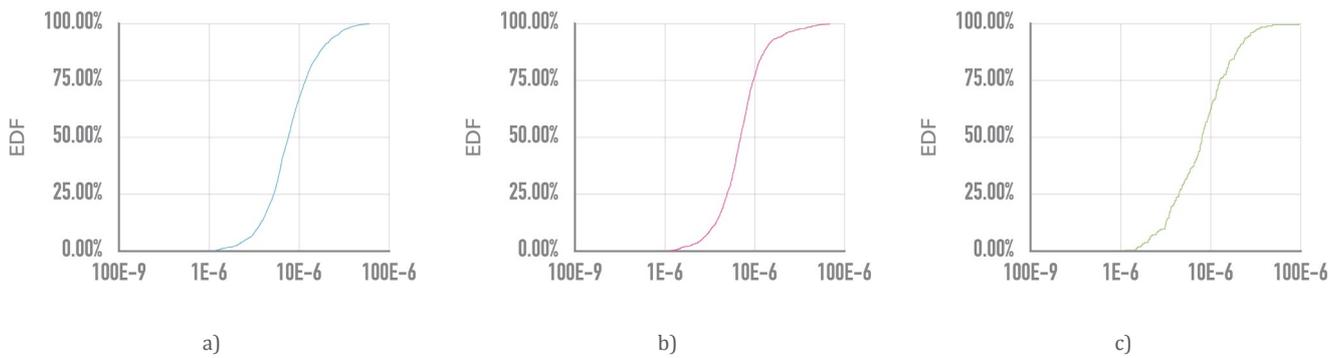


Figura 4. Distribuciones acumulativas empíricas del aerosol de agua destilada y etanol: a) 10% etanol, b) 20% etanol y c) 30% etanol

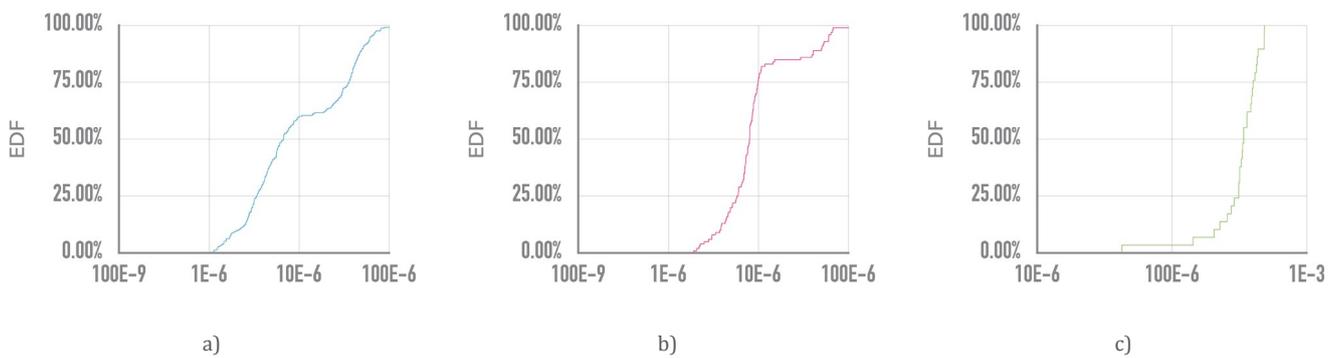


Figura 5. Distribuciones acumulativas empíricas del aerosol de agua destilada y glicerol: a) 15% etanol, b) 30% etanol y c) 50% etanol

Conclusiones

Al incrementar el flujo volumétrico, las distribuciones de tamaños de gotas tienden a sesgarse a gotas de mayores tamaños, lo mismo ocurre cuando incrementa la viscosidad o la tensión superficial del fluido. Para comprender mejor el proceso de atomización y la relación de los parámetros de atomización con la pulverización obtenida, en el futuro, se realizarán más pruebas con diferentes fluidos, gastos volumétricos y frecuencias.

La fineza de los aerosoles obtenidos mediante el proceso de atomización ultrasónica es adecuada para atomizar biodiesel, el cual, se caracteriza por una elevada viscosidad y tensión superficial, de forma que se obtenga una combustión completa y estable en un motor de combustión interna, por ello, el siguiente paso en la investigación es el diseño de un atomizador para biocombustibles. |

Referencias

- Khatab, Ibrahim Sadek.; Farzana Bandarkar.; Mohammad Amin Abolghassemi Fakhree y Abolghasem Jouyban. 2012. «Density, viscosity, and surface tension of water+ethanol mixtures from 293 to 323K.» *Korean Journal of Chemical Engineering* 29: 812-817.
- Lefebvre, Arthur H. y Vincent G. McDonell. 2017. *Atomization and Sprays*. 2º. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Müller, H. W.; R. Friedrich y D. Papathanassiou. 1998. «Theoretical and Experimental Investigations of the Faraday Instability.» En *Evolution of Spontaneous Structures in Dissipative Continuous Systems*, de Friedrich H. Busse y Stefan C. Müller; 230-265. Berlin: Springer.

- Reif, Konrad. 2015. *Gasoline Engine Management: Systems and Components*. Springer Vieweg.
- Takamura, Koichi; Herbert Fischer y Norman R. Morrow. 2012. «Physical properties of aqueous glycerol solutions.» *Journal of Petroleum Science and Engineering* 98-99: 50-60.
- Tate, R. W. 1961. «Immersion Sampling of Spray Droplets.» *A. I. Ch. E. Journal* 7 (4): 574-577.

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

ANÁLISIS DE LA ISLA DE CALOR URBANA: NUEVOS MÉTODOS Y TECNOLOGÍAS

SEGOVIA DURÁN AUGUSTO HUMBERTO
Y DAVID MORILLÓN GÁLVEZ

Isla de calor urbana (ICU) se refiere a las temperaturas elevadas que se presentan en el área urbana y suburbana de la ciudad, en comparación con las temperaturas de los alrededores o periferia (U.S. Environmental Protection Agency, 2008). Los principales factores causantes de este fenómeno pueden deberse a diversas causas, como:

- 1) El almacenamiento de calor, debido a las propiedades o características térmicas de los materiales de construcción utilizados en las calles, banquetas y edificios.
- 2) La geometría de las ciudades, donde el arreglo de las calles y edificios propicia que la radiación solar incidente se refleje en paredes, fachadas, tejados y suelos; gran parte de esta radiación se almacena, lo que altera el equilibrio en el intercambio de calor en el entorno urbano construido, afectando patrones de soleamiento y viento, que da como resultado un aumento de la temperatura del aire.
- 3) El cambio de uso de suelo y reducción de área verde, donde la sustitución de la superficie natural original por

un suelo asfaltado, concreto o adoquín, provoca la disminución de la evaporación, por tanto, se afecta la humedad del aire, disminuyendo el enfriamiento evaporativo del ambiente; además de que se afectan otros beneficios como la sombra producida por la vegetación.

- 4) La contaminación atmosférica, la cual provoca que la radiación emitida del suelo (Albedo, entre otros) hacia la atmósfera choque con las partículas contaminantes en la atmósfera urbana, por lo que parte de esta radiación es absorbida y emitida de regreso por dicha capa, fomentando un efecto invernadero local en las ciudades.
- 5) Las actividades antropogénicas que generan calor procedente de diferentes actividades y procesos de combustión como el transporte, los equipos de aire acondicionado, alumbrado público, etc.

La isla de calor urbana conlleva a un conjunto de efectos con incidencia directa sobre la población. Varios trabajos de investigación que han estudiado el fenómeno (Elsayed, 2012; Santamouris, 2001) han demostrado que de los principales efectos de la isla de calor recae en la economía, debido al aumento del consumo de energía para enfriamiento de los edificios de la ciudad. Este efecto ha sido demostrado para algunas ciudades, como en Los Ángeles (EE. UU.), donde la demanda energética llega a representar un aumento entre 5 y 10% del total de la energía consumida, lo que se traduce en un costo adicional cercano a los 100 millones de dólares al año.

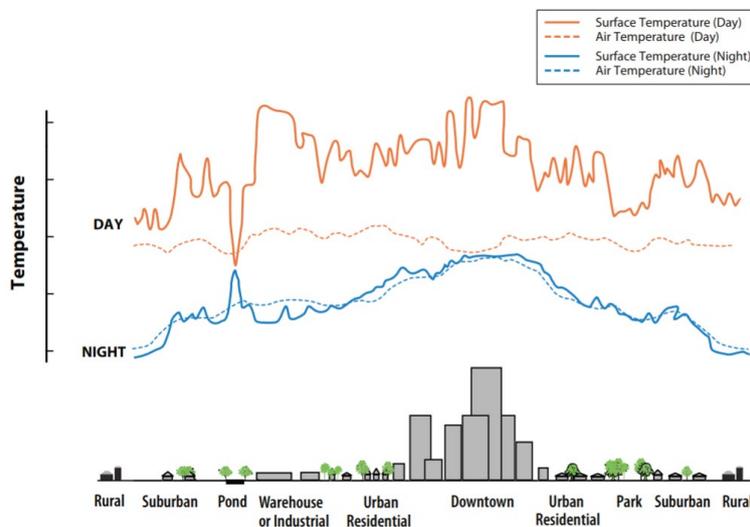


Figura 1. Intensidad de la Isla de Calor Urbano; US Environmental Protection Agency (2008)

El impacto en la salud de las personas es también otro efecto de las islas de calor (Miron *et al.* 2007; Martínez *et al.* 2004). Al estar mucho tiempo en exposición a un ambiente con temperaturas altas, puede provocar problemas como el agotamiento por deshidratación, calambres, golpes de calor e incluso la aparición de enfermedades cerebrovasculares. También, puede repercutir en el incremento de la mortalidad y la aparición de serios problemas respiratorios como consecuencia del aumento de los niveles de contaminación en la atmósfera (Ballester *et al.* 2003). Estos problemas respiratorios son producto de la acumulación de contaminantes (PM10, humos negros, SO₂, NO, CO) debido a la imposibilidad de dispersión (Sailor, 2004).

De Foy (2012) examinó las variaciones estacionales de la ICU, utilizando el espectroradiómetro de imágenes de resolución moderada (MODIS, por sus siglas en inglés), observaciones meteorológicas de superficie y el modelo de investigación y pronóstico meteorológico (WRF, por sus siglas en inglés). Las simulaciones WRF con el modelo Urban Canopy Model de una sola capa se inicializaron con datos MODIS, especialmente para el parámetro de fracción urbana. El modelo se utilizó para probar el impacto de los cambios en la fracción de vegetación en el área urbana, lo que indica que el aumento de la vegetación reduciría tanto el ICU de la superficie terrestre como el ICU de la temperatura del aire durante la noche.

En la revisión sobre la isla de calor urbano, con base en el análisis de los antecedentes (Woong Kim S., 2021), se resalta la necesidad de mayor investigación, para estimar y analizar con precisión la intensidad y magnitud de las ICU.

Métodos para evaluar la isla de calor

La evaluación del clima urbano, con objeto principal de monitoreo continuo, es definido como un clima regional modificado como consecuencia de la acción humana, cuya característica más destacable es el aumento de las temperaturas del aire con respecto al ambiente rural inmediato. El proceso de urbanización que da lugar al clima urbano puede ser expresado en términos de concentración de población, cambios en los materiales en la superficie terrestre y en la expansión de los espacios para habitar. Para evaluar el impacto de la urbanización en el clima regional existen cinco métodos principales:

- 1) Comparación de datos climatológicos entre estaciones urbanas, suburbanas y rurales, bajo la misma influencia de los sistemas meteorológicos de mesoescala, que son fenómenos que comprenden

entre 2 y 20 km de extensión territorial con una duración temporal de horas.

- 2) Realización de recorridos con vehículos instrumentados en trayectos previamente planeados, para identificar procesos que ocurren dentro de los 200 m en el espacio y que se manifiestan en minutos a pocas horas (Orlanski, 1975).
- 3) Análisis de series de tiempo para relacionar el crecimiento urbano con el clima de la ciudad en mesoescala.
- 4) Análisis de imágenes satelitales en las bandas térmicas infrarrojas (IR), al igual que los anteriores, se ubica dentro de la mesoescala.
- 5) Implementación de modelos físicos o numéricos para simular los fenómenos que ocurren dentro de las ciudades, generalmente en la microescala (hasta 2 km con duración de unos pocos minutos en algunas horas) (Orlanski, 1975).

Propuesta

Se propone aprovechar la tecnología nueva, como los vehículos aéreos no tripulados (VANT), para el análisis de las ICU mediante imágenes termográficas.

El uso de VANT para analizar el comportamiento térmico de las islas de calor no ha sido aplicado, si el uso de las imágenes térmicas, como el caso descrito por Soto-Estrada (2017), donde se menciona que las ICU pueden ser estudiadas a partir de valores de la Temperatura de superficie terrestre, los cuales, son obtenidos a partir de datos satelitales como el LANDSAT 4, 5 (TM), así como otras herramientas: Emisión y Reflexión Térmica Avanzada del Espacio (ASTER), Espectrorradiómetro de Imágenes de Resolución Moderada (MODIS), Radiómetro Avanzado de Muy Alta Resolución (AVHRR), etc. De igual manera, se especifica que las interferencias atmosféricas y la morfología del terreno determinan la radiación solar que llega a la superficie, por tanto, la intensidad del ICU, afectan las estimaciones de la temperatura de la superficie terrestre (LST por sus siglas en inglés). De esta manera, si se utiliza un VANT, con sensor térmico para recolectar datos sobre tipos de cobertura terrestre natural (vegetación del suelo y árboles) y artificial (concreto, asfalto y tejas de arcilla), obteniendo la información térmica proporcionada por el dron, se puede superar las limitaciones de los datos derivados del satélite, en términos de resolución espacial, temporal y radiométrica, apoyando así, en la determinación de las estrategias necesarias para la mitigación de ICU.

Rakha Y. *et al* (2018) utilizaron los VANT para apoyar en las auditorías energéticas, permitieron analizar problemas

de infiltración/exfiltración de forma rápida y precisa al tiempo que redujeron los costos operativos para minimizar los riesgos de seguridad. Aquí, se especifican bases para la metodología de esta técnica, empezando por la ruta de vuelo, sensores termográficos, el postprocesamiento de las imágenes y el desarrollo de un caso de estudio. Se concluye que “La tecnología infrarroja se puede adaptar como una herramienta de diagnóstico útil, así como un sistema de monitorización para reducir costos”.

Otra aplicación similar a partir de VANT es el uso de imágenes térmicas infrarrojas obtenidas por drones, para medir las temperaturas de la superficie y luego usar estos valores para calibrar modelos numéricos, con ello, dejar de usar valores obtenidos por termómetros de globo que son propensos a errores (Fabbri V. *et al* 2020). Todo esto, con el fin de estimar diferentes índices térmicos y empíricos (PMV), mediante el valor de la temperatura media radiante. Finalmente, se desarrollarán simulaciones en el *software* ENVI-met para comparar sus resultados con mediciones experimentales.

También, se realizarán comparaciones *in situ* de datos obtenidos por VANT y por satélites Landsat, donde se encontraron concordancia entre los valores de LST medidos *in situ* y los medidos por los VANT para la mayoría de los objetos-superficies, concluyendo que las mediciones térmicas a partir de esta tecnología pueden ser usados para estudiar el entorno térmico de la ciudad (Tepanosyan G. *et al*. 2021).

Actualmente, en el Instituto de Ingeniería se está desarrollando como proyecto de investigación la aplicación y uso de VANT e imágenes termográficas para el análisis de la isla de calor urbana en Ciudad de México, para identificar no sólo las islas de calor a nivel macro (Figura 2), sino también, las específicas para relacionarlas con los materiales de construcción, las áreas verdes y la densidad de tráfico, para plantear estrategias de mitigación que se vuelvan base de normatividad. |

Referencias

Ballester, F. *et al.* (2003). “Relación a corto plazo de la contaminación atmosférica y la mortalidad en 13 ciudades españolas”. *Medicina Clínica*, 121(18), 684-689.

Cui, Y. Y. y De Foy, B. (2012). Seasonal Variations of the Urban Heat Island at the Surface and the Near-Surface and Reductions due to Urban Vegetation in Mexico City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 51, 855-868.

Elsayed, I. (2009). Mitigation of the Urban Heat Island of the City of Kuala Lumpur, Malaysia; *Middle East Journal of Scientific Research* 11, 1602-1613; (2012).

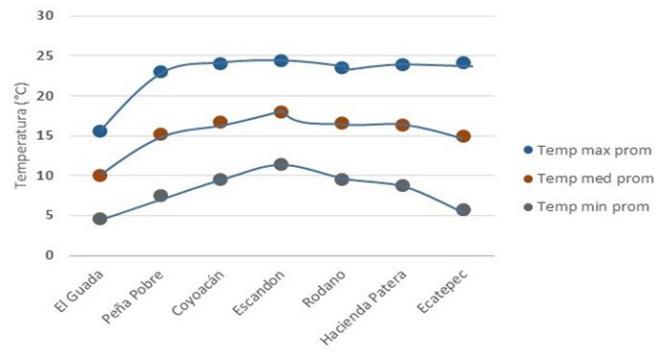


Figura 2. Temperaturas en la Ciudad de México de la isla de calor a nivel macro (Avenida Insurgentes)

U.S. Environmental Protection Agency, 2008. Reducing urban heat islands: Compendium strategies.

Fabbri, V. y Costanzo, V. (2020). Drone-assisted infrared thermography for calibration of outdoor microclimate simulation models; *Sustainable Cities and Society*, Volume 52.

Martinez, F. *et al.* (2004). “Valoración del impacto de la ola de calor del verano de 2003 sobre la mortalidad”. *Gac Sanit*, 18 (Supl 1), 250-258.

Orlanski, I. A rational subdivision of scales of atmospheric processes; *Bulletin of the American Meteorological Society*, 56 (1975), pp. 527-530.

Rakha, T. y Gorodetsky, A. (2018). Review of Unmanned Aerial System (UAS) applications in the built environment: Towards automated building inspection procedures using drones. *Automation in Construction*, volumen 93.

Sailor, D. J. y LU, L. (2004). “A top-down methodology for developing diurnal and seasonal anthropogenic heating profiles for urban areas”. *Atmospheric Environment*, 38(17), 2737-2748.

Santamouris, M. *et al.* (2001). On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings; *Solar Energy*, Vol 70, 201-216.

Soto-Estrada, E.; Correa-Echeverri, S. y Posada-Posada, M. (2017). Thermal analysis of urban environments in Medellin, Colombia, using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV), *Journal of Urban and Environmental Engineering*, Volumen 11 (2).

Tepanosyan, G.; Muradyan, V.; Hovsepian, A.; Pinigin, G.; Medvedev, A. y Asmaryan, S. (2021). Studying spatial-temporal changes and relationship of land cover and surface Urban Heat Island derived through remote sensing in Yerevan, Armenia, *Building and Environment*, Vol. 187.

Wong Kim, S. y Brown, R. D. (2021). Urban heat island (UHI) intensity and magnitude estimations: A systematic literature review; *Science of The Total Environment*, Volumen 779.

OLEAJE Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS MARÍTIMAS EN ZONAS TROPICALES BAJO EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

CHRISTIAN M. APPENDINI
Y PABLO RUIZ SALCINES

El último informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático de las Naciones Unidas deja claro que el calentamiento global existe y es resultado de la actividad antropogénica (IPCC, 2021). Si bien, los científicos nos han alertado al respecto desde hace años, cada día es más difícil ignorar los efectos del cambio climático, los cuales experimentamos como catástrofes derivadas de sequías, inundaciones, olas de calor y tormentas severas con frecuencias e intensidades inusuales. Los ciclones tropicales son uno de los fenómenos influenciados por el calentamiento global, ya que al aumentar la temperatura de los océanos existe mayor energía disponible para la intensificación de estos eventos. En la actualidad, existe un consenso en los estudios de que, si bien no es claro si aumentará el número de ciclones tropicales, se espera que los eventos más intensos (categorías 4 y 5 en la escala Saffir-Simpson), aumenten su frecuencia (Knutson *et al.*, 2020). Es decir, la probabilidad de que se presenten huracanes con vientos más intensos aumenta con el calentamiento global. En el caso de México esto no debe tomarse a la ligera, ya que estamos potencialmente expuestos a ciclones tropicales en todas nuestras costas y, bajo las condiciones proyectadas de calentamiento global, podemos esperar eventos más intensos afectando al país en el futuro.

Si bien, los mayores efectos destructivos por ciclones tropicales en México son consecuencia de la precipitación extrema (inundaciones pluviales, deslizamientos de tierras, etc.), y a nivel mundial debido a la marea de tormenta (inundaciones costeras), el oleaje es un parámetro del cual pocas veces escuchamos. No obstante, las estructuras marítimas, tanto costeras como costa afuera (*offshore*), son diseñadas considerando el oleaje al cual previsiblemente estarán expuestas durante su vida útil. Así, las olas más altas que podemos esperar en una zona definen el diseño estructural de las obras marítimas y, en el caso de los mares tropicales de México, estas olas son generadas por ciclones tropicales. Si consideramos que se

espera que el calentamiento global conlleve un incremento en la proporción de ciclones tropicales de las categorías más altas, es de esperarse que la altura de ola de diseño de obras marítimas en zonas expuestas al embate de ciclones tropicales deba incrementarse. Así, en México, es esencial conocer el oleaje bajo proyecciones de cambio climático para determinar los parámetros de diseño adecuados, así, evitar daños en las estructuras costeras y *offshore*, los cuales suelen tener consecuencias catastróficas para el ambiente, incluso, cobrarse vidas humanas. Esto es particularmente relevante en estos momentos en el país debido al impulso en la exploración de hidrocarburos en aguas profundas, donde se instalarán nuevas plataformas de extracción de hidrocarburos que, durante su vida útil, estarán funcionando bajo condiciones de cambio climático. Aún si pensamos en una transición energética en México, sigue siendo relevante la correcta determinación del oleaje de diseño, ya que los dispositivos de conversión de energía oceánica, incluso, los parques eólicos *offshore*, estarán sujetos a oleajes más energéticos que en la actualidad.

Debido a todo lo anterior, en el grupo de oleaje del Laboratorio de Ingeniería y Procesos Costeros de la Unidad Académica Sisal del Instituto de Ingeniería de la UNAM, hemos realizado distintos estudios para caracterizar el oleaje derivado de ciclones tropicales en mares mexicanos y el efecto del cambio climático sobre el mismo. Considerando la importancia de la extracción de hidrocarburos para impulsar el desarrollo del país en el gobierno actual, en este trabajo presentamos una evaluación del efecto de calentamiento global sobre el clima de oleaje en el Golfo de México, con particular interés en la zona del Cinturón Plegado Perdido (CPP) y la Sonda de Campeche (SdC), donde se encuentran los mayores esfuerzos de exploración de hidrocarburos actualmente.

Para caracterizar el oleaje derivado de ciclones tropicales bajo escenarios de cambio climático, primero es necesario definir adecuadamente los campos de viento asociados a los ciclones tropicales, tanto en el clima actual como en el futuro. El grupo de trabajo internacional COWCLIP (Coordinated Wave Climate Project) se ha puesto la tarea de caracterizar el oleaje a nivel global y evaluar los efectos del cambio climático, forzando modelos de oleaje con vientos de los Modelos de Circulación General (MCG) (Morim *et al.*, 2019). Sin embargo, se sabe que estos modelos subestiman tanto el número de ciclones tropicales, como la intensidad de sus vientos (Knutson *et al.*, 2020). Una alternativa a los MCG es el uso de ciclones tropicales sintéticos, cuyas ventajas son descritas en Emanuel (2021). De esta manera, utilizamos ciclones tropicales sintéticos derivados

a partir de la técnica propuesta por Emanuel (2013, 2015) y Emanuel *et al.*, (2006, 2008). La generación de estos eventos se basa en la física de los ciclones tropicales. Para su obtención se siembran vórtices de viento de 12 m/s de manera aleatoria en el océano, que de acuerdo con las condiciones oceánicas y atmosféricas provistas por reanálisis o los MCG, estos vórtices decaen o se intensifican para convertirse en ciclones tropicales. Los vórtices que evolucionan se intensifican en base al modelo CHIPS (Emanuel, 2004) y se desplazan de acuerdo a un modelo de beca advección tipo Marks (1992). En el trabajo se utilizaron eventos sintéticos derivados a partir del reanálisis NCEP/NCAR para tener la referencia al clima actual, y a partir de seis MCG (ver Appendini *et al.* (2019) para un listado de los MCG utilizados) tanto para el clima actual (1975-2005) como para el clima futuro (2070-2100), bajo el escenario de emisiones de gases de efecto invernadero RCP 8.5. Utilizando la información de los eventos sintéticos se crearon los campos de viento para cada ciclón tropical utilizando el modelo paramétrico de Emanuel y Rotunno (2011), con los que se forzó el modelo de oleaje de tercera generación MIKE 21 SW. Para cada uno de los eventos sintéticos se obtuvo la “huella” de altura de ola significativa (Hs), definida como la mayor Hs en el área durante el paso de cada ciclón tropical (como ejemplo se muestra la “huella” de un evento sintético en la Figura 1). Utilizando estos mapas de envoltentes máximas o “huellas”, se realizó un análisis estadístico de las componentes del oleaje y de valores extremos para definir el periodo de retorno de la altura de ola en cada una de las zonas de interés. Para el análisis extremal utilizamos el método de “pico sobre umbral” empleando la distribución Generalizada de Pareto y como umbral el percentil 98 de la altura de ola.

En la figura 2 se muestran los resultados obtenidos para el percentil 99 de la altura de ola significativa. Los resultados se muestran para los datos derivados del reanálisis en el clima actual (Figura 2a), y del ensamble de los eventos derivados de MCG para el clima actual (Figura 2b), y para el clima futuro (Figura 2c), además del sesgo de los eventos derivados de los MCG con respecto a los derivados del reanálisis (Figura 2d) y el porcentaje de incremento en la altura de ola para el clima futuro en relación al clima presente, usando los resultados de los eventos derivados de los MCG (Figura 2e). Como se puede observar, existe una diferencia entre la caracterización del percentil 99 del oleaje utilizando los eventos derivados del reanálisis comparado con los derivados de los MCG, lo cual se refleja en el sesgo (Figura 2d). Sin embargo, el sesgo es menor que la señal de incremento de oleaje que obtenemos

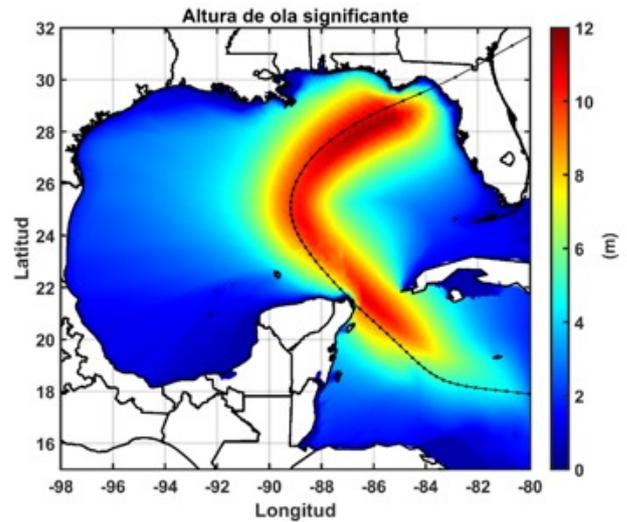


Figura 1. Mapa de envoltente de máximas alturas de ola significativa alcanzadas durante el paso de un ciclón tropical sintético en el Golfo de México, donde la línea negra muestra la trayectoria del evento

en el clima futuro al comparar con el clima actual usando los resultados derivados de los MCG (Figura 2e). El claro incremento en la altura de ola del percentil 99 con las condiciones de cambio climático, son una alarma que debemos considerar en el diseño de estructuras marítimas.

En la Figura 3 mostramos la distribución de las alturas de ola para distintos periodos de retorno y para las distintas bases de datos en las zonas de CPP y la SdC. Para los resultados obtenidos de los eventos derivados de MCG se muestra la envoltente de incertidumbre, donde la línea sólida muestra la media del ensamble y la envoltente representa una desviación estándar. Para la SdC encontramos que los eventos derivados de reanálisis se ajustan adecuadamente a los eventos históricos, sin embargo, no lo hacen en los eventos del CPP. Esto no quiere decir que los valores obtenidos por los eventos sintéticos sean incorrectos, sino que no existen suficientes datos históricos para hacer una estadística robusta. Sin embargo, si comparamos los eventos para el clima presente, en ambos casos los derivados de reanálisis se encuentran dentro de la envoltente de incertidumbre. En la Figura 3 observamos un incremento neto en la altura de ola para todos los periodos de retorno cuando consideramos la media del ensamble.

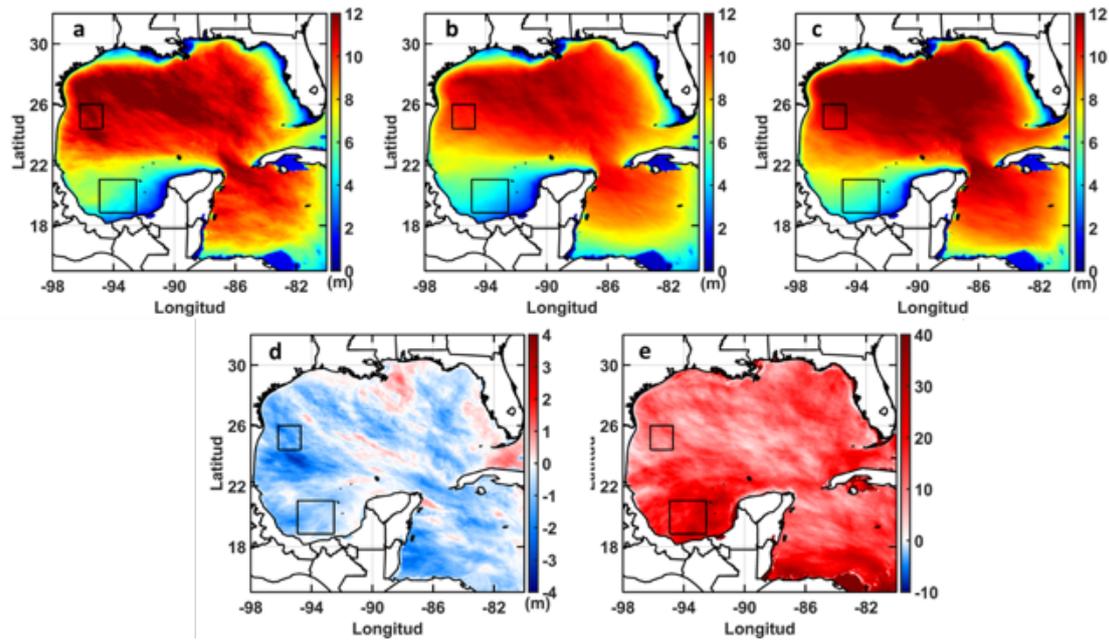


Figura 2. Percentil 99 del oleaje a partir de eventos sintéticos derivados de a) reanálisis para el clima actual, b) modelos de circulación general para el clima actual, así como de c) modelos de circulación general para el clima futuro. Se muestra el d) sesgo obtenido por los eventos derivados de modelos de circulación general al compararse con los derivados de reanálisis, y e) porcentaje de incremento en el percentil 99 de la altura de ola para el clima futuro en comparación del clima actual

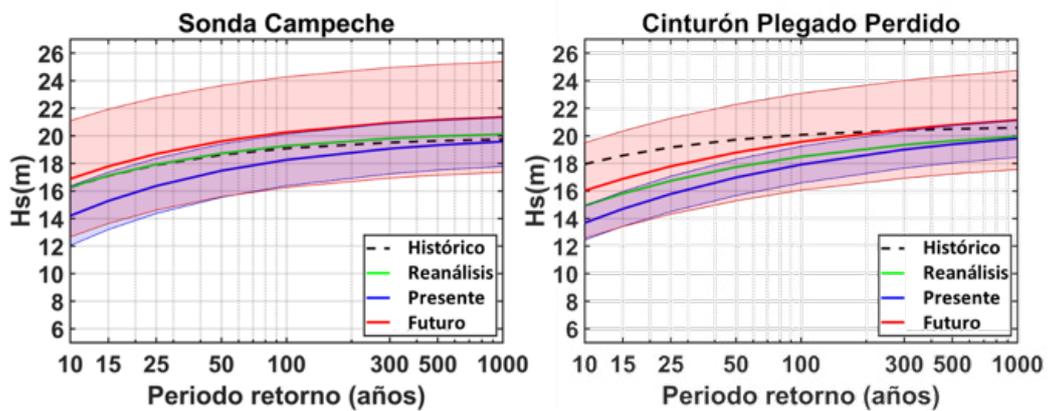


Figura 3. Altura de ola significativa para distintos periodos de retorno en a) la Sonda de Campeche y b) el Cinturón Plegado Perdido, con base a eventos históricos y eventos sintéticos derivados de reanálisis y modelos de circulación general

Los resultados obtenidos nos muestran que para el año 2070, cuando comienza el clima futuro, las condiciones de oleaje en el Golfo de México serán más intensas. Si en la actualidad diseñamos estructuras con base a información histórica de oleaje, estaremos subestimando la altura de ola de diseño, por lo que un oleaje de diseño con periodo de retorno de 100 años usando el clima actual, puede corresponder a un periodo de retorno de diseño de 30 años en el clima futuro (ver media del ensamble para clima actual y futuro en la SdC en la Figura 3). Esto puede tener consecuencias catastróficas, pues si consideramos un periodo de vida útil de 30 años para una estructura, la probabilidad de que ocurra la ola de diseño durante la vida de la estructura pasa de 64% al usar el periodo de retorno de 100 años y a 26% si usamos el periodo de retorno de 30 años. En el caso del CPP es todavía más crítico, pues un periodo de retorno de 100 años en el clima actual se convierte

en un periodo de retorno inferior a 10 años en el clima futuro. Si la probabilidad de ocurrencia del evento se traduce a probabilidad de daños, estamos bajo un panorama donde debemos considerar climas de oleaje no estacionarios, que consideren el cambio climático, para evitar tragedias debido al fallo de estructuras durante su vida útil. Esperamos que con este trabajo se genere consciencia para realizar mejores estimaciones de los parámetros de diseño, ya que esto no sólo aplica a obras marítimas, sino a todas las obras hidráulicas que de alguna u otra manera están influenciadas por parámetros que pueden cambiar debido al calentamiento global.

Este trabajo se realizó como parte de los estudios del Centro Mexicano de Innovación de Energía Océano (CEMIE-Océano). Los autores agradecen la colaboración de Ana Ramírez Manguilar, Rafael Meza Padilla y Gonzalo Uriel Martín Ruiz, que participaron en distintas fases del estudio. |

Referencias

- Appendini, C. M.; Meza-Padilla, R.; Abud-Russell, S.; Proust, S.; Barrios, R. E. R. E. y Secaira-Fajardo, F. (2019). Effect of climate change over land-falling hurricanes at the Yucatan Peninsula. *Climatic Change*, 157(3-4), 469-482.
- Emanuel, K. (2004). Tropical Cyclone Energetics and Structure. *Atmospheric Turbulence and Mesoscale Meteorology*, (1944), 165-192.
- Emanuel, K. (2015). Effect of upper-ocean evolution on projected trends in tropical cyclone activity. *Journal of Climate*, 28(20), 8165-8170.
- Emanuel, K. (2021). Response of Global Tropical Cyclone Activity to Increasing CO₂: Results from Downscaling CMIP6 Models. *Journal of Climate*, 34(1), 57-70.
- Emanuel, K. y Rotunno, R. (2011). Self-Stratification of Tropical Cyclone Outflow. Part I: Implications for Storm Structure. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 68(10), 2236-2249.
- Emanuel, K.; Ravela, S.; Vivant, E. y Risi, C. (2006). A statistical deterministic approach to hurricane risk assessment. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 87(3), 299-314.
- Emanuel, K.; Sundararajan, R.; Williams, J. y Manuel, K. (2008). Hurricanes and Global Warming: Results from Downscaling IPCC AR4 Simulations. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 89(3), 347-367.
- Emanuel, K. A. (2013). Downscaling CMIP5 climate models shows increased tropical cyclone activity over the 21st century. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(30), 12219-12224.
- 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*. (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, et al., Eds.) (In press). Cambridge University Press.

- Knutson, T.; Camargo, S. J.; Chan, J. C. L.; Emanuel, K.; Ho, C.-H. y Kossin, J. et al. (2020). Tropical Cyclones and Climate Change Assessment: Part II: Projected Response to Anthropogenic Warming. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 101(3), E303-E322.
- Marks, D. G. (1992). *The beta and advection model for hurricane track forecasting*. NOAA technical memorandum NWS NMC.
- Morim, J.; Hemer, M.; Wang, X. L.; Cartwright, N.; Trenham, C.; Semedo, A. et al. (2019). Robustness and uncertainties in global multivariate wind-wave climate projections. *Nature Climate Change*, 9(9), 711-718.

Plática informativa

INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM

espóra psicológica

ESTRÉS

¿Qué es y cómo afecta mi salud mental?

Evento virtual
Viernes 4 de marzo
12:00 horas

Sigue la transmisión a través de:
<https://streaming.iingen.unam.mx>

ROSA MARÍA RAMÍREZ ZAMORA

SEGUNDO INFORME DE ACTIVIDADES

La comunidad del Instituto de Ingeniería tiene una trayectoria notable dentro del subsistema y de la universidad; ha sido generadora de la escuela de ingeniería en México; es una comunidad que abarca absolutamente todo el espectro desde la investigación básica, la innovación, las patentes, las aplicaciones, la gestión de proyectos, la ayuda en la implementación y sugerencias para la definición de políticas públicas asociadas a la ingeniería, lo ha hecho de manera brillante durante muchas décadas con análisis y aportaciones a distintos sectores, afirmó el Dr. William Lee, coordinador de la Investigación Científica, al tomar la palabra durante el segundo informe de la Dra. Rosa María Ramírez Zamora.

El impacto que tiene el II a través de la vinculación con el gobierno federal y los estatales se ha mantenido a pesar de que ahora estamos en una situación complicada; necesidades hay, pero el financiamiento es escaso por lo que hay que ser creativos y buscar nuevas formas de sufragar algunas iniciativas, ya que la mayor parte del presupuesto que aporta la universidad está dedicado a la nómina, no a la operación de los proyectos.

En términos de comunidad, de mantener un buen ambiente laboral veo que hay muchos avances en ese sentido para lograr

la equidad de género, es bueno que así sea para ésta y las futuras generaciones. Felicito a la comunidad de este instituto por su trabajo y su dedicación. Enhorabuena.

Por su parte, la Dra. Ramírez dijo estar orgullosa de la comunidad del Instituto porque a pesar de la pandemia el trabajo no se ha detenido. Agradeció el esfuerzo realizado por la Comisión Especial de Atención a asuntos Covid-19 que estuvo a cargo de la Dra. Rosa María Flores, Responsable Sanitaria para atender, orientar y apoyar al personal sobre este tema.

Durante la pandemia se ha dado mantenimiento a la infraestructura del IIUNAM.

El II está formado por 1439 personas de los cuales 114 son investigadores y 105 técnicos académicos, 722 estudiantes, 194 personal administrativo y 300 personal de servicios profesionales, que apoyan, principalmente, en proyectos de investigación.

El Plan de Desarrollo 2020-2024 tiene un eje transversal que comprenden ocho puntos: 1. Cultura organizacional con valores éticos y de igualdad de género; 2. Instituto sustentable; 3. Líneas de investigación con nuevas formas de trabajo y desarrollo de proyectos; 4. Vida y carrera académicas; 5. Docencia





y formación integral de recursos humanos; 6. Vinculación; 7. Desarrollo, ampliación y modernización tanto de la infraestructura como del equipamiento; 8. Administración integrada, moderna, transparente y eficiente.

En el primer eje Cultura organizacional con valores éticos y de igualdad de género se estableció un plan de trabajo anual de la Comisión Interna de Equidad de Género para fomentar la comunicación, convivencia, cultura, ética e igualdad de género. También se incorporarán académicas que tengan potencial para participar en el Cuerpo Directivo del II UNAM, como Consejo Interno y Comisión Dictaminadora, entre otros. Durante 2021 se llevaron a cabo cinco conferencias impartidas por especialistas sobre igualdad de género.

Para lograr un Instituto sustentable se han tomado acciones para la atención a la pandemia por COVID-19; además, se tiene un Plan integral de manejo de residuos sólidos; hay un avance de 100% tanto en la instalación de llaves automáticas y muebles sanitarios ahorradores de agua como en el Proyecto de migración a la tecnología LED en iluminación, así como en la disminución en el consumo de agua embotellada y en la generación de PET, en la Operación y mantenimiento de la Planta de ozonación y en el Reúso de aguas residuales tratadas en la PTAR del edificio 18.

En cuanto a las líneas de investigación y nuevas formas de trabajo y desarrollo de proyectos; se formará un Comité Consultivo Externo, órgano observador constituido por expertos que analizarán y opinarán sobre estos temas. También se fomentarán los proyectos multidisciplinarios.

Al abordar el tema de Vida y carrera académicas subrayó que es un gusto que 100% de los Investigadores y Técnicos Académicos que participaron en la convocatoria del Sistema Nacional de Investigadores fueron aceptados para permanecer

dentro del SNI. Es importante mencionar que el año pasado nuestro personal recibió más de 20 reconocimientos por la importancia de sus aportaciones a través de las investigaciones realizadas. Quiero felicitar a los académicos porque la publicación en revistas JCR se ha incrementado a 2.19 artículos *per capita*, lo que muestra un esfuerzo por que el trabajo quede documentado de manera formal. De las patentes otorgadas a la UNAM durante 2021, 27.2% le corresponden al IIUNAM.

En el rubro de Docencia y formación integral de recursos humanos la Dra. Ramírez Zamora afirmó que es necesario mejorar la eficiencia terminal. En 2021 tuvimos registrados en licenciatura 134 estudiantes, en especialidad 10, en maestría 199, en doctorado 155, en posdoctorado 54 y en servicio social 170. De estos estudiantes se graduó 12% de licenciatura, 2% de la especialidad, 59% de la maestría y 28% de doctorado. Sin duda, los estudiantes de licenciatura este año fueron los más afectados, a ellos, y a cualquier miembro de nuestra comunidad que así lo requiera, se les prestará atención y apoyo para su recuperación.

Vinculación. En este año se elaboraron 127 convenios, de los cuales 91 son patrocinados principalmente por SECTEI, SACMEX, Comunicaciones, SEDEMA, FONATUR y CEMEX. Se reforzará la incidencia del IIUNAM en la realización y difusión de sus desarrollos tecnológicos a través de un acercamiento con SECTEI y con la Coordinación de Vinculación y Transparencia Tecnológica de la UNAM. Asimismo, se definió un esquema de colaboración con la Dirección de Transferencia Tecnológica y con la dirección de Emprendimiento Universitario, con esta última, se llevaron a cabo varios talleres para fomentar la innovación, el emprendiendo y el desarrollo tecnológico. Hemos establecido contacto con gremios empresariales con apoyo del grupo México, Innovación y Diseño (MIND).

Desarrollo, ampliación y modernización tanto de la infraestructura como del equipamiento. Aprovechamos para dar mantenimiento preventivo y correctivo menor a Instalaciones hidráulicas, sanitarias, eléctricas y especiales, cambio de ventanas para ventilación, mantenimiento a cuartos de gases piloto 1 y 2. Éstas son sólo algunas acciones para beneficio de nuestra comunidad.

Administración integrada, moderna, transparente y eficiente. Es necesario tener una administración moderna, eficiente y transparente para el mejor desarrollo del personal académico de nuestra dependencia. Asimismo, debemos lograr la descentralización del área administrativa así como de los sistemas y servicios de comunicación informática de las unidades académicas foráneas II UNAM, que permita el desarrollo de la labor académica de manera eficiente.

En 2021 el Instituto de Ingeniería cumplió 65 años de su fundación, para celebrarlo se llevaron a cabo varias mesas redondas en las que participaron los exdirectores de esta dependencia donde expusieron reflexiones, puntos de vista y sugerencias para afrontar retos y acciones que debemos desarrollar a corto y mediano plazo.

El día de hoy entregaremos al maestro Rubén Carlos Esquivel Hernández y al doctor José Luis Piña Flores el premio a las mejores tesis de maestría y doctorado del IIUNAM 2021 respectivamente.

Haciendo una evaluación puedo decir que a pesar de haber atravesado por segundo año de pandemia de la COVID-19, el Instituto de Ingeniería, como dije al principio, nunca se detuvo, por lo que los resultados académicos y de su administración fueron, en términos generales, positivos y en varios casos muy positivos, como es la producción académica-tecnológica y la docencia.



Mtro. Rubén Carlos Esquivel Hernández,
Premio a la Mejor Tesis de Maestría IIUNAM 2021

Para finalizar, les comento que, con base en los acuerdos establecidos con los representantes gremiales de la UNAM, todo el personal vacunado, salvo las madres y padres que tengan la patria potestad de hijas o hijos menores de 13 años, ya se presente a trabajar en las instalaciones del instituto, toda vez que la vacuna ha demostrado la disminución de riesgo de padecer COVID-19 de manera severa y porque tenemos ese compromiso con nuestros estudiantes, patrocinadores y con la UNAM.

Espero que sigamos trabajando en equipo para alcanzar los retos que tenemos y los que se nos presenten —concluyó—. |

LA CUESTA EMOCIONAL DE ENERO

La Dra. Rosa María Ramírez, directora del IIUNAM, comentó que hay mucha inquietud sobre este tema, entonces, para brindar la mejor orientación, organizó esta conferencia en la que participaron los maestros Elda Cecilia López Bermúdez y Alain Kelvin Briseño Trejo, terapeutas del programa ESPORA de atención emocional y psicológica que implementó la Dirección del IIUNAM para atención a la comunidad. Asimismo, estuvo presente como invitado especial el Dr. Mauricio Rodríguez Álvarez, profesor de la Facultad de Medicina y vocero de la Comisión COVID-19 de

la UNAM para atender dudas de la comunidad sobre el curso de la pandemia. Estamos preocupados porque estén bien, no sólo física sino emocionalmente, y contar con la colaboración de estos expertos nos permite brindar ese apoyo a la comunidad universitaria, en especial a la del Instituto de Ingeniería, agradezco a los ponentes su participación.

Al abordar el tema de la cuesta emocional de enero, los maestros Alain Briseño y Elda Cecilia López expusieron que, durante el mes de diciembre, es común que se respire una sensación de vacío y soledad; es una época en la que extrañamos a aquellos con los que no podemos estar; a partir de la pandemia, ese es otro tema que también nos preocupa.

Muchas personas quieren superar estos pensamientos realizando compras, o comiendo y bebiendo en exceso, pero esa sensación de satisfacción dura muy poco tiempo porque después tenemos que enfrentar la realidad, lo que puede llevarnos a situaciones depresivas.

La sociedad está organizada para fomentar el consumo, por ejemplo, los aguinaldos nos los dan antes de que se lleve a cabo “el buen fin”, nos bombardean con rebajas, los anuncios nos están haciendo pensar que si no compramos ese producto en ese momento ya no lo vamos a poder adquirir.

Cada persona debe tener autocuidado de lo que come, de lo que bebe, de lo que gasta y no tenerle miedo a la rutina, debemos considerar que la rutina no es algo terrible, la rutina bien llevada seguramente impacta de manera positiva en nuestra salud mental y física.

Para evitar caer en esa situación, debemos considerar ordenar nuestro campo afectivo, qué es lo que nos molesta o atormenta, tratar de plantearnos un programa de ejercicios, plantearnos planes y propósitos ligados a nuestra historia, es decir, proponernos metas que estén a nuestro alcance.

Debemos darnos tiempo para nosotros mismos, implementar cambios para mejorar nuestra vida, no minimizar nuestros logros, esforzarnos por conseguir una estabilidad emocional, pero si esta sensación de tristeza o depresión es recurrente, hay que saber en qué momento debemos pedir ayuda.

Al tomar la palabra, el Dr. Mauricio Rodríguez afirmó que además de lo dicho anteriormente, tenemos la 4ª ola de Covid 19, pero a diferencia de las anteriores, ahora tenemos más información de esta enfermedad, ya sabemos cuál es la población más vulnerable, cómo se diagnostica y las medidas que debemos seguir para evitar el contagio. Si bien, ahora es más alto el número de enfermos, también sabemos que el número de casos hospitalizados es mucho menor.

Lo importante es frenar la transmisión, frenar los contagios, frenar las actividades de alto riesgo, ya nos dimos cuenta que el incremento de contagios se debe a las fiestas decembrinas donde se incrementó la convivencia.

Las personas que presenten síntomas (dolor de garganta o al tragar, tos, gripe, dolor de cabeza o de articulaciones o fiebre) por favor aíslese en su casa y vigile su evolución, no conviva con la familia u otras personas, avisen a sus contactos o a las personas con las que convivieron los últimos dos días previos a los síntomas, y después de cinco días, si se siente bien puede volver a realizar sus actividades. No es necesario estar haciendo pruebas y más pruebas. Si tiene síntomas, tome precauciones y evite contagios. Si puede hacerse una prueba, la forma correcta de usar las pruebas de antígeno es sólo en personas

con síntomas, y las de PCR sólo después del tercer día posterior al contagio, no antes. Es muy importante que las personas que presenten síntomas estén vacunadas, si es así, seguramente con guardarse cinco días es suficiente. Cuando las personas no están vacunadas es cuando su enfermedad puede evolucionar a un cuadro grave y tendrán que ser hospitalizadas.

Para prevenir los contagios hay que usar bien el cubre bocas (tapando nariz y boca y sin espacios alrededor del borde del cubrebocas), ventilar los espacios, mantener sana distancia, no tocarse la cara y vacunarse, todo esto sí sirve; sin embargo, limpiar lo que llega del súper, los tapetes para los zapatos, tomar la temperatura a la entrada de los edificios no sirve para evitar el COVID-19.

Al finalizar la conferencia, la Dra. Rosa María Flores, responsable sanitaria del Instituto de Ingeniería, invitó a la comunidad a reportarse con el responsable sanitario correspondiente en caso de presentar síntomas de Covid-19; recordó que el IIUNAM cuenta con el programa ESPORA para dar apoyo psicológico a estudiantes, académicos y personal universitario que requiera de este apoyo. También la Facultad de Psicología cuenta con programas de este tipo y pueden dirigirse al 55 50 25 08 55. |





INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM

2° Informe de Actividades

Dra. Rosa María Ramírez Zamora

Evento vía streaming

Viernes 18 de febrero, 2022
12:00 h



Para acceder al evento entre a la siguiente liga
<https://streaming.iingen.unam.mx/Informe2022>