



INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM

GACETA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM

ISSN: 1870-347X

No. 166 | mayo - junio 2024



Daños observados en Acapulco
por el huracán Otis

Avances en la evaluación
del peligro de inundación
por tsunami en las costas
de Manzanillo

Valorización industrial y agrícola
de la fracción orgánica de
residuos sólidos urbanos
(FORSU)

Ensayos de un reductor
de velocidad de tornillo
impulsor y cadena roscada

EDITORIAL

En el marco de las celebraciones del Día Mundial del Medio Ambiente y del Día Nacional del Ingeniero o de la Ingeniería, múltiples actividades técnicas, artísticas y deportivas se realizaron durante mayo y junio de este año.

Respecto a las actividades realizadas por el Día Mundial del Medio Ambiente 2024, quisiera destacar la ponencia magistral presentada por nuestro invitado especial el Dr. Héctor Manuel Arias Rojo, Director general de la Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA), en la que nos mostró las áreas de oportunidad que tenemos para revertir o disminuir los efectos negativos del cambio climático. Asimismo, me gustaría mencionar que las doctoras Rosario Iturbe y Judith Ramos tuvieron una excelente participación con las ponencias que expusieron ese día, sobre las aportaciones que han tenido en este tema. Asimismo, destaco la ya tradicional Fiesta Ambiental, en su tercera edición que organiza la Dra. Neftalí Rojas, en la que participan nuestras sedes académicas de CU, Juriquilla y Sisal.

Por otra parte, las actividades académicas, artísticas y deportivas realizadas del 10 al 14 de junio para celebrar el Día Nacional del Ingeniero o de la Ingeniería, tuvieron mucho éxito y permitieron congregarse a un gran número de los miembros de toda nuestra comunidad. Estos eventos son una gran oportunidad para convivir, pero también, para dar una gran difusión de nuestros proyectos a posibles patrocinadores, por lo que deberían desarrollarse de manera permanente. Agradezco mucho a la Dra. Rosa María Flores Serrano, Subdirectora de Hidráulica y Ambiental, y a la Mtra. Margarita Cisneros Ortiz, Coordinadora de Ambiental, así como a quienes participaron realizando alguna actividad por su gran compromiso y apoyo para que se obtuviera el éxito observado.

En otro orden de ideas, dentro del avance de los ejes del Plan de Desarrollo del IIUNAM, culminó la evaluación de los informes y programas de los cuatro proyectos de los Grupos de Investigación Interdisciplinarios del Instituto de Ingeniería. Todos los proyectos fueron aprobados para un segundo año de trabajo. Los resultados obtenidos en el primer año han sido satisfactorios y se espera que lo que se obtenga en el segundo periodo

culminará, además de incrementar la producción académica de los participantes, en convenios de vinculación con entidades de gobierno o con empresas.

En este periodo, varios de nuestros académicos fueron acreedores a distinciones y a un premio. Los doctores Francisco Sánchez Sesma, Germán Buitrón Méndez, Jaime Moreno Pérez y Francisco Cervantes Carrillo fueron reconocidos por segundo año dentro de los Mejores Científicos en México 2023, de acuerdo con la 3ª Edición del Ranking por Research.com. Asimismo, el Dr. Héctor Aviña Jiménez recibió el nombramiento de Vicepresidente del Consejo Directivo de la Asociación Geotécnica Mexicana para el periodo 2024-2026. De igual forma, los doctores Alejandro Vargas, Julián Carrillo Reyes e Iván Moreno Andrade recibieron el premio Lettinga Award por parte de la Fundación Lettinga. A todos les envío una calurosa felicitación y mis mayores parabienes.

En cuanto a los más recientes nombramientos de colaboradores, tengo el agrado de comunicar por este medio que, a partir del 1 de junio, la Dra. Angélica del Rocío Lozano Cuevas, es la nueva Titular de la Coordinación de Sistemas Mecánicos, Energéticos y de Transporte, en sustitución del Dr. David Morillón, quien ha sido designado Coordinador del Posgrado en Urbanismo por la Dra. Patricia Dávila Aranda, Secretaria General de la UNAM. Agradezco a la Dra. Lozano el haber aceptado ocupar este cargo y al Dr. Morillón por la gran labor realizada; de igual manera, le deseo el mayor de los éxitos en la nueva encomienda que tiene actualmente.

Finalmente, deseo que hayan disfrutado y descansado mucho durante sus vacaciones, recargando pilas para regresar con un excelente ánimo en este retorno a actividades.

Cordialmente,

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

Rector
Dr. Leonardo Lomeli Vanegas

Secretaría General
Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda

Abogado General
Mtro. Hugo Concha Cantú

Secretaría Administrativa
Mtro. Tomás Humberto Rubio Pérez

Secretaría de Desarrollo Institucional
Dra. Diana Tamara Martínez Ruiz

Secretaría de Prevención,
Atención y Seguridad Universitaria
Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo

Coordinador de la Investigación Científica
Dra. María Soledad Funes Argüello

Coordinador de Humanidades
Dr. Miguel Armando López Leyva

Coordinador para la Igualdad de Género
Dra. Norma Blazquez Graf

Coordinadora de Difusión Cultural
Dra. Rosa Beltrán Álvarez

Director General de Comunicación Social
Mtro. Néstor Martínez Cristo

Director de Información
Mtro. Rodolfo González Fernández

Directora
Dra. Rosa María Ramírez Zamora

Subdirectora de Estructuras y Geotecnia
Dr. Carlos Javier Mendoza Escobedo

Subdirectora de Hidráulica y Ambiental
Dra. Rosa María Flores Serrano

Subdirectora de Electromecánica
Dr. Arturo Palacio Pérez

Subdirectora de Unidades Académicas Foráneas
Dra. Idania Valdez Vázquez

Secretaría Académica
Dra. Norma Patricia López Acosta

Secretaría Administrativa
Mtra. Dulce María López Nava

Secretaría Técnica
Arq. Xavier Palomas Molina

Secretaría de Telecomunicaciones e Informática
Ing. Marco Ambriz Maguey

Secretaría Técnica de Vinculación
Mtra. María del Rocío Cassaigne Hernández

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
María de los Ángeles Negrete Orozco

GACETA DEL IIUNAM

GACETA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM, Año 2023, Número 166, mayo - junio 2024, es una publicación bimestral de acceso abierto, Domicilio Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, Instituto de Ingeniería, UNAM, Edificio 1 Fernando Hiriart, Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, teléfono 5623-3600, Dirección electrónica de la publicación <http://www.iingen.unam.mx/es-mx/AlmacenDigital/Gaceta/Paginas/default.aspx> Editor responsable: Lic. María Verónica Benítez Escudero, Domicilio Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, fecha de última modificación 28 de febrero 2023.

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores y no refleja el punto de vista de los árbitros, del Editor o del Instituto de Ingeniería, UNAM.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

DAÑOS OBSERVADOS EN ACAPULCO POR EL HURACÁN OTIS

FERNANDO PEÑA MONDRAGÓN, MARCOS
M. CHÁVEZ CANO, HÉCTOR GUERRERO BOBADILLA,
MIGUEL ÁNGEL JAIMES TÉLLEZ, ADRIÁN
POZOS ESTRADA, EDUARDO BOTERO JARAMILLO,
ÓSCAR ARTURO FUENTES MARILES,
LEONARDO ALCÁNTARA NOLASCO,
BARUO DANIEL ALDAMA SÁNCHEZ
Y CHRISTIAN MARIO APPENDINI ALBRECHTSEN.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) ha mantenido la usanza de enviar brigadas interdisciplinarias ante la ocurrencia de diversos fenómenos naturales de gran relevancia como sismos y huracanes, tanto en México como en el extranjero; con el propósito de hacer un reconocimiento de daños y recopilación de datos que permitan identificar las deficiencias y aciertos para mejorar la práctica de la ingeniería, identificando necesidades de investigación cuyos resultados se han visto reflejados en la mejora de las normas de construcción en beneficio de la sociedad.

Debido al impacto y daños ocasionados por el huracán Otis en el estado de Guerrero en octubre de 2023, el IIUNAM formó una brigada de especialistas, compuesta de nueve académicos de cuatro coordinaciones: ingeniería estructural, geotecnia, hidráulica e ingeniería sísmológica; con el propósito de recopilar información sobre daños y afectaciones en la infraestructura en parte de la zona costera del Estado de Guerrero. La brigada del IIUNAM llevó a cabo recorridos en la ciudad de Acapulco y sus alrededores con el apoyo y la colaboración de colegas del Colegio de Ingenieros Civiles Guerrerenses.

El miércoles 25 de octubre de 2023, a las 00:25 h, el estado de Guerrero sufrió el impacto del huracán Otis, el cual tocó tierra como un huracán de categoría 5, la máxima clasificación en la escala Saffir-Simpson, con vientos máximos sostenidos de 270 km/h y ráfagas que alcanzaron los 330 km/h.

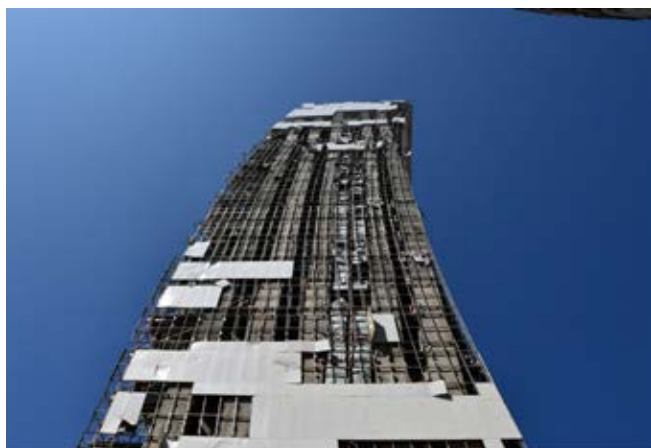
El lunes 23 de octubre, el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) informó que la tormenta tropical Otis se encontraba a una distancia de 420 km al sur-suroeste de Puerto Ángel, Oaxaca, y a 605 km al sur-sureste de Acapulco, Guerrero. Durante la tarde de ese mismo lunes, dos días antes del impacto de Otis, se emitió la alerta indicando que la tormenta

tropical tenía el potencial de convertirse en huracán. Para el martes 24, por la tarde, Otis ya había intensificado su fuerza hasta alcanzar la categoría 3. A las nueve de la noche de ese mismo martes 24, Otis alcanzó la categoría 5, ubicándose aproximadamente a 90 km al sur-sureste de Acapulco, casi tres horas y media antes de tocar tierra. A pesar de estos avisos, el huracán Otis tomó por sorpresa a las diferentes autoridades de los tres niveles de gobierno y a la población en general.

Aunque este tipo de comportamiento no es común, en los últimos años se han observado otros huracanes con estas intensificaciones rápidas, principalmente aquellos originados en el Océano Atlántico. Otis, en particular, destaca como un ejemplo notable de intensificación rápida, al pasar de ser una tormenta tropical a un huracán de categoría 5 en menos de 12 h. Además, con el cambio climático se espera que los eventos con intensificación rápida sean más frecuentes, por lo que se están generando discusiones sobre la elaboración de protocolos de respuesta rápida ante eventos de estas características.

La ciudad de Acapulco y localidades vecinas sufrieron graves afectaciones en su infraestructura, viviendas, carreteras y servicios básicos como consecuencia del huracán. Se estima que cerca de 80% de los hoteles sufrieron algún grado de daño. Además, se reportaron 274 mil viviendas, más de 47 mil negocios y mil 224 escuelas con algún grado de afectación. Hasta el momento, el número oficial de fallecidos asciende a 50 personas, con un número indeterminado de desaparecidos. En términos económicos, se estima que el impacto directo del evento alcanza 16 mil millones de dólares. Para poner estos números en perspectiva, el huracán Paulina de categoría 4, que también dejó graves daños en Acapulco en 1997, generó pérdidas por 1.1 mil millones de dólares.

Las primeras observaciones indican que este evento superó en más del doble la velocidad del viento de diseño establecida para estructuras tipo B, en 150 km/h según el Reglamento de Construcciones de Acapulco. Como resultado, las presiones del viento ejercidas sobre las fachadas y cubiertas de las edificaciones excedieron en más de cuatro veces los límites recomendados por la normativa vigente. Se identificaron diversas causas de los daños, que incluyen el uso de elementos no estructurales con un desempeño deficiente ante altas velocidades de viento, fallas en el diseño o construcción de conexiones y elementos de fijación, daño acumulado, corrosión severa, falta de mantenimiento e impacto de proyectiles por el viento. Además, el huracán afectó de manera significativa las principales vías de acceso a Acapulco durante varios días, poniendo de manifiesto problemas potenciales en áreas críticas de la ciudad en términos de estabilidad de laderas, intervención de arroyos y edificaciones en condiciones precarias de estabilidad.



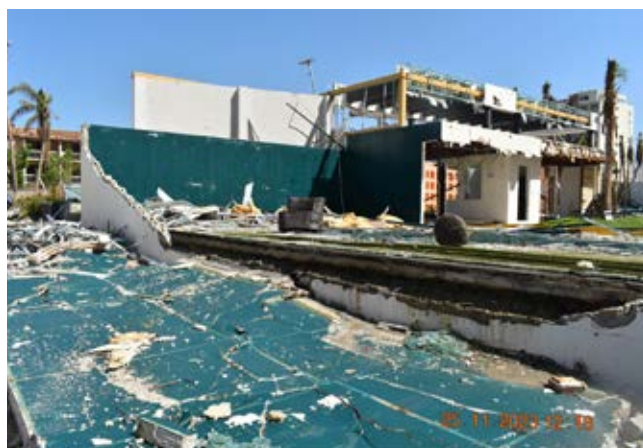
a)



b)



c)



d)

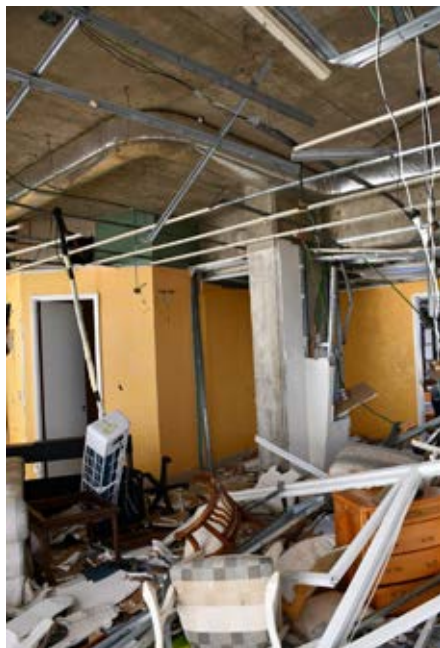
Figura 1. Daños típicos observados en edificaciones:

a) pérdida de fachadas, b) rotura de ventanas y cristales, c) colapso de techumbres ligeras y d) colapso de bardas y elementos aislados

Los daños típicos observados se describen a continuación (ver figura 1). Desprendimiento de fachadas y elementos de recubrimiento. Lo que indica la falta de un diseño formal de ese tipo de elementos. Rotura de vidrios, por las altas velocidades del viento y por el impacto de proyectiles. Daños en elementos no estructurales y contenidos de diversos tipos de construcciones, incluyendo infraestructura crítica como algunos hospitales y escuelas. Daño y colapso de techumbres, techos ligeros de naves industriales, bodegas y arcotechos, generadas debido a las elevadas velocidades del viento. Daños tanto en la infraestructura eléctrica como de telecomunicaciones. Por ejemplo, torres de alta tensión, líneas de distribución, postes, torres repetidoras de telefonía celular y alumbrado público, que ocasionó la interrupción total del suministro de energía eléctrica y de telecomunicaciones por varios días. Interrupción del abastecimiento de agua potable por daño en plantas potabilizadoras, tanques de almacenamiento y plantas de tratamiento de aguas residuales. Pérdida de mobiliario urbano,

como anuncios espectaculares, bardas, semáforos, señalización, entre otros. Inundaciones severas en áreas diversas. Daños importantes a la flora y fauna locales.

Como se ha observado en otros eventos similares, los objetos que se desprenden debido a la velocidad del viento se convierten en proyectiles que, al impactar sobre otras estructuras u objetos en su camino, causan daños adicionales significativos a la infraestructura. Estos proyectiles, al romper ventanas, incluso muros ligeros, exponen el interior de las construcciones y sus contenidos tanto al viento como a la lluvia (ver figura 2). Esto resulta en severos daños a los componentes no estructurales y contenidos del edificio, tales como: elementos de fachada, acabados, sistemas de aire acondicionado, plafones, muebles y electrodomésticos, entre otros. Estas pérdidas incrementan los costos de rehabilitación y tiempos de recuperación de la infraestructura dañada. Además, generan problemas relacionados con la basura, los escombros y los desechos de diversa índole.



a)



b)

Figura 2. Daños en elementos no estructurales y contenidos al interior de: a) departamentos; b) hospitales

Adicionalmente al impacto de los proyectiles, se identificaron tres causas subyacentes que incrementaron las afectaciones provocadas por el paso del huracán (ver figura 3). Daño acumulado previo, corrosión y degradación de los elementos estructurales de acero y concreto, principalmente debido a la falta de mantenimiento. Después del paso del huracán, se presentó el fenómeno de vandalismo por parte de la población, lo que ocasionó daños adicionales a la infraestructura al intentar entrar a negocios o establecimientos comerciales; algunos de los cuales no habían sufrido daño o habían presentado daño menor por el paso del huracán. Residuos, basura y desechos generados por el paso del huracán son un problema adicional al que hay que prestar atención, ya que su manejo inadecuado no solamente causa contaminación adicional, sino que puede generar la proliferación de enfermedades como el dengue y el cólera, especialmente en zonas donde la infraestructura sanitaria era deficiente, escasa o nula.

Cuando ocurre una tragedia de la magnitud del huracán Otis, generalmente se buscan abordar tres etapas prioritarias: a) la atención de la emergencia, b) la recuperación de la operatividad o puesta en marcha de la infraestructura y c) el regreso a la normalidad o recuperación total de las actividades. Si bien los tres órdenes de gobierno han dirigido sus acciones hacia las dos primeras etapas, se ha prestado poca o nula atención a la tercera.

Es fundamental que la recuperación total de Acapulco se base en una visión resiliente a largo plazo. Centrarse únicamente en restaurar la operatividad y la actividad económica no es suficiente. El enfoque actual de utilizar las mismas técnicas y materiales empleados anteriormente podría conducir a consecuencias similares en el futuro, especialmente ante la eventualidad de otro huracán con características similares. Por otra parte, el impacto del huracán Otis en Acapulco dejó al descubierto que no se contaba con zonas o sitios con las características necesarias para resguardar a la población durante el impacto.

Para ello, se requiere un plan de reconstrucción integral a largo plazo, que aborde los aspectos esenciales para una comunidad resiliente en el cual participen todos los actores relevantes, incluida la comunidad, los constructores, la academia, el gobierno, la sociedad civil y las sociedades técnicas. Algunas propuestas de acción incluyen el desarrollo de normas de diseño específicas para las regiones afectadas por huracanes, la elaboración de normas de emergencia para la recuperación operativa y la modernización de la red de instrumentación eólica, sísmica y otras para comprender los riesgos multi-amenaza. Además, se destaca la importancia de fortalecer los mecanismos para la aplicación efectiva de estas normas, incluyendo no sólo su creación, sino también, su adecuada implementación y cumplimiento en la construcción y reconstrucción de zonas costeras del país.

Es esencial no limitarse únicamente a reconstruir y rehabilitar las estructuras dañadas, sino también, llevar a cabo una revisión exhaustiva para asegurar que se haya tenido en cuenta el estado físico de la estructura y garantizar su resistencia ante acciones de viento o sismo en el futuro. Las instalaciones vitales, como hospitales y escuelas requieren una atención especial para garantizar su funcionalidad durante eventos extremos. La revisión, mantenimiento y rehabilitación de estas instalaciones deben llevarse a cabo en todos los niveles, abordando aspectos estructurales, arquitectónicos e instalaciones.

Es importante destacar que muchos hospitales no pudieron brindar un servicio adecuado debido a la falla de las plantas de energía de emergencia, lo cual, se considera inaceptable.

Finalmente, es crucial destacar que la preparación de la población para afrontar estos eventos extremos es de suma importancia. Por tanto, los programas educativos y de capacitación continua juegan un papel fundamental tanto en la preparación como en la concientización de la comunidad sobre cómo responder y enfrentar situaciones de emergencia de este tipo. |



a)



b)



c)

Figura 3. Imágenes que ilustran aspectos importantes a considerar: a) corrosión; b) saqueos; c) desechos sólidos

AVANCES EN LA EVALUACIÓN DEL PELIGRO DE INUNDACIÓN POR TSUNAMI EN LAS COSTAS DE MANZANILLO

MIRIAM LIZZETH VÁZQUEZ CAAMAL,
ERICKA ALINNE SOLANO
Y CHRISTIAN M. APPENDINI

Los tsunamis representan una amenaza imponente que ha marcado la historia de la humanidad en repetidas ocasiones, devastando poblaciones en eventos como los de Sumatra, Indonesia en 2004 y Tohoku-Oki, Japón en 2011. Por definición, los tsunamis son series de ondas desencadenadas por perturbaciones repentinas del agua, generalmente causadas por sismos en el océano, deslizamientos de grandes volúmenes de sedimentos, impactos de meteoritos o erupciones volcánicas. Entre estas causas, los sismos en zonas de subducción de placas tectónicas son las fuentes tsunamigénicas más comunes, dado su potencial para provocar grandes levantamientos del piso oceánico. Así, el Cinturón de Fuego del Pacífico, una región que abarca zonas de subducción y arcos volcánicos, es el epicentro de aproximadamente 78% de los tsunamis a nivel mundial, según la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (*National Oceanic and Atmospheric Administration* [NOAA], 2023).

En el contexto mexicano, la costa centro y sur del Pacífico forma parte del Cinturón de Fuego, se caracteriza por una zona de subducción, resultado de la interacción de las placas Norteamericanas, Rivera y Cocos. Esta región, que incluye los estados de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, es altamente vulnerable a los tsunamis. Los eventos históricos en Colima ejemplifican el impacto que pueden tener estos fenómenos. Por ejemplo, el 22 de junio de 1932 y el 9 de octubre de 1995, se registraron sismos de magnitud 8.0 y 8.5 respectivamente, ocasionando daños considerables en Cuyutlán y Manzanillo. A pesar de la existencia de medidas conocidas para enfrentar los sismos en estas zonas costeras, es crucial establecer zonas seguras mediante estudios a nivel municipal para garantizar una evacuación efectiva y segura para los habitantes.

Los sismos tsunamigénicos se originan cerca de las trincheras, lo que resulta en tsunamis locales altamente destructivos debido a la mínima pérdida de energía en su trayectoria hacia la costa y al escaso tiempo disponible para que la población tome medidas. Históricamente, los tsunamis generados cerca de la costa han causado graves estragos en las comunidades costeras de todo el mundo (Geist, 1998;

Tsushima *et al.*, 2011). Para hacer frente a esta amenaza, los estudios regionales sobre el peligro de inundaciones por tsunami se han vuelto fundamentales para orientar y desarrollar planes de contingencia destinados a mitigar los posibles impactos en las poblaciones costeras. Estos estudios incluyen la identificación de rutas de evacuación y áreas seguras, así como la planificación de la ubicación de servicios públicos y la construcción de estructuras de protección.

Entre las metodologías para evaluar el peligro de inundación, los análisis probabilísticos de peligro por tsunami (PTHA, por sus siglas en inglés) han surgido como una herramienta fundamental ampliamente utilizada a nivel mundial, debido a que permiten obtener las amplitudes de tsunami para periodos de retorno específicos (Miyashita *et al.*, 2020). Sin embargo, su aplicación conlleva la incertidumbre asociada a la identificación de la fuente que originará el tsunami. Aunque anteriormente, los estudios de peligro por tsunami se centraban en la utilización de catálogos de sismos históricos, en años recientes se han desarrollado herramientas que permiten obtener modelos de sismos hipotéticos (sintéticos). Estos modelos presentan desplazamientos no uniformes en la falla que origina el sismo (deslizamiento heterogéneo), lo que proporciona una representación más precisa de cómo se produce la ruptura durante los sismos. Además, estos modelos integran datos locales específicos de la zona de subducción de interés.

En México, la integración de PTHA a nivel regional es limitada y las evaluaciones locales disponibles para las poblaciones en riesgo son menos comunes. Esto subraya la necesidad de realizar estudios que integren la evaluación de inundaciones para las poblaciones costeras vulnerables. Ante esta necesidad, este artículo presenta avances para la localidad portuaria de Manzanillo, Colima, que cuenta con una población de más de 190,000 habitantes (INEGI, 2020), y que es de gran relevancia turística e industrial. En la región Jalisco-Michoacán, donde está Manzanillo, desde 1563 se han registrado al menos 18 sismos de subducción que generaron tsunamis locales. Estos eventos tuvieron impactos observables en las costas del estado de Colima, donde uno de ellos causó inundaciones hasta 8 km tierra adentro y cuatro de ellos tuvieron niveles de ascenso (*runup*) superiores a los 10 m.

La aplicación de análisis PTHA ofrece la ventaja de evaluar una amplia gama de casos sin depender únicamente de catálogos históricos, aumentando la robustez estadística. En este estudio analizamos 4,800 modelos de sismos sintéticos utilizando el modelo de *fakequakes* de MudPy (Melgar *et al.*, 2016), con magnitudes que van desde 7.0 hasta 8.5. Este rango se seleccionó considerando que los sismos de magnitud menor a 7.0 rara vez generan tsunamis significativos; el límite superior

de 8.5 corresponde a la magnitud del sismo más grande registrado en la región de estudio, que fue el sismo de Colima en 1818. La Figura 1 muestra ejemplos de los modelos de deslizamiento de sismos en la zona de subducción, con epicentros cercanos a la costa de Manzanillo. La escala de color indica el deslizamiento durante el sismo, mientras que la malla representa el modelo de la zona de subducción correspondiente a Slab2.0 (Hayes *et al.*, 2018).

El tsunami generado por los modelos sísmicos se calcula a partir de la deformación generada por los deslizamientos durante la ruptura de la litósfera. Esta deformación se transfiere al piso oceánico, por ende, a la superficie del océano. Posteriormente, la deformación inicial se restaura debido a la gravedad, lo que genera ondas concéntricas que se dispersan hasta llegar a las costas. En este trabajo, la transformación de los deslizamientos del modelo de ruptura sísmica a la deformación que inicia el tsunami es calculada con el modelo numérico de GeoClaw (LeVeque *et al.* 2011), el cual, resuelve las ecuaciones de aguas someras para calcular el tsunami resultante en la costa de interés. Para esto, es crucial disponer de datos detallados de batimetría, ya que las ondas experimentan procesos de asomeramiento, refracción e interacciones con la morfología y estructuras costeras, como puertos y bahías, que pueden resultar en una amplificación importante de la altura de ola debido tanto a la generación de ondas de borde como al entrampamiento y resonancia de ondas. En este trabajo usamos datos de batimetría a una resolución de 30 segundos de arco (~900 m) para la parte oceánica y de 30 m para evaluar el peligro a nivel municipal, así como la inundación a nivel de manzana.

Para evaluar las amplitudes de tsunami en la costa se colocaron cinco mareógrafos numéricos (Figura 2) sobre la isóbata de -10 m. A partir de estas mediciones, se extrajo la amplitud máxima por evento y se calculó la probabilidad de que un evento de la magnitud de cada sismo ocurriera en Manzanillo, utilizando información sísmica regional de la Ley de Gutenberg-Richter. Esto permitió obtener curvas de peligro para cada uno de los sensores, a partir de las cuales, se obtuvieron las amplitudes máximas para diferentes periodos de retorno. Por otro lado, para aproximar el valor obtenido en la línea de costa, se aplicó la Ley de Green para estimar los resultados a una profundidad de -1 m.

$$\eta_1 = \eta_2^4 \sqrt{\frac{h_1}{h_2}}, \quad \text{Ec. 1}$$

donde η_1 y η_2 es la sobreelevación del nivel del mar en dos puntos perpendiculares a la línea de costa, luego, h_1 y h_2 es la profundidad de la columna de agua en los mismos puntos.

Aunque el uso de una malla fina produce valores más precisos, calcular la inundación para cada caso incrementa el costo computacional y el espacio en memoria. Debido a esta limitación, realizamos mapas de inundación con el método de determinación de cotas de inundación y su proyección tierra adentro elegido por ser un referente estándar en el diseño de infraestructura en zonas costeras. Se observa que las áreas más afectadas son aquellas cercanas a los cuerpos de agua principales. Las zonas de mayor peligro incluyen las áreas adyacentes a las lagunas Valle de las Garzas y San Pedrito, ubicadas en la bahía principal de Manzanillo, donde se encuentra la zona portuaria. Además, se observó una inundación significativa en la costa y planicie adyacente a la laguna de Cuyutlán. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este enfoque puede llevar a sobreestimar el área inundada al no considerar la fricción del terreno en el avance de las olas.

Para ilustrar las diferencias entre proyectar las cotas de inundación y realizar la modelación detallada, se realizó una simulación de inundación en GeoClaw con el modelo de sismo que generó amplitudes similares al caso mostrado en la Figura 3. Las diferencias entre los resultados de ambos métodos se muestran en la Figura 4, donde el área inundada, representada por la barra de color, es el resultado obtenido con GeoClaw, mientras que en el fondo se muestra como referencia el mismo caso de la Figura 3. Las mayores diferencias se presentan al interior de la laguna de Cuyutlán, así como en las bahías de Santiago y Manzanillo, GeoClaw, lo que puede atribuirse a la interacción de las olas dentro de las bahías. Este tipo de interacciones no se pueden determinar mediante aproximaciones basadas en cotas de inundación.

Este trabajo muestra cómo puede usarse la metodología de PTHA utilizando sismos sintéticos y modelación hidrodinámica para caracterizar el peligro por tsunamis en la costa. Estos estudios son esenciales para realizar planes ante contingencias y garantizar la seguridad de las poblaciones costeras. Es esencial continuar avanzando en la investigación y la implementación de medidas preventivas en las comunidades vulnerables a lo largo de las costas del Pacífico, centro y sur mexicano. Sólo a través de una preparación preventiva que considere una amplia gama de escenarios y la colaboración estrecha con las autoridades de protección civil, podremos mitigar eficazmente los impactos devastadores de futuros eventos de tsunamis. De esta manera, no sólo protegeremos vidas humanas y la infraestructura, también, fortaleceremos la resiliencia de las comunidades costeras mexicanas ante los desafíos que la naturaleza nos presenta.

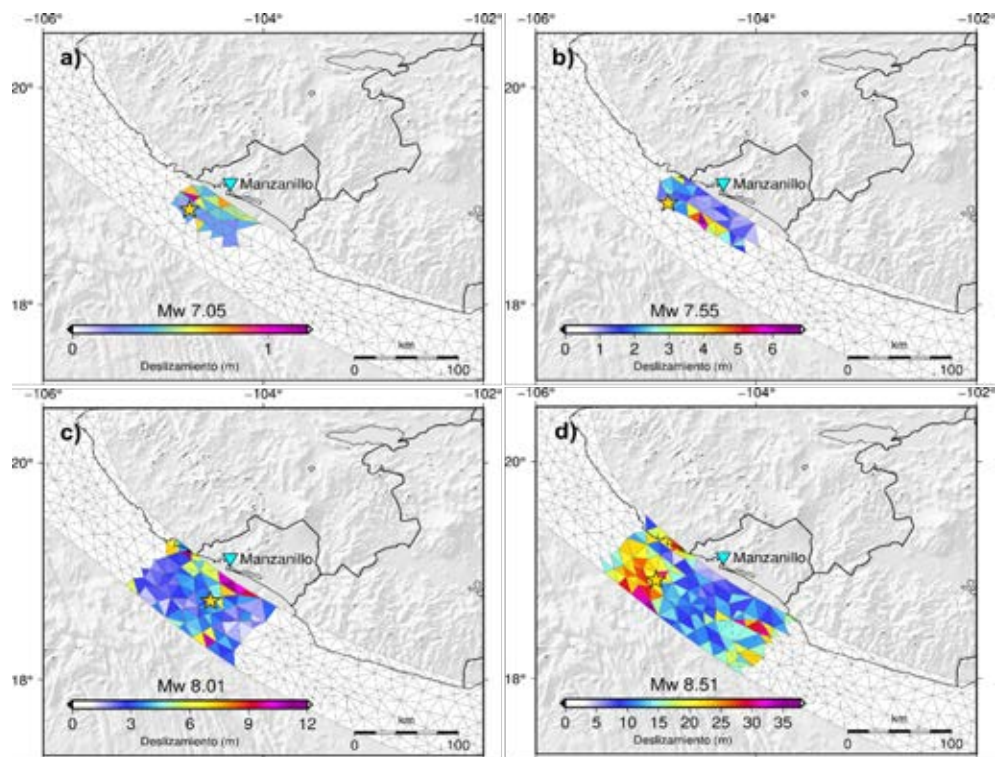


Figura 1. Ejemplos de modelos sísmicos sintéticos con magnitudes a) 7.05, b) 7.55, c) 8.01 y d) 8.51. La estrella indica el hipocentro desde donde se origina el sismo y el triángulo celeste la posición de Manzanillo



Figura 2. Ubicación de los mareógrafos empleados en las simulaciones numéricas



Figura 3. Mapa de inundación para el periodo de retorno de 100 años. Se muestra la inundación usando el valor de sensor ubicado sobre la cota de -10 m y la aproximación del *runup*

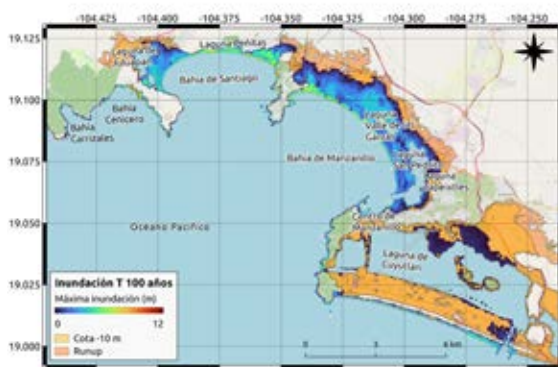


Figura 4. Máxima inundación evaluada con GeoClaw para un caso similar al periodo de retorno de 100 años. Como referencia se muestra la inundación calculada al proyectar la cota de inundación para el mismo periodo de retorno

Referencias

1. Geist, E. L. (1998). Local tsunamis and earthquake source parameters. *Advances in Geophysics*, 39, 1.
2. 17-209. doi: 10.1016/S0065-2687(08)60276-9.
3. Hayes, G. P.; Moore, G. L.; Portner, D. E.; Hearne, M.; Flamme, H.; Furtney, M. y Smoczyk, G. M. (2018). Slab2, a comprehensive subduction zone geometry model. *Science*, 362(6410), 58-61. DOI: 10.1126/science.aat4723.
4. Instituto Nacional de Geografía y Estadística. Presentación de resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda. Colima. (2021). https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ccpv/2020/doc/cpv2020_pres_res_col.pdf.
5. LeVeque, R. J.; George, D. L. y Berger M. J. (2011). Tsunami modelling with adaptively refined finite volume methods. *Acta Numerica*, 20, 211-289. DOI: 10.1017/s0962492911000043.
6. Melgar, D.; LeVeque, R. J.; Dreger, D. S. y Allen, R. M. (2016). Kinematic rupture scenarios and synthetic displacement data: An example application to the Cascadia subduction zone. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121(9), 6658-6674.
7. Miyashita, T.; Mori, N. y Goda, K. (2020). Uncertainty of probabilistic tsunami hazard assessment of Zihuatanejo (Mexico) due to the representation of tsunami variability. *Coastal Engineering Journal*, 62(3), 413-428.
8. National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA. *Tsunami locations*. Consultado el 10 de abril de 2023. <https://www.noaa.gov/jets-tream/tsunamis/tsunami-locations>.
9. Tsushima, H.; Hirata, K.; Hayashi, Y.; Tanioka, Y.; Kimura, K.; Sakai, S. I. y Maeda, K. (2011). Near-field tsunami forecasting using offshore tsunami data from the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. *Earth, planets and space*, 63, 821-826.

www.iingen.unam.mx

VALORIZACIÓN INDUSTRIAL Y AGRÍCOLA DE LA FRACCIÓN ORGÁNICA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (FORSU)

ÓSCAR GONZÁLEZ BARCELÓ,
HAMILTON MOSQUERA TOSCANO,
JAZMÍN CHÁVEZ MARTÍNEZ,
DIEGO ABONZA SOTRES
Y SIMÓN GONZÁLEZ MARTÍNEZ

La fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU) depende de la región y del país (Campuzano y González-Martínez, 2016). En Cd. de México Campuzano y González-Martínez, (2015) y Figueroa-Escamilla *et al.* (2021) reportan DQO de 304 y 294 $\text{gO}_2/\text{kg}_{\text{FORSU}}$; nitrógeno Kjeldahl, 5.4 y 6.1 $\text{g/kg}_{\text{FORSU}}$; y sólidos totales de 29.7 y 29.0 %ST, con fracción volátil de 0.75 y 0.78, respectivamente.

En la investigación de Castellón-Zelaya y González-Martínez, (2021), las fermentaciones anaerobias de FORSU muestran fermentación heteroláctica (lactato, etanol y acetato), que aumenta el rendimiento de metano (16 %) sobre digestión de FORSU cruda. Una vez digerida la FORSU, es un residuo con alto valor agrícola por sus nutrientes y capacidad de restauración de suelos (Peng y Pivato, 2019; Tampio *et al.*, 2016).

El trabajo aborda dos vías para aprovechamiento de la FORSU, basadas en procesos biológicos anaerobios: a) fermentación de FORSU con levaduras para producción de etanol, previo a digestión anaerobia, con uso del residuo sólido para abastecer el reactor metanogénico (Figura 1-a) (Wang *et al.* 2023) en el cual se incorpora la fermentación después de la digestión anaerobia; y b) digestión de FORSU y uso de fracciones del material residual (líquida y sólida) para fertilizante y mejorador de suelos (Figura 1-b) (van Midden *et al.*, 2023).

Metodología

La FORSU fue colectada de muestras aleatorias en la estación de transferencia Coyoacán, Cd. de México, con metodologías NMX-AA-15-1985, y NMX-AA-19-1985. Las muestras se conservaron a -21°C en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental (LIA), y el método de preparación fue de acuerdo a Castellón-Zelaya y González-Martínez (2021) (Figura 2).

El experimento para etanol y metano a partir de FORSU se realizó en frascos de 2L, con salida de biogás a 35°C , sin control de pH por 72 horas (Mosquera-Toscano *et al.*, 2023) (Figura 3-a). Con las tres concentraciones de sólidos totales (10, 20 y 29.2 % ST), cada una a tres concentraciones de levadura comercial *S. cerevisiae* (6, 12 y 24 $\text{g/kg}_{\text{FORSU}}$). De la fermentación, la fracción líquida fue para separar metabolitos; y la fracción sólida, para abastecer prueba de potencial bioquímico de metano (PBM) (Figura 3-b).

En el experimento de residuo digerido para biofertilizante se usó muestra de suelo franco-arenoso colectada en parcela ubicada al pie de Sierra de Xochitepec, CDMX; el digestato se obtuvo en un reactor semicontinuo a 35°C donde el residuo



Figura 1. Procesos anaerobios para valorización industrial (a) o agrícola (b) de FORSU.

El objetivo general es recuperar recursos de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos con valor agregado para industria (etanol y metano) o agricultura (nitrógeno o mejorador de suelos) mediante procesos anaerobios



Figura 2. FORSU: a) cuarteo en sitio, b) empaquetado a -20°C , c) muestra extrudida



Figura 3. Fermentación (a) y prueba PBM (b) (Mosquera-Toscano *et al.*, 2023)

digerido se clasificó en fracciones sólida y líquida (95 y 5 % ST) (Figura 4 a, b, c y d); y las incubaciones de referencia fueron: suelo, suelo-composta, suelo-FORSU; y de evaluación: suelo-residuo digerido, suelo-fracción líquida digerida y suelo-fracción sólida digerida; las proporciones como masa fresca promediaron 676 g: 152 g a 20°C y 20 a 35 % de humedad (Figura 5).

El experimento para mejoramiento de suelo arenoso consistió en: trituración de FORSU; digestión anaerobia para obtención de residuo digerido; mezclas suelo-residuo digerido (a 500g de arena de sílice se añadieron 5.3, 15, 27 y 70 g de residuo digerido espesado) (Figuras 6 a, b, c y d) (Tampio *et al.*, 2016); correspondientes a relaciones residuo digerido/suelo (masa/masa) de 1.06, 3, 5.4 y 14 %.

Resultados

El experimento de digestión anaerobia se realizó en dos etapas para selectividad de etanol y metanización, el cambio más significativo en la etapa de fermentación heteroláctica fue para 20 % ST que, de predominar ácido láctico en fermentación sin levaduras ($0.70 \text{ gDQO}_{\text{eq-láctico}}/\text{gDQO}_{\text{eq-}\Sigma\text{metabolitos}}$) es desplazado por etanol ($0.62 \text{ gDQO}_{\text{eq-etanol}}/\text{gDQO}_{\text{eq-}\Sigma\text{metabolitos}}$), al inocular $24 \text{ g}_{\text{S.cerevisiae}}/\text{kgFORSU}$ se obtienen 38.9 getanol/L. Además, al espesar el residuo digerido,

el potencial bioquímico de metano fue $318 \text{ NL} - \text{CH}_4/\text{kg}_{\text{FORSU}}$, 4 % menor que el PBM de la FORSU.

El experimento de residuo digerido e incubado en suelo para evaluar especies de nitrógeno tuvo una duración de 60 días. En incubaciones de referencia: a) suelo-FORSU, se cuantificaron amonificación (14 %) y pérdida de nitrógeno orgánico (6 %) que se atribuyen a actividad de bacterias hidrolíticas y posible volatilización como amoníaco; b) suelo-composta, la nitrificación (19 %) y pérdida mínima (1 %) indican presencia y rápida actividad de bacterias nitrificantes.

En incubaciones de residuos digeridos: a) suelo-residuo completo, finalizó con alta pérdida de nitrógeno (30 %), de donde dos tercios es debido a la pérdida del nitrógeno amoniacal, manteniendo una tercera parte al producir nitratos; b) suelo-fracción sólida digerida, el comportamiento es similar a residuo anterior, pero finaliza con mayor pérdida (45 %); y c) suelo-fracción líquida digerida, se mantiene el comportamiento, sólo que la pérdida disminuye 20 % al lograr mayor índice de nitrificación (27 %). Al igual que en el presente trabajo De la Fuente *et al.* (2013) destacan una gran pérdida inicial de nitrógeno que atribuyen a una rápida inmovilización por crecimiento de microorganismos, volatilización de amoníaco y posible desnitrificación.



Figura 4. Experimento biofertilizante: a) suelo, b) reactor digerido C) sólido, y d) líquido



Figura 5. Incubaciones en suelo para evaluación del nitrógeno. Las capacidades de retención de humedad y formación de agregados se determinaron con métodos de Yu *et al.* (2013) y Kaurichev (1984), respectivamente



Figura 6. Experimento para mejoramiento de suelo: a) FORSU triturada; b) reactor; c) residuo digerido; d) componentes de arena y sustratos para incubaciones

En el experimento de mejoramiento de un suelo arenoso, para los ensayos 1, 2, 3 y 4 de residuos-digeridos espesados (5.3, 15, 27 y 70 g) incubados en 500 g de arena: a) los agregados entre 0.25 y 10 mm, que resistieron la prueba de tamizado en seco, aumentaron de 42, a 54, a 62 y a 76 % (masa/masa), que de acuerdo a la prueba de Kaurichev el estado estructural mejoró de malo, a bueno, a satisfactorio y a bueno, respectivamente. La mejora del suelo se comporta como los contenidos correspondientes de materia orgánica (2.0, 2.3, 3.0 y 7.7 gCOT/kg_{ST}). También, destacan los aumentos en la capacidad de reten-

ción de humedad de 35, a 46, a 47 y a 47 %, respectivamente; mientras que para arena fue de 25 %.

Conclusiones

La digestión anaerobia en dos etapas, donde hay fermentación previa que se bioaumenta con levadura comercial, permite obtener etanol en la primera etapa; la digestión anaerobia de la fracción sólida de la fermentación permite igualar o incrementar el potencial bioquímico de metano, en comparación al que se obtiene a partir de FORSU.

Después de la digestión anaerobia de FORSU, la incubación en suelo del residuo líquido digerido conservó más nitrógeno, útil para cultivos, que las mezclas del residuo completo o la fracción sólida digerida, atribuible a una menor concentración de bacterias con capacidades de amonificar o desnitrificar.

La aportación de materia orgánica con las características del residuo, espesado, de digestión anaerobia de FORSU permitió mejorar en un suelo arenoso las capacidades de retención de humedad y de agregación.

El trabajo experimental fue realizado en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental (LIA) del Instituto de Ingeniería de la UNAM con certificado de conformidad otorgado por el organismo acreditado Certificación Mexicana, S. C.

Créditos

Óscar González Barceló redactó el documento; el trabajo es producto de las tesis de maestría PMyDI(Ambiental)-UNAM de Hamilton Mosquera Toscano, Jazmín Chávez Martínez, Diego Abonza Sotres; y Simón González Martínez quien es el asesor de los temas y jefe de los proyectos PAPIIT y CONAHCYT que aportaron los recursos para la investigación.

Referencias

1. Campuzano, R. y González-Martínez, S. (2016). Characteristics of the organic fraction of municipal solid waste and methane production: A review. *Waste Management*, 54, 3-12. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.05.016>.
2. Campuzano, R. y González-Martínez, S. (2015). Extraction of soluble substances from organic solid municipal waste to increase methane production. *Bioresource Technology*, 178, 247-253. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.08.042>.
3. Castellón-Zelaya, M. F. y González-Martínez, S. (2021). Silage of the organic fraction of municipal solid waste to improve methane production. *Water Science and Technology*, 83(10), 2536-2548. <https://doi.org/10.2166/wst.2021.148>.
4. De la Fuente, C.; Alburquerque, J. A.; Clemente, R. y Bernal, M. P. (2013). Soil C and N mineralisation and agricultural value of the products of an anaerobic digestion system. *Biology and Fertility of Soils*, 49(3), 313-322. <https://doi.org/10.1007/s00374-012-0719-9>.
5. Figueroa-Escamilla, L.; González-Martínez, S.; Campuzano, R. y Valdez-Vázquez, I. (2021). METHANE PRODUCTION AND BROMATOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE DIFFERENT FRACTIONS OF ORGANIC MUNICIPAL SOLID WASTE. *Detritus*, 15, 13-23. <https://doi.org/10.31025/2611-4135/2021.15095>.
6. Kaurichev, I. S.; Panov, N.; Stratonovich, M.; Grechim, I.; Savich, V.; Ganzhara, N. y Mershin, A. (1984). *Prácticas de Edafología*. Edición en español. 279pp. MIR, Moscú.
7. Mosquera-Toscano, H. G.; González-Barceló, O.; Valdez-Vázquez, I. y Durán-Moreno, A. (2023). Ethanol and Methane Production from the Organic Fraction of Municipal Solid Waste in a Two-Stage Process. *Bioenergy Research*. <https://doi.org/10.1007/s12155-023-10610-w>.
8. Peng, W. y Pivato, A. (2019). Sustainable Management of Digestate from the Organic Fraction of Municipal Solid Waste and Food Waste Under the Concepts of Back to Earth Alternatives and Circular Economy [Review]. *Waste and Biomass Valorization*, 10(2), 465-481. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0071-2>.
9. Tampio, E.; Salo, T. y Rintala, J. (2016). Agronomic characteristics of five different urban waste digestates [Article]. *Journal of Environmental Management*, 169, 293-302. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.01.001>.
10. Van Midden, C.; Harris, J.; Shaw, L.; Sizmur, T. y Pawlett, M. (2023). The impact of anaerobic digestate on soil life: A review. *Applied Soil Ecology*, 191, Article 105066. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.105066>.
11. Wang, W.; Chang, J. S. y Lee, D. J. (2023). Anaerobic digestate valorization beyond agricultural application: Current status and prospects. *Bioresource Technology*, 373, Article 128742. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128742>.
12. Yu, OY.; Raichle, B. y Sink, S. (2013). Impact of biochar on the water holding capacity of loamy sand soil. *Int J Energy Environ Eng* 4, 44. <https://doi.org/10.1186/2251-6832-4-44>.



ENSAYOS DE UN REDUCTOR DE VELOCIDAD DE TORNILLO IMPULSOR Y CADENA ROSCADA

FILIBERTO GUTIÉRREZ

Muchas de las máquinas utilizadas en la actualidad incluyen un reductor que les permite operar con velocidades menores que las de los motores que las impulsan. Esto ocurre en la maquinaria utilizada en las industrias manufacturera, transporte, construcción, minería, agrícola, energía, etc., lo que hace que se extienda el uso de los reductores de velocidad. Hay también maquinaria que usa amplificadores de velocidad.

Este trabajo se refiere a un novedoso reductor de velocidad que reúne varias características atractivas que auguraban tendría un desempeño superior al de los reductores conocidos de sinfín y corona.

En el nuevo reductor se sustituyó el sinfín con un tornillo impulsor y la corona con una transmisión de cadena roscada, según el concepto desarrollado en nuestro instituto, mismo que está protegido con dos patentes ^{[1], [2]}.

En una de las modalidades del reductor (Figura 1), se utiliza un tornillo de rodillos invertido como tornillo impulsor (Figura 2). Con este innovador mecanismo es posible aumentar el área de contacto a través de la cual se transmite la potencia de entrada; además, es factible utilizar el contacto rodante para transmitir dicha potencia. Mediante esta configuración se reduce el desgaste, aumenta la capacidad de carga y mejora la eficiencia. La innovación permite que el reductor funcione a la inversa, como amplificador de velocidad.

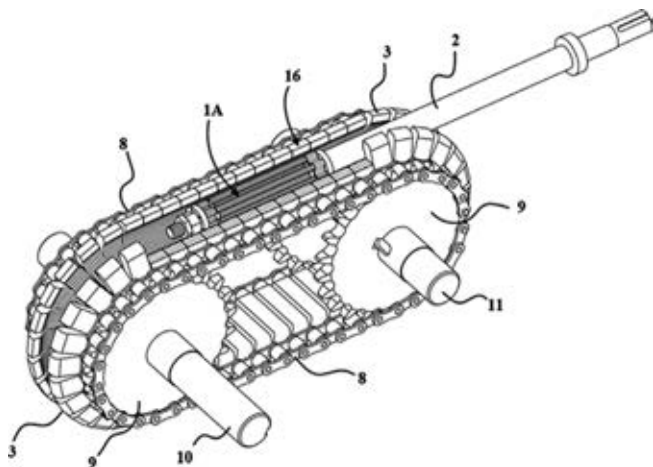


Figura 1. Esquema del reductor de velocidad con una vista en corte de la cadena roscada para mostrar el tornillo impulsor

La cadena roscada (Figura 3), es una cadena de transmisión de potencia formada por dos cadenas de rodillos, con pernos extendidos y un conjunto de cuerpos roscados semejantes a tuercas que está soportado por dichos pernos.

Pruebas

Se trabajó con un prototipo que tiene una relación de reducción de 46, aunque el mismo puede funcionar también como amplificador de velocidad, con una relación de amplificación de 46. Como los rodillos roscados del tornillo impulsor utilizado son cortos, sólo se aprovechó una sexta parte de la sección recta de la cadena roscada, para transmitir la potencia mecánica de entrada suministrada por un motor eléctrico.

Dada la carencia de un dinamómetro adecuado para aplicar al prototipo un alto par de frenado con baja velocidad, se utilizó un sencillo malacate para levantar pesos que fue accionado directamente por el eje de salida del reductor (Figura 4). Durante las pruebas se izaron pesos de 31, 63, 110 y 158 kg.

La rotación del tornillo impulsor se activa con un motor eléctrico cuyo estator es flotante, es decir, está montado sobre cojinetes, pero la rotación del estator está impedida por un brazo que está sujetado al propio estator y que presiona sobre un transductor de fuerza. Con la fuerza medida se calcula el par de entrada al reductor. El par de salida se calcula a partir del peso izado, del radio del tambor del malacate y de la eficiencia del malacate.

Resultados

Aunque ya se habían identificado algunos inconvenientes del prototipo, se esperaba alcanzar velocidades de entrada cercanas a 1000 rpm. Sin embargo, la velocidad máxima de entrada se limitó a 450 rpm debido al intenso ruido causado

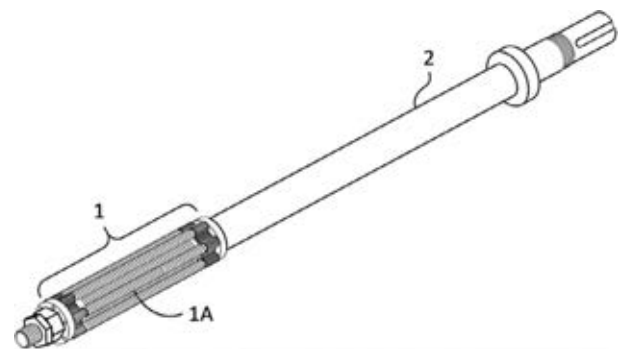


Figura 2. Tornillo de rodillos invertido, empleado para impulsar la cadena roscada

por el golpeteo entre los cuerpos roscados y a las vibraciones ocasionadas por el efecto cordal de las cadenas de rodillos. Tales problemas se hacían más preocupantes a medida que se excedía dicha velocidad.

En la Figura 5 se aprecia que la eficiencia del prototipo mejora al incrementarse el peso de la carga levantada, es decir, cuando aumenta el par de salida (Figura 6) y cuando aumenta la potencia mecánica de entrada (Figura 7). Sin embargo, en esas

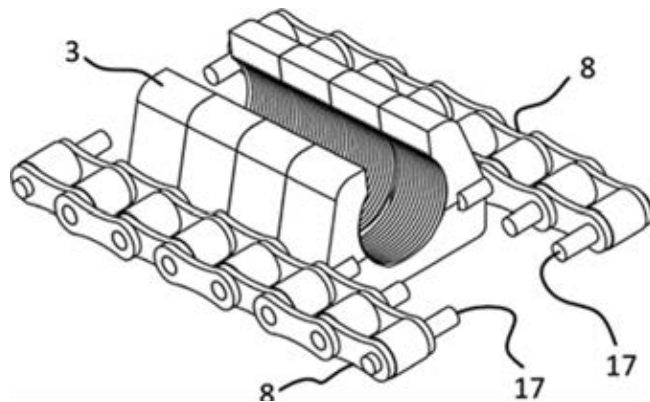


Figura 3. Fragmento de la cadena roscada

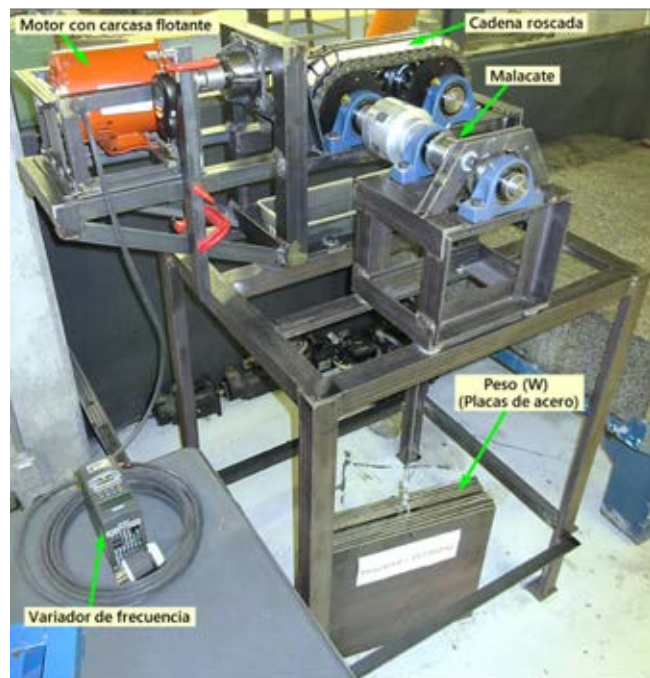


Figura 4. Banco de pruebas del reductor de velocidad de tornillo impulsor y cadena roscada

tres figuras también se observa que la eficiencia disminuye al aumentar la velocidad de entrada. Este comportamiento desfavorable se produjo a pesar de que el prototipo funcionó a una velocidad de entrada relativamente baja, no superior a 450 rpm.

Al comparar las curvas de eficiencia mostradas en la Figura 6 con las de otro reductor que también transmite la potencia de entrada mediante contacto rodante^[3], se aprecia que, cuando ambos reductores operan con una velocidad de entrada de 300 rpm y los mismos pares de salida, nuestro reductor es ligeramente más eficiente que la versión de rodillos cilíndricos del reductor referido, pero menos eficiente que su versión de rodillos cónicos.

La eficiencia máxima se alcanzó al levantar el peso más grande (158 kg) y fue de 63 %, correspondiente con un par de salida de 56 N-m y con una velocidad de entrada de 225 rpm; sin embargo, se esperaba alcanzar mayor eficiencia.

El comportamiento mecánico del prototipo fue menoscado por varias características desfavorables que son inherentes a su diseño innovador. Entre los problemas observados resaltan los siguientes: a) el efecto cordal de las cadenas de rodillos origina vibraciones importantes, también produce la flexión cíclica del eje del tornillo impulsor; b) los rodillos del tornillo impulsor tienen un desempeño deficiente en el interior de los cuerpos roscados; c) el par de entrada provoca el torcimiento de las cadenas de rodillos; d) cuando los cuerpos roscados abandonan la trayectoria circular, impuesta por las ruedas dentadas, chocan contra el cuerpo roscado que les antecede. En la Referencia 4 se describen con detalle tales desventajas.

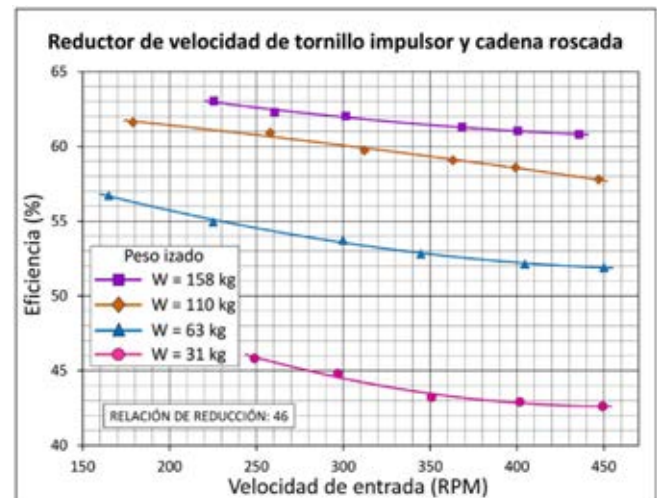


Figura 5. Eficiencia del reductor de velocidad en función de la velocidad de entrada. El reductor se utilizó para accionar un malacate que levantaba pesos de 31, 63, 110 y 158 kg

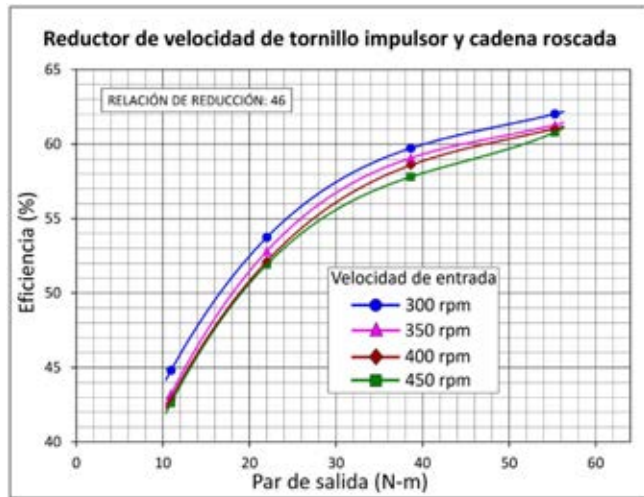


Figura 6. Eficiencia del reductor de velocidad en función del par de salida, correspondiente a cuatro velocidades de entrada: 300, 350, 400 y 450 rpm

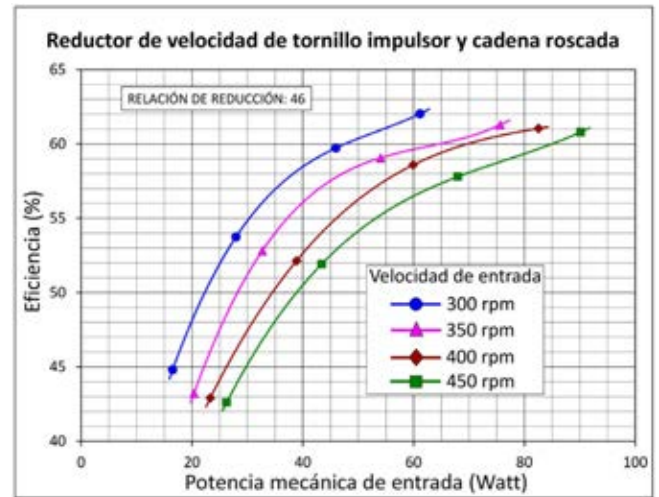


Figura 7. Eficiencia del reductor de velocidad en función de la potencia mecánica de entrada, según cuatro velocidades de entrada: 300, 350, 400 y 450 rpm

Conclusiones

Los resultados muestran que la eficiencia del prototipo mejora cuando aumenta el par de salida, en contraste, la eficacia disminuye a medida que sube la velocidad del tornillo impulsor. Para aminorar algunos de los problemas encontrados, podría hacerse lo siguiente: 1) reemplazar las cadenas de rodillos con otra clase de cadenas que no presente el nocivo efecto cordal; 2) reducir la abertura de los cuerpos roscados y el peso de los mismos; 3) añadir un dispositivo para evitar que el par aplicado por el tornillo impulsor tuerza las cadenas de rodillos. Sin embargo, nuestro reductor tiene inconvenientes adicionales a los ya descritos: requiere un mecanizado elaborado, además, es voluminoso y pesado. Las desventajas son tan numerosas y sustanciales que es de dudar si tiene sentido intentar superarlas.

Referencias

- Chicurel, E. J. y Gutiérrez, F. (2018). *Driving Screw and Chain Speed Reducer*. US Patent No. 9927012.
- Chicurel, E. J. y Gutiérrez, F. (2020). *Reductor de velocidad de tornillo impulsor y cadena*. Patente mexicana No. MX 371482.
- Deng, X.; Wang, S.; Qian, L. y Liu, Y. (2020). Simulation and Experimental Study of Influences of Shape of Roller on the Lubrication Performance of Precision Speed Reducer. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 14, 1156-172. <https://doi.org/10.1080/19942060.2020.1810127>.
- Gutiérrez, F. (2024). Roller Screw and Threaded Chain Speed Reducer: An Experimental Evaluation. *Modern Mechanical Engineering*, 14, 1-11. <https://doi.org/10.4236/mme.2024.141001>.

Cuando gana la
UNAM
ganamos
todos

UnAm
La Universidad
de la Nación



INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM



RECONOCIMIENTOS: MEJORES CIENTÍFICOS EN MÉXICO 2023

En el Instituto de Ingeniería estamos muy orgullosos porque varios de nuestros investigadores fueron distinguidos como Mejores Científicos en México 2023, de acuerdo con la 3ª Edición del *Ranking* por Research.com, basado en datos consolidados de un amplio rango de fuentes de información donde se considera el índice H que tiene cada científico y el índice D que la plataforma ha creado y que se refiere a las publicaciones y premios dentro del área o disciplina seleccionada incluyendo OpenAlex y CrossRef (World's Best Environmental Sciences Scientists H-Index Environmental Sciences Science Ranking in Mexico 2024 | Research.com).

Dentro de los galardonados se encuentran los doctores:

Germán Buitrón Méndez y Francisco Javier Cervantes Carrillo

Unidad Académica Juriquilla

Área: Ciencias Ambientales

Francisco José Sánchez Sesma

Ingeniería Sismológica

Área: Ingeniería y Tecnología

Jaime Alberto Moreno Pérez

Eléctrica y Computación

Ingeniería Electrónica y Eléctrica |

LETTINGA AWARD

De igual manera felicitamos a los doctores Alejandro Vargas, Julián Carrillo Reyes e Iván Moreno Andrade por haberse hecho acreedores al premio Lettinga Award que otorga la Fundación Lettinga. Este reconocimiento se concede a aquellos investigadores que han desarrollado proyectos de innovación en digestión anaerobia promisorios, para su aplicación en la solución de problemas ambientales. Esta presea se entregó durante la 18th IWA World Conference on Anaerobic Digestion en la ciudad de Estambul. |



NUEVOS NOMBRAMIENTOS



Nuestras más sinceras felicitaciones al Dr. Héctor Aviña Jiménez, investigador adscrito a la Coordinación de Ingeniería de Procesos Industriales y Ambientales, quien recibió el nombramiento de Vicepresidente del Consejo Directivo de la Asociación Geotérmica Mexicana para el periodo 2024-2026. Enhorabuena. |



La Dra. Angélica del Rocío Lozano Cuevas es la nueva titular de la Coordinación de Sistemas Mecánicos, Energéticos y de Transporte a partir del 1 de junio, en sustitución del Dr. David Morillón, quien ha sido designado como Coordinador del Posgrado en Urbanismo.

Al Dr. Morillón le agradecemos la dedicación y entrega con la que desempeñó sus funciones como coordinador y estamos seguros que la Dra. Lozano cuenta con la capacidad para realizar esta nueva encomienda exitosamente. |



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO



**Cámara Mexicana de la
Industria de la Construcción**

CONSTITUCIÓN DE LA COMISIÓN TÉCNICA CMIC-UNAM

El pasado jueves 23 de mayo se llevó a cabo la formalización de la Comisión Técnica CMIC-UNAM, resultado del convenio de colaboración que firmaron el pasado 15 de agosto de 2023, por parte de la UNAM, el entonces rector Dr. Enrique Graue Wiechers y por parte de la CMIC el Ing. Francisco Solares Alemán, entonces presidente Nacional con el fin de realizar actividades académicas, científicas y culturales en áreas de interés común por los próximos cinco años.

La Comisión Técnica estará integrada por parte de la CMIC el Mtro. Luis Armando Díaz Infante Chapa como presidente de la misma, por parte de la UNAM la Dra. Rosa María Ramírez

Zamora como coordinadora titular y Directora del Instituto de Ingeniería de la UNAM. En esta Comisión participan la Facultad de Economía y la Facultad de Ingeniería así como el Instituto de Ingeniería, todas ellas de la UNAM.

La Dra. Ramírez Zamora afirma que la relación entre la Cámara y las entidades universitarias será de gran utilidad. Una de las primeras acciones será revisar el plan de estudios de la carrera de ingeniería civil para que responda a las necesidades de nuestro país, además de tener presente lo importante que es hacer más resilientes las edificaciones, éstas son sólo algunas de las primeras acciones que abordaremos. |

3^{ER} CONGRESO NACIONAL DE INFORMACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN 2024

El Grupo de Bibliotecas en Ciencias (GBC) de la Universidad Nacional Autónoma de México, integrado por los jefes y coordinadores de bibliotecas organizaron el 3^{er} Congreso Nacional de Información para la Investigación que se llevó a cabo del 21 al 23 de mayo en el auditorio “José Luis Sánchez Bribiesca” de la Torre de Ingeniería de la UNAM.

El objetivo de este evento —afirma la Lic. Elizabeth Plata García, jefa de la Unidad de Servicios de Información del IIUNAM— es compartir los conocimientos que se presenten en el Congreso entre los profesionales de la información, jefes de bibliotecas, investigadores, académicos y personas interesadas en las líneas temáticas manejadas (bibliotecas y ciencia ciudadana), así como nuevas formas de publicar el conocimiento para desarrollar nuevos servicios y productos de información que apoyen directamente la investigación.

Con este evento, se espera obtener mayores y novedosos conocimientos aplicables directamente a las actividades bibliotecarias cotidianas, así como incentivar a realizarlas.



DÍA MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE 2024 EN EL IIUNAM

Con el fin de celebrar el Día Mundial del Medio Ambiente, en el IIUNAM se llevaron a cabo tres conferencias donde se abordaron los temas de la desertificación, la remediación de los suelos y la resiliencia de los bosques a cargo de los doctores: Héctor Manuel Arias Rojo, Encargado del despacho, Dirección General de la Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA); Rosario Iturbe y Judith Ramos, ambas académicas de este Instituto.

La Dra. Rosa María Ramírez Zamora, Directora del IIUNAM, felicitó a la Dra. Rosa María Flores y a la Mtra. Margarita Cisneros por haber organizado los festejos de este día tan importante;

recordó que el Día Mundial del Medio Ambiente se estableció el 15 de diciembre de 1972. Sin embargo, -dijo- se eligió el 5 de junio porque fue cuando en la emblemática Conferencia de Estocolmo por primera vez se debatió sobre el cuidado del planeta y el desarrollo sustentable.



REPORTAJES DE INTERÉS

Este día -afirmó- es para reflexionar sobre las acciones de los humanos que tienen un impacto negativo en la preservación del planeta, así como las acciones que debemos hacer de manera individual para proteger nuestro entorno natural.

De acuerdo con datos de la ONU -continuó-, 40% de la superficie de nuestro planeta se considera degradada; una tierra en buen estado puede proveer casi 95% de los alimentos, nos proporciona trabajo y medios de subsistencia; además, nos protege frente a sequías, inundaciones e incendios forestales. Su degradación, por tanto, nos pone en un alto riesgo.

Por otra parte, la contaminación del suelo provoca una reacción en cadena, altera la biodiversidad del suelo reduciendo la materia orgánica que contiene y su capacidad para actuar como filtro; también, se contamina tanto el agua almacenada en el suelo como el agua subterránea, provocando un desequilibrio de sus nutrientes.

La desertificación, la degradación del suelo, la sequía y la agricultura representan una parte importante de la economía, son problemas que debemos atender.

Espero que esta jornada sea productiva, que sea un punto de encuentro académico que proporcione a nuestra comunidad un poco de esparcimiento y de buena convivencia -concluyó-.

A lo largo del día se llevaron a cabo varias actividades entre las que se encuentran el concurso de conocimientos sobre medio ambiente, en el que participaron estudiantes de nuestro Instituto.

También, se premió a la Licenciada Miriam Peña Téllez, ganadora del concurso del logotipo utilizando como emblema para la celebración de este día.

Para concluir, se proyectó la película *Dark Waters* inspirada en una historia real sobre un problema ambiental de contaminación del agua. En dicho filme se muestra cómo las grandes corporaciones anteponen sus intereses económicos a la salud y a la vida de toda una comunidad. Al finalizar, los doctores Alejandro Rodríguez y Enrique Guzmán hicieron interesantes comentarios sobre la película. |



SEMANA DE LA INGENIERÍA EN EL INSTITUTO DE INGENIERÍA

Del 10 al 14 de junio se llevó a cabo la Semana de la Ingeniería en el IIUNAM, al inaugurar este evento, la Dra. Rosa María Ramírez Zamora, Directora del Instituto de Ingeniería comentó: Esta celebración es para mostrar un poco de lo que sabemos hacer las y los ingenieros y que en este Instituto realizamos con excelencia, compromiso y responsabilidad. Proyectos enfocados a resolver problemas en beneficios de la sociedad, aportando conocimientos a la ciencia y al desarrollo tecnológico. También, espero que se fomente el estudio de las ingenierías, la convivencia y la colaboración entre académicos. Por otra parte, quiero comentar que es un orgullo que la primera mujer que ocupará la presidencia de México haya realizado su carrera académica en este Instituto, la Dra. Sheinbaum será la octava presidente mujer de América Latina y estoy segura que pondrá el nombre de México muy alto. Estoy segura que estamos en muy buenas manos y vamos a ayudarla para que ella alcance sus metas, por supuesto, le deseamos el mejor de los éxitos -concluyó-.



Durante esta semana el primer día se presentaron tres conferencias de la Subdirección de Estructuras y Geotecnia, la primera estuvo a cargo de Marcos Mauricio Chávez Cano y llevó por título Estudios experimentales para la evaluación estructural de elementos y sistemas estructurales, la segunda la presentó Alexandra Ossa y habló sobre Prospectiva y roles de la ingeniería geotécnica, la tercera Registros sísmicos y su importancia en la solución de problemas de ingeniería sísmica por Jorge Aguirre.

Después de las conferencias, Alberto Escobar, investigador de la coordinación de Ingeniería Estructural interpretó varias piezas con su Banda Rock AC.

El segundo día, Guadalupe Fuentes presentó las Cuencas hidrográficas y la gestión del agua, más tarde, Tania Ariadna García Mejía habló de La ingeniería y la química en el diseño de nuevos materiales para una ciudad limpia y sostenible; en la tercera, Faustino de Luna Cruz abordó el Compromiso de la ingeniería hidráulica con el entorno social. Para terminar, este día de la Coordinación de Ingeniería Ambiental, Arturo Vidal Xicoténcatl tocó para la concurrencia Música urbana.

El tercer día, David Morillón expuso La ingeniería aplicada a la sustentabilidad energética; Ramón Gutiérrez, La conectividad que habilita la inteligencia artificial y Alejandro Rodríguez las Aplicaciones del área de termofluidos en ingeniería mecánica. Por su parte, Germán Carmona, académico de la coordinación de Sistemas mecánicos energéticos y de transporte, nos sorprendió con un Concierto de piano con varias piezas de su autoría.



El cuarto día, Alejandro Vargas Casillas abordó el tema La ingeniería de control aplicada a bioprocesos: cómo no quedarse en la teoría y pasar a la aplicación; Karla Muñoz la Bioingeniería aplicada a la producción de biometano a partir de la revalorización de residuos y Bernardo Figueroa, la Aplicación de la mecánica de fluidos y burbujeantes a la ingeniería costera. Desde Sisal pudimos escuchar al Grupo Los Tríos dirigido por Adrián Eduardo Cauich Kantún.

El quinto día, estudiantes de la Facultad de Ingeniería visitaron la infraestructura de los laboratorios de Ingeniería Ambiental, Hidráulica, Costas y puertos, Estructuras, Mecánica de suelos y Sismología para posteriormente asistir a la proyección de la película noruega Bolgen (La última ola, 2015), donde Leonardo Ramírez y Miguel Rodríguez comentaron aspectos técnicos de los tsunamis.

Felicitemos a las organizadoras Rosa María Flores Serrano y Margarita Cisneros quienes dedicaron todo su esfuerzo para que esta semana fuera todo un éxito.

PRIMER CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

El Primer Congreso Internacional de Ingeniería Ambiental se llevó a cabo en el auditorio de la Torre de Ingeniería y en el Salón de Seminarios Emilio Rosenblueth del Instituto de Ingeniería, donde se dieron cita 266 especialistas, académicos y estudiantes interesados en preservar la vida a través del cuidado del medio ambiente.

La Dra. Rosa María Ramírez Zamora, titular del Instituto de Ingeniería, dio la más cordial bienvenida al primer Congreso Internacional sobre la Ingeniería Ambiental: estoy muy contenta -dijo- que el Instituto de Ingeniería, a través del Presidente del Subcomité de Admisión por Campo de Conocimiento de Ingeniería Ambiental, la Dra. Neftalí Rojas, haya organizado de manera muy entusiasta y profesional este evento en el que abordarán temas muy importantes relacionados con la "Sostenibilidad", tema preponderante y estratégico para la preservación de

nuestro planeta. Agradezco, por supuesto, a las entidades participantes, a todos los patrocinadores, a los ponentes que vienen de diferentes países y a los estudiantes del posgrado, espero que tengan el mayor de los éxitos.

Por su parte, la Dra. Cecilia Silva Gutiérrez, Coordinadora General de Estudios de Posgrado felicitó a los organizadores por el esfuerzo que se hizo para que este encuentro académico fuera posible y hubiera tenido el poder de convocatoria que tuvo; afirmó que todas las personas que nos encontramos hoy aquí, así como todas las personas que compartimos los diferentes ambientes universitarios tenemos algo en común, queremos entender, conocer y explicar diferentes escenarios; porque esto que ustedes quieren tratar de entender y que han estudiado durante muchos años nos importa y nos impacta a todos. Quienes piensan que el cambio climático no es cierto, la realidad es que sí existe, algo está pasando, debemos actuar de manera más decidida o las cosas no van a funcionar. Ojalá este tipo de encuentros se reproduzca, ojalá que participen más personas y



más disciplinas. Todas y todos podemos contribuir, no solamente ustedes como expertos en estas temáticas, sino la sociedad en general desde nuestro actuar cotidiano tenemos una responsabilidad que no hemos asumido. Espero que este primer congreso sea el primero de muchos, todas y todos debemos preocuparnos y ocuparnos. Les deseo éxito.

Durante la inauguración estuvieron en el presídium los doctores Pedro Francisco Rodríguez Espinosa, Director interdisciplinario de investigaciones y estudios sobre ambiente y desarrollo del Instituto Politécnico Nacional (IPN); Adrián Pedrozo Acuña, Director del IMTA; por parte de la UNAM los doctores Carlos Amador Bedolla, Director de la Facultad de

Química; Jorge Zavala Hidalgo, Director del Instituto Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático; Alfonso Durán Moreno, Coordinador del Programa del Posgrado en Ingeniería; María Neftalí Rojas Valencia, Presidenta del Subcomité Académico por campo de conocimiento en Ingeniería Ambiental.

El Congreso Internacional de Ingeniería Ambiental superó las expectativas con la participación de 21 universidades internacionales, 35 universidades mexicanas, 18 entidades de la UNAM, 266 asistentes de varios países del mundo, 177 presentaciones orales y 74 presentaciones en posters. Inició el sábado 15 de junio con la fiesta ambiental en la que se plantaron árboles; posteriormente, previo al congreso se impartieron cuatro talleres: a) Captación de agua de lluvia, b) sistemas de evaluación de la sostenibilidad de las infraestructuras, c) las macetas compostables y d) el de acuarelas naturales.

Agradecemos el apoyo de los patrocinadores: AECOM, Ecolimpo, Innovare, ICA fluor, Ticsa Grupo EPM, Bioelements, PIMA, NEWCALGON, Concretos reciclables y RSSostenible; así como a la Dra. Neftalí Rojas por el tiempo y la dedicación para la realización de este Congreso.

Las Memorias del CIAMB se pueden consultar en el vol. 40-2024 de la Revista Internacional de Contaminación Ambiental con ISSN. 0188-4999. Revista JCR con valor curricular.

SEMANA DE LA INGENIERÍA EN EL IIUNAM - ACTIVIDADES DEPORTIVAS

Para concluir con la Semana de la Ingeniería en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, 2024, el Ing. Valente Vázquez Tamayo de la Coordinación de Electrónica, organizó varias actividades deportivas que se llevaron a cabo el sábado 15 de junio en las instalaciones del Estadio Tapatío Méndez.

Los participantes de la carrera de 5 km se dieron cita a las 8 a. m. y resultaron ganadores:

Rama Varonil

- 1^{er} lugar: German Dimitriv Jojoa Unigarro (colombiano) - Coordinación Ingeniería Ambiental, IIUNAM, investigador posdoctoral
- 2^{do} lugar: Martín Arenas - Coordinación de Geotecnia, IIUNAM, estudiante.
- 3^{er} lugar: Leonardo Osnaya - Facultad de Ingeniería, UNAM.

Rama Femenil

- 1^{er} lugar: Sofía Jojoa Unigarro, colombiana - Ingeniera Geológica, Visitante de la Universidad Nacional de Colombia.
- 2^{do} lugar: Paola Iyonne Ortiz - Coordinación de Ingeniería Ambiental, IIUNAM.
- 3^{er} lugar: Valeria Montserrat Toral Ruiz - Posgrado de Odontología, UNAM.

Una hora después, en la pista de tartán inició la caminata de veteranos quienes recorrieron 2.5 km.



Valente Vázquez, Cecilia Arratia, Rosa María Ramírez (Directora del IIUNAM) y Rosa María Flores

Caminata mixta

- 1^{er} lugar: Miguel Ángel Jiménez Sid - Invitado externo
- 2^{do} lugar: Benice Hernández - Docente de la Facultad de Ingeniería, UNAM.
- 3^{er} lugar: Fermín Maya - Universidad para el Bienestar Benito Juárez del área de Ingeniería Electromecánica

A las 10 h, jugadores mayores y menores de 40 años participaron en un apasionado partido de Fútbol.

Agradecemos el interés y la entrega de la Dra. Rosa María Flores, de la Mtra. Margarita Cisneros y nuevamente un reconocimiento al Ing. Valente Vázquez quienes se dieron a la tarea de organizar esta Semana de la Ingeniería, abarcando tanto el aspecto cultural como el deportivo, fomentando de manera sana la convivencia entre los miembros de la comunidad del IIUNAM.



INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM



RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS

ECOTIPS



RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS RESIDUOS

El unigel
**ya no puede
entrar**
al Instituto de
Ingeniería, UNAM.

El unigel es poco reciclable y muy
contaminante, juntos podemos
cuidar a nuestro planeta.

