

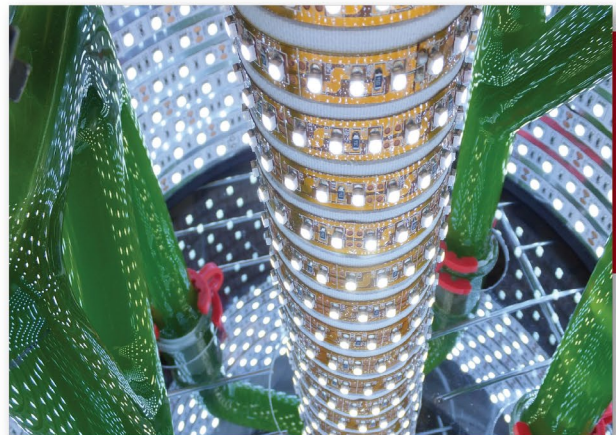


INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM

GACETA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM

ISSN: 1870-347X

No. 169 | noviembre - diciembre 2024



Desarrollo de un modelo
de inteligencia artificial
a través de lógica difusa para
categorizar el grado
de agotamiento de un pozo
petrolero

Los colores
de las microalgas

Confort además
de resistencia

La estación de pozo y superficie,
Secretaría de Comunicaciones
y Transportes (SCT)

EDITORIAL

En este fin de año 2024, quiero hacer un recuento de los sucesos relevantes de este periodo; estos acontecimientos, tendrán una influencia significativa en las acciones a emprender por nosotros para que nuestra labor pueda tener una mayor incidencia en la solución de problemas nacionales. En primer lugar, destaco el hecho histórico en el que por primera ocasión una mujer, la Dra. Claudia Sheinbaum Pardo, fue elegida Presidenta de México del 2024 al 2030. Asimismo, Donald Trump fue también electo Presidente de los Estados Unidos de América por segunda ocasión, para un periodo de cuatro años. Considerando los retos que estos hechos plantean para el país y en general para el mundo, se vislumbran importantes oportunidades para que los académicos de nuestro Instituto podamos, trabajando de manera conjunta, incidir en el desarrollo del país y por consecuencia en el bienestar de la sociedad. Por supuesto, durante mi segundo periodo (2024-2028), esta importante labor la respaldaré como Directora de este gran Instituto, a través de diversas acciones como son el reforzamiento de nuestra infraestructura, una campaña fuerte de visibilización de nuestro trabajo en investigación y desarrollo tecnológico y el acercamiento con autoridades del gobierno federal y de diferentes estados. En este sentido, hasta diciembre de 2024 hemos tenido dos acercamientos con autoridades de la Ciudad de México (CDMX). En la primera reunión, realizada el 28 de octubre en la Torre de Ingeniería, con el Mtro. Pablo Enrique Yanes Rizo – Secretario de Ciencia, Tecnología e Innovación de la CDMX, se firmó la renovación del convenio de colaboración para el periodo 2024-2027 del “Laboratorio de Evaluación de Tecnologías Vehiculares” (LETEV), un esfuerzo conjunto que busca fortalecer la innovación y el desarrollo tecnológico en el sector vehicular. Asimismo, se le presentaron más de 20 propuestas de proyectos de ingeniería para solventar diversas problemáticas de la CDMX. También el pasado 11 de diciembre se tuvo una reunión con el Arq. Raúl Basulto Luviano, Titular de la Secretaría de Obras y Servicios (SOBSE) del Gobierno de la CDMX. Este encuentro tuvo como objetivo establecer un primer diálogo constructivo sobre temas de gran relevancia para el desarrollo urbano y la seguridad estructural en nuestra ciudad, así como la presentación del programa institucional de la SOBSE.

En vinculación con las personas titulares de dependencias de gobierno y de las universidades líderes en ingeniería, el próximo año buscaré tener una reunión con los titulares de las Secretarías de Ciencia, Humanidades y Tecnología, de Telecomunicaciones, de Transporte e Infraestructura, de SENER, de la CFE y de PEMEX. De la misma manera, buscaremos reforzar la vinculación con las universidades líderes a nivel internacional en las diferentes disciplinas de la Ingeniería.

En este mismo orden de ideas, la labor de vinculación que han desplegado varios miembros de nuestro personal académico ha sido muy importante para avanzar de manera firme en la participación del II UNAM para resolver problemas nacionales. Con miras a establecer las bases de colaboración para modernización y actualización del puerto

de Frontera, Tab., funcionarios de la Administración Portuaria Integral (APITab) y del Tecnológico Nacional de México, campus Centla, visitaron las instalaciones del Instituto de Ingeniería de la UNAM. La reunión, organizada por el Dr. Gutiérrez Castrejón, Subdirector de Electromecánica y por el Dr. Daniel Ceballos, investigador adscrito a esta Subdirección, contó con la participación de especialistas de la Subdirección de Estructuras y Geotecnia. En el Estado de Jalisco, la Dra. Rosa María Flores colaboró en la organización de una reunión con funcionarios del gobierno entrante del Lic. Pablo Lemus Navarro, donde estuvieron autoridades de AlianzaMX, del Estado de California y del Tec de Monterrey. De la misma manera, se han tenido acercamientos con el sector energético, empresa ENGIE y con la Comisión Reguladora de Energía, para que participemos en actividades de elaboración de la normatividad relativa a electro movilidad y a capacitación en este tema y otros afines a energías limpias.

Con motivo de la publicación en Gaceta UNAM el pasado lunes 9 de diciembre, del Programa de Austeridad, es importante que hagamos un análisis del impacto que tendrán las diversas disposiciones y políticas contenidas en este documento, con el fin de plantear estrategias que no tengan una repercusión sobre las actividades académicas.

Independientemente de estos grandes retos, debemos regocijarnos de que nuestro personal académico fue acreedor a 15 premios y distinciones, dentro de los que desatacan: el Premio Universidad Nacional (PUN) y el Reconocimiento Distinción Universidad Nacional para Jóvenes Académicos (RDUNJA) edición 2024, en el área de Innovación tecnológica y diseño industrial. También el proyecto “Nixta Cycle: Innovación Sostenible en la Industria del Maíz” fue el finalista correspondiente a la modalidad 2, que considera binomios de investigación conformados por la UNAM-TEC. El Lettinga Award 2024 otorgado en la 18th IWA World Conference on Anaerobic Digestion a académicos de nuestra Unidad Académica Juriquilla. Ambos reconocimientos se inscriben en un contexto de desarrollo tecnológico con miras a realizar una transferencia a la industria. Felicito a todo el personal académico que fue acreedor a un premio en el 2024, en la certeza de que estas distinciones consolidan el liderazgo del II UNAM. De la misma manera, en este año pudimos celebrar al personal académico que cumplió de 10 a 60 años de labor y a quienes les externo mi gran agradecimiento por su desempeño y apoyo desplegados para contribuir a que el II UNAM cumpla con sus metas. También, felicito a toda la comunidad del II UNAM, por su importante labor y gran compromiso mostrados a lo largo de este año que está finalizando.

Concluyo enviándoles mis parabienes con motivo de estas fiestas decembrinas y de Año Nuevo, y deseando lo mejor para ustedes y sus seres queridos. Que el 2025 esté lleno de mucha salud, armonía y prosperidad para México, la UNAM y, en particular para nuestro Instituto. |

Cordialmente,

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

Rector Dr. Leonardo Lomeli Vanegas	Coordinador de la Investigación Científica Dra. María Soledad Funes Argüello
Secretaría General Dra. Patricia Dolores Dávila Aranda	Coordinador de Humanidades Dr. Miguel Armando López Leyva
Abogado General Mtro. Hugo Concha Cantú	Coordinador para la Igualdad de Género Dra. Norma Blazquez Graf
Secretario Administrativo Mtro. Tomás Humberto Rubio Pérez	Coordinadora de Difusión Cultural Dra. Rosa Beltrán Álvarez
Secretaría de Desarrollo Institucional Dra. Diana Tamara Martínez Ruiz	Director General de Comunicación Social Mtro. Néstor Martínez Cristo
Secretaría de Prevención, Atención y Seguridad Universitaria Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo	Director de Información Mtro. Rodolfo González Fernández

Directora Dra. Rosa María Ramírez Zamora	Secretaría Académica Dra. Norma Patricia López Acosta
Subdirector de Estructuras y Geotecnia Dr. Carlos Javier Mendoza Escobedo	Secretaría Administrativa Mtra. Dulce María López Nava
Subdirectora de Hidráulica y Ambiental Dra. Rosa María Flores Serrano	Secretaría Técnica Arq. Xavier Palomas Molina
Subdirector de Electromecánica Dr. Ramón Gutiérrez Castrejón	Secretaría de Telecomunicaciones e Informática Ing. Marco Ambríz Maguey
Subdirectora de Unidades Académicas Foráneas Dra. Idania Valdez Vázquez	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 II UNAM
Diseño Lic. Oscar Daniel López Marín
Corrección de estilo María de los Ángeles Negrete Orozco

GACETA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM. Año 2024, Número 169, noviembre - diciembre 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 Hiriat, 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, Número de Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor: 04-2022-120913281300-109, ISSN 1870-347X, Responsable de la última actualización: 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.

DESARROLLO DE UN MODELO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL A TRAVÉS DE LÓGICA DIFUSA PARA CATEGORIZAR EL GRADO DE AGOTAMIENTO DE UN POZO PETROLERO

ESBEYDI VILICAÑA GARCÍA,
ARTURO PALACIO PÉREZ
Y SILVIA RAQUEL GARCÍA BENÍTEZ

Los combustibles fósiles representan 80% de la demanda mundial actual de energía primaria [1]. La mayoría de los países que tienen grandes depósitos de combustibles fósiles tienen economías que dependen de su extracción. Los pozos productores de petróleo se abandonan cuando el depósito se agota, es decir, cuando la cantidad de petróleo producido no es la suficiente como para que la extracción de hidrocarburos resulte rentable.

La lógica difusa es una extensión de la lógica Booleana convencional desarrollada para manejar el concepto de verdad parcial – valores de verdad entre “completamente verdadero” y “completamente falso”. La ventaja de la lógica difusa sobre otras técnicas en la caracterización de yacimientos es el hecho de que no se ve afectada por el déficit de datos relacionados a las condiciones físicas y de operación de los pozos petroleros, lo que constituye un serio desafío en las primeras etapas de la explotación de yacimientos [2]. Sin embargo, en la literatura revisada no se ha considerado el uso de la lógica difusa para categorizar un pozo petrolero como “sujeto a recuperarse”, es decir, que su producción sea muy baja en comparación a su punto máximo, pero que aún sigue teniendo recurso probado, con la intención de utilizar posteriormente técnicas de recuperación mejorada, si los resultados preliminares muestran que es factible. Se presenta el desarrollo y resultados preliminares de un modelo basado en lógica difusa para categorizar los pozos petroleros de acuerdo con variables geofísicas pertenecientes al crudo como la presión y producción, considerándose como variables principales y como variables secundarias: saturación, viscosidad, gravedad API, compresibilidad y factor de volumen. Se propone el uso de herramientas lógico difusas que, a través de funciones de membresía y la construcción de bloques de reglas, permiten determinar el nivel de pertenencia a cierta categoría y en consecuencia, elegir los pozos que cumplan con especificaciones

determinadas de acuerdo con valores publicados de las variables geofísicas consideradas.

El concepto de lógica difusa está relacionado con la manera en que las personas perciben su alrededor. Este tema es propio de la inteligencia artificial, donde se trata de imitar el pensamiento humano. En los conjuntos difusos se asigna un valor, grado de pertenencia o membresía al elemento respecto de un conjunto. Se le asocia un valor lingüístico que puede ser una etiqueta para asociarlo al nombre del conjunto. El conjunto difuso se caracteriza mediante una función de pertenencia o membresía. Si esta función toma el valor 0 significa que tal valor no está incluido, y si toma el valor 1 está absolutamente incluido [3]. La primera variable a considerar está relacionada con la presión. La presión de burbuja es una propiedad importante del petróleo, implica la presión a la cual los componentes más volátiles presentes en el petróleo empiezan a burbujear. El desempeño del yacimiento cambia significativamente cuando produce con presión por debajo del punto de burbuja. La presión en el punto de burbuja en yacimientos convencionales de petróleo varía entre 1800 y 2600 psi [4]. La manera de considerar la presión de burbuja es haciendo la relación entre la presión de operación del pozo y la presión de burbuja. El pozo se categoriza como “a recuperar” cuando la presión del pozo es menor a la presión de burbuja, lo que implica elegir la etiqueta de “apenas recomendable”, menor que 1 (Figura 1).

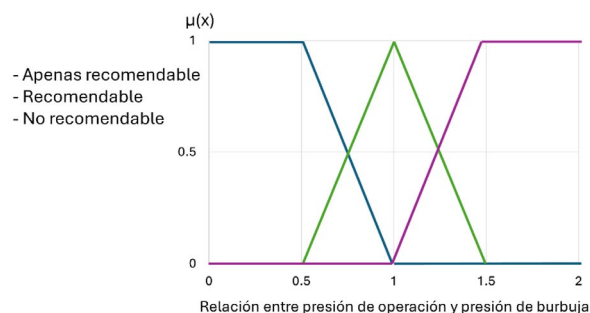


Figura 1. Representación de función de membresía
Poperación/Pburbuja

En la industria petrolera intervienen diferentes tipos de presiones en la extracción del crudo, una de ellas es la presión hidrostática, que es la presión que ejerce en un punto determinado del pozo una columna de fluido debido a su densidad y a su altura. Otra presión que tiene relación con la extracción es la presión de formación; esta presión es la ejercida por el contenido de líquido o gas en el espacio poroso de

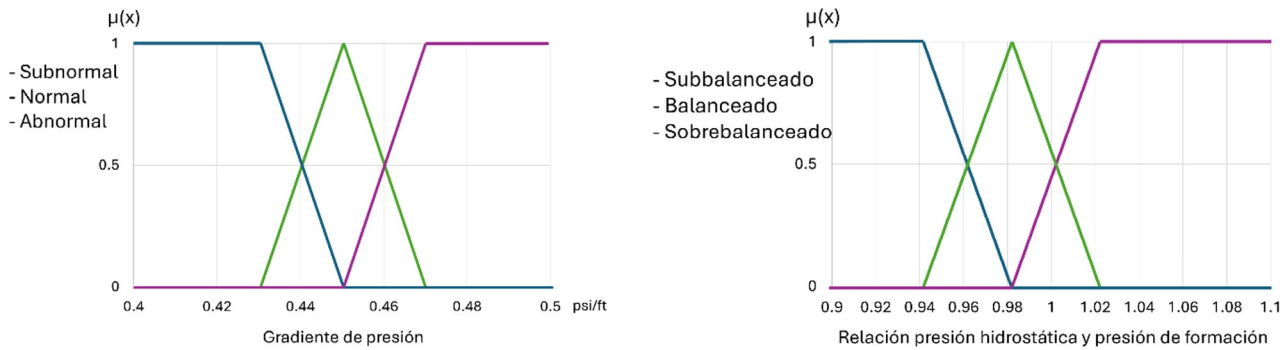


Figura 2. Representación de función de membresía a) para gradiente de P y b) Phidrostática/Pformación

la formación. La presión de formación se puede clasificar de acuerdo con el rango de valores que pueda presentar. Para fines de este estudio, se elige la presión subnormal, ya que implica tener una presión menor a la requerida para que el pozo funcione de manera “natural”; con base en eso, se puede clasificar el pozo como “a recuperar” (Figura 2a). Se busca que, con relación a la presión hidrostática, no haya disminución en el orden de 71 psi y que la presión de fondo del pozo no exceda 200 psi [5] (Figura 2b). Entonces, si se consideran los diferentes tipos de presión que se han discutido, las funciones de membresía implicarían que el gradiente de presión de formación sea menor a 0.433 psi/ft, además de que la relación de presión hidrostática y de formación sea menor a 0.95 para calificar el pozo petrolero como agotado o sujeto a recuperar.

Pemex Exploración y Producción considera que la parte más profunda de la Cuenca del Golfo de México es de mayor potencial petrolero, con un recurso prospectivo de 29,500 millones de barriles de petróleo crudo equivalente, lo que representa 56% del recurso total del país [6]. A partir de

2015 existen grandes expectativas de incorporar producción proveniente del Golfo de México, descuidando los recursos remanentes en la zona terrestre del país. Es por ello que, este trabajo se centra en la zona terrestre del país, principalmente en la zona de Veracruz, Puebla, Tamaulipas, y Tabasco (Figura 3).

Para mostrar el correcto funcionamiento de la metodología se busca que el gradiente de presión sea subnormal o abnormal. En cuestión a la relación entre la presión de operación y presión de burbuja, se esperaría que sea apenas recomendable, es decir, que la presión de operación sea menor a la presión de burbuja. Finalmente, respecto a la relación de presión hidrostática y presión de formación, sería en el caso de que la presión hidrostática fuese menor que la presión de formación. Se construyó un bloque de reglas, donde se combinan estas tres propiedades con sus respectivas calificaciones [7]. Por ejemplo, en la Tabla 1, lo que respecta a la regla 62, si el gradiente de presión es abnormal, la relación entre la presión de operación y la presión de burbuja es apenas recomendable, además, la relación entre la presión hidrostática y la presión de formación es sobreba-

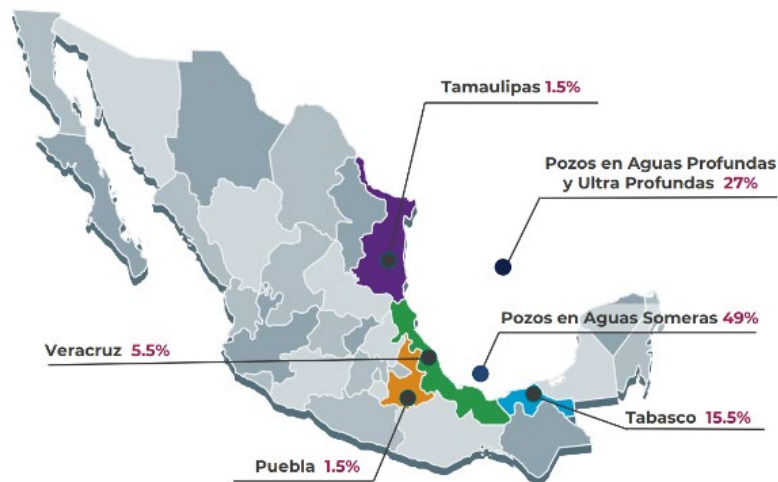


Figura 3. Recursos petroleros remanentes terrestres

Tabla 1. Bloque de reglas donde se califica el tipo de pozo, donde DoS = 1 está totalmente confirmada, DoS = 0 está totalmente descartada.

Regla		Gradiente de presión		Poperación / Pburbuja		Phidrostática / Pformación		DoS	Calificación del pozo
1	Si	Subnormal	Y	Apenas recomendable	Y	Subbalanceado	Entonces	0	Apenas recuperable
52	Si	Normal	Y	No recomendable	Y	Sobrebalanceado	Entonces	0.66	Apenas recuperable
62	Si	Abnormal	Y	Apenas recomendable	Y	Sobrebalanceado	Entonces	0.33	Recuperable

lanceada, entonces, el grado de soporte de la regla (DoS) es uno a la etiqueta “recuperable”, es decir, es 100% recuperable. La combinación de las tres variables de presión que se están considerando con sus respectivas etiquetas que se analizaron anteriormente da como resultado 81 reglas.

Se utiliza el *software* FuzzyTech para analizar el sistema de estudio. Se especifican las variables de entrada con sus respectivos rangos de valores típicos (Figuras 1-2). Después se establece la variable de salida como la calificación del pozo, donde el rango de valores va de 0 a 100 %. Si el valor obtenido es exactamente 50 %, significa que el pozo es totalmente recuperable; si el valor es menor a 50 %, implica que es apenas recuperable y si el valor es mayor a 50% es no recuperable en esa misma proporción. No se debe perder de vista que se está calificando un pozo petrolero de acuerdo con las diferentes presiones ya definidas en párrafos anteriores, para determinar si puede estar sujeto a recuperarse con técnicas para modificar sus condiciones ya sea primaria, secundaria o mejorada. Una vez que se tienen las variables (entrada y salida), se debe especificar el bloque de reglas con las 81 reglas generadas y sus grados de pertenencia; esas reglas se generan a partir de la combinación de las tres variables con sus tres etiquetas. El proceso se muestra en la Figura 4 donde se inicia con datos de entrada que miden la variable del proceso para obtener el dato de salida que es la variable que se tomará para modificar el estado del proceso.

En el escenario que se está analizando, el gradiente de presión se mantiene constante empleando tres valores diferentes (0.4, 0.45 0.5) y se varían la relación Presión de operación/Presión de burbuja con tres valores entre 0 – 2 (siendo los valores típicos mostrados) y la relación Presión hidrostática/Presión de formación con tres valores entre 0.9 – 1.05. Lo que se observa en la Figura 5 es que si se tienen al menos dos variables con valores cercanos al límite inferior, conduce a que el resultado de la calificación del pozo es “recuperable”; esto tiene sentido, ya que el bloque de reglas se construyó bajo ese esquema. Las presiones subnormales, es decir, aquellas presiones que se encuentran

por debajo del gradiente normal, pueden producir problemas de pérdida de circulación en los pozos perforados con lodo de perforación líquido. Por otro lado, en el caso 7, la etiqueta resultante es “NRE”, es decir, no recuperable; esto se comporta de acuerdo con las reglas que se establecieron en el bloque de reglas, donde los valores 0.45 para el gradiente de presión, 0.8 para la presión de operación / presión de burbuja y 1 para presión hidrostática con presión de formación, son valores intermedios en los rangos de cada caso. Implica entonces que, las condiciones son las adecuadas para seguir produciendo.

El creciente problema de desabasto de combustibles ha dado pie a la búsqueda de alternativas para el mejor aprovechamiento de los recursos existentes. Por eso la importancia de categorizar a los pozos petroleros con la intención de que conociendo parámetros de presión se pueda determinar si puede ser factible, ya que actualmente no se presentan alternativas para que de manera sencilla y rápida se puedan calificar. Uno de los puntos más importantes es que no se requieren bases de datos para generar resultados. Se verificó la metodología con tres variables asociadas a la presión del pozo petrolero, demostrando que los resultados son congruentes con lo que se establece en el bloque de reglas. Posteriormente, se requiere hacer el análisis para el resto de variables que se consideren más representativas. Cabe destacar que este es el primer paso, como trabajo futuro, se pretende que después de categorizar el pozo, se elija la mejor opción de técnica de recuperación mejorada de acuerdo con disponibilidad, costo y factibilidad.

Se pretende promover el uso de incentivos económicos para la incorporación de técnicas de recuperación mejorada. Finalmente, a partir de este modelo derivado de la inteligencia artificial, se buscará encontrar la mejor geolocalización de los pozos inyectores en la recuperación de los pozos, siendo importante destacar que, la metodología propuesta no sólo puede ser utilizada para predecir el agotamiento de los pozos, sino que, de manera conjunta se podrían hacer estudios de factibilidad económica conforme la vida del pozo petrolero va avanzando, dando un gran espectro de aplicabilidad.

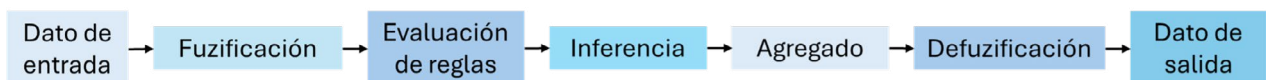


Figura 4. Etapas para la toma de decisiones

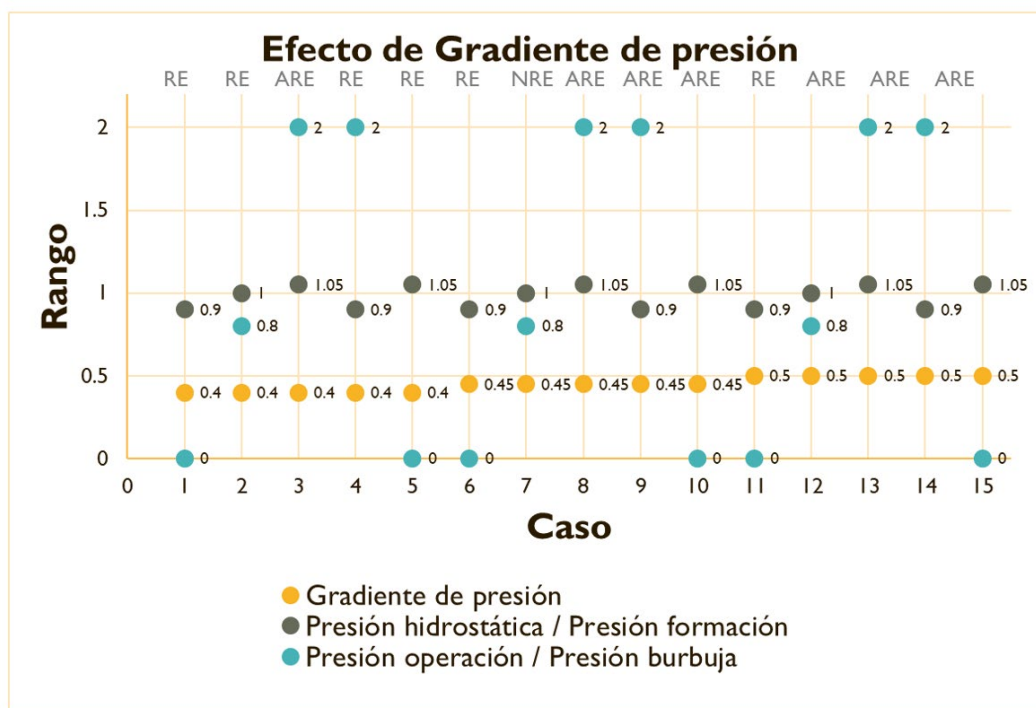


Figura 5. Variación de $P_{hidrostática}/P_{formación}$ y variación de $P_{operación}/P_{burbuja}$
 (RE: Recuperable, ARE: Apenas recuperable, NRE: No recuperable)

Referencias

- [1] Naciones Unidas. El papel de los combustibles fósiles en un sistema energético sostenible. <https://www.un.org/es/chronicle/article/el-papel-de-los-combustibles-fosiles-en-un-sistema-energetico-sostenible#:~:text=Los%20combustibles%20f%C3%B3siles%20comprenden%20el,emisiones%20globales%20de%20CO2.> (Accesado Junio 2024).
- [2] Okwu, M. O.; Nwachukwu, A. N. (2019). A review of fuzzy logic applications in petroleum exploration, production and distribution operations. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*. 9 1555-1568. <https://doi.org/10.1007/s13202-018-0560-2>.
- [3] Capítulo 2. (2023). Conceptos fundamentales de lógica difusa. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6887/04R-pp04de11.pdf;sequence=4> (Accesado Enero 2024).
- [4] Satter, A.; Iqbal, G. M., *Reservoir Engineering: 4-Reservoir fluid properties*. (2016) 81-105. ISBN: 978-0-12-800219-3. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-13485-X>.
- [5] Conceptos básicos de presiones. <https://s8dcd9b0a8ad1af4e.jimcontent.com/download/version/1526422818/module/5702463066/name/03%20PRESIONES.pdf>. (Accesado Febrero 2024).
- [6] Servicio Geológico Mexicano, *Petróleo en México* (2017). https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Petroleo-en-Mexico.html. (Accesado Julio 2024).
- [7] Villicaña-García E. (2024). Esquema para determinar el estado de un pozo petrolero utilizando herramientas de inteligencia artificial. Informe Final. Estancia Posdoctoral. Instituto de Ingeniería, UNAM.

www.iingen.unam.mx

LOS COLORES DE LAS MICROALGAS

ARMANDO GONZÁLEZ-SÁNCHEZ Y AITOR AIZPURU

Las microalgas y sus usos

Las microalgas son organismos unicelulares fotosintéticos que crecen en agua dulce o salada, predecesores de las plantas terrestres. Evolutivamente, las cianobacterias (cianófitas) fueron las primeras microalgas en aparecer. Son menos complejas que las demás microalgas y no contienen membranas que separan las estructuras específicas dentro de la célula. Por lo contrario, las microalgas eucariotas, más evolucionadas, tienen su material genético claramente separado del resto de la célula formando un organelo específico (núcleo).

Comparado con organismos fotosintéticos más evolucionados, como las plantas terrestres, las microalgas presentan gran eficiencia de conversión de la energía solar. Tienen mayores tasas de crecimiento, con capacidades de fijar CO₂ hasta 50 veces mayores (Cruz-García *et al.*, 2022). Además, el cultivo microalgal puede ser ventajoso frente al de las plantas, dado que no requiere de tierra cultivable, ni del uso de pesticidas y que también puede realizarse con aportes de bajo costo como agua no potable y efluentes gaseosos o aire ambiente (Levasseur *et al.*, 2020; Velasco *et al.*, 2023).

Por todas estas razones, el cultivo microalgal es muy investigado y algunos usos comerciales ya se están llevando a cabo. El principal producto comercial derivado de las microalgas es la biomasa completa (Figura 1). Esta ha sido históricamente usada desde la época precolombina, cuando los Aztecas consumían el tecuitlatl (*Arthrospira*) del lago de Texcoco (Alva *et al.*, 2023). Las microalgas siguen siendo una opción alimentaria saludable, además de ser usadas como fertilizante natural de los suelos. Sin embargo, un mercado más específico está desarrollándose, basado en la extracción de productos derivados de la biomasa microalgal. Entre estos derivados destacan los principales macronutrientes de las microalgas (carbohidratos, proteínas y lípidos). La utilización de lípidos y carbohidratos microalgales ha sido ampliamente investigada para la producción de bioenergía, con la generación de biodiésel o bioetanol. Sin embargo, el costo no competitivo aún impide una aplicación comercial (Velasco *et al.*, 2023). Por lo contrario, el mercado de proteínas microalgales está creciendo y ha resultado rentable para fines nutracéuticos. De manera aún más destacada, algunos productos microalgales tienen hoy en día un muy alto valor agregado, como los conocidos ácidos grasos Omega 3 y los pigmentos naturales que tienen diferentes aplicaciones nutracéuticas, farmacéuticas y cosméticas (Levasseur *et al.*, 2020).

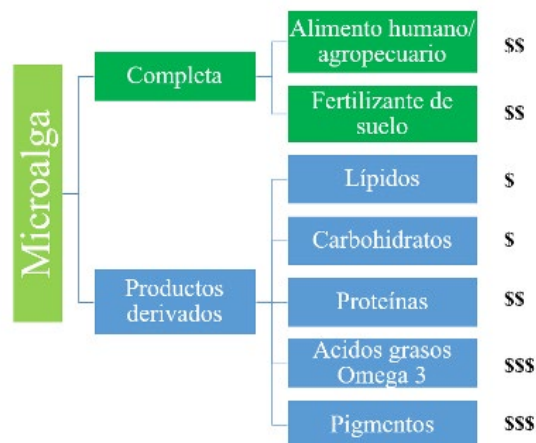


Figura 1. Principales productos obtenidos con microalgas. Valor actual: no rentable (\$); rentable (\$\$); alto valor agregado (\$\$\$)

Los pigmentos de las microalgas

Los pigmentos están constituidos por grupos químicos capaces de absorber parte del espectro de la luz visible, llamados cromóforos. Estos cromóforos tienen una serie de enlaces químicos carbono-carbono, alternando enlaces simples y dobles. La absorción de una porción de la luz visible es responsable del color de los pigmentos que sólo reflejan la radiación no retenida, apareciendo con el color complementario.

Entre las microalgas eucariotas, se pueden diferenciar tres grupos en base a su color, las microalgas verdes (clorófitas), las rojas (rodófitas) y las de color pardo o marrón (heterocontófitas) (Alva *et al.*, 2023). Como su nombre indica, las primeras microalgas desprovistas de núcleo (cianófitas) tienen un color ciano (azul). Los colores observados de las microalgas se deben a su contenido de diversos pigmentos. Varios pigmentos son esenciales para la fotosíntesis para captar la luz solar y convertirla en energía química, permitiendo la fijación de CO₂ y la síntesis de nuevo material celular. Otros pigmentos no fotosintéticos tienen un rol protector, son producidos en condiciones de estrés o para captar el exceso de energía solar, evitando daños oxidativos a las células. Existen cuatro tipos de pigmentos en las microalgas (Figura 2).

El primer grupo de pigmentos de color verde, son las clorofilas, que se encuentran en todos los organismos fotosintéticos. La principal, la clorofila a (Cl-a), también llamada pigmento fotosintético primario, realiza la última conversión de la energía solar en energía química. Otras clorofilas (b y c) son pigmentos fotosintéticos auxiliares, que permiten captar un rango más amplio de luz visible, pasando la energía a la Cl-a.

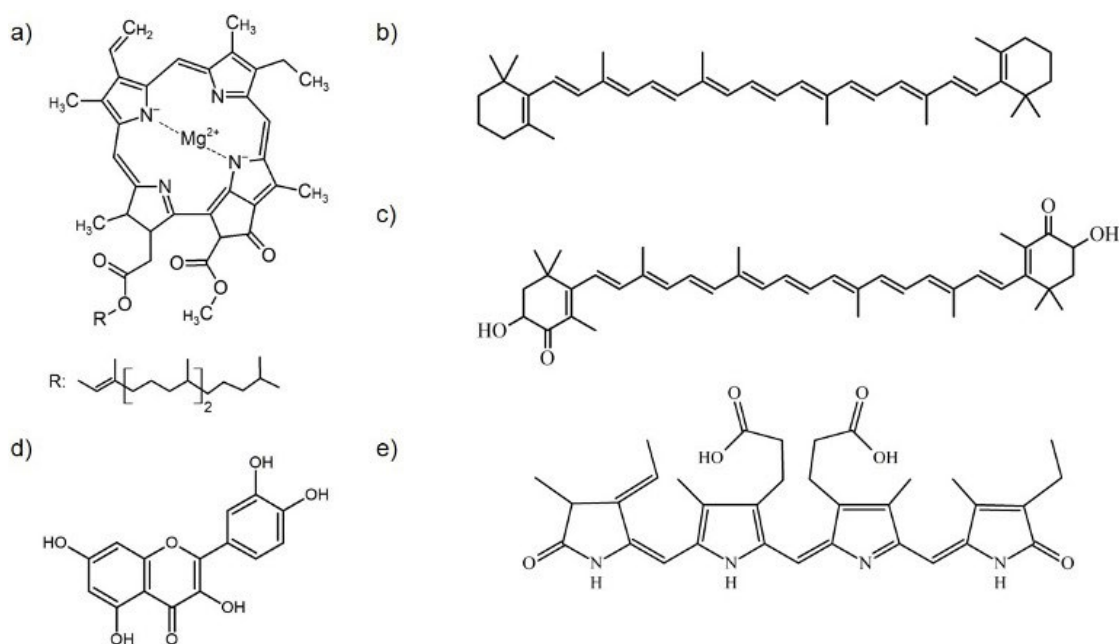


Figura 2. Ejemplos de estructuras químicas de los pigmentos o cromóforos de las microalgas.
 a) clorofila a (verde); b) β-caroteno (anaranjado) c) astaxantina (rojo); d) quercetina (amarillo); e) ficocianobilina (azul)

El segundo grupo de pigmentos, los carotenoides, incluye compuestos que sólo contienen carbono e hidrógeno (los carotenos) y compuestos que también contienen oxígeno (las xantófilas). Las algas rojas deben su color a un alto contenido de carotenos (rojos o anaranjados). Las algas pardas deben su color a un alto contenido de una xantófila de color marrón (como la fucoxantina). Los carotenoides pueden actuar como pigmentos fotosintéticos auxiliares, así como compuestos que previenen el daño oxidativo bajo condiciones de estrés celular.

El tercer grupo de pigmentos, las ficobiliproteínas, está constituido por cromóforos llamados ficobilinas atados a proteínas constitutivas. Estas ficobiliproteínas son de color azulado, y tienen un rol fotosintético auxiliar para las cianobacterias. La más comercializada de las ficobiliproteínas es la ficocianina, está compuesta por tres unidades de ficocianobilina.

El último grupo de pigmentos, los flavonoides (de color amarillento), se suele encontrar en las plantas terrestres, pero ha sido recientemente identificado en varios tipos de microalgas. El flavonoide más comúnmente encontrado es la quercetina. Se piensa que tienen una función no fotosintética de protección contra el estrés celular.

Entre los pigmentos microalgales más comercializados destacan dos carotenoides, el β-caroteno y la astaxantina, así como una ficobiliproteína, la ficocianina. El β-caroteno es esencial en nuestra dieta diaria, siendo precursor de la vitamina A. Favorece la buena salud de la piel y del sistema inmunitario. Se utiliza como colorante alimentario, y por

sus propiedades antioxidantes, en preparaciones tanto farmacéuticas como cosméticas. La astaxantina, que es el antioxidante natural más potente conocido, se usa como aditivo alimenticio, y en la dieta agropecuaria, en particular para dar un color más vivo a los salmones y al amarillo de huevo. También, se utiliza en cosmética para dar un color vivo a los lápices labiales; o por sus virtudes antioxidantes, como ingrediente activo en cremas de protección solar. La ficocianina de origen microalgal es hoy en día el pigmento natural más utilizado para dar un color azul en la repostería, confitería y glaseados. Es ampliamente usada en la cosmética para cremas anti-envejecimiento y anti-manchas de la piel.

Cómo incrementar la producción de pigmentos en el cultivo microalgal

Hay dos maneras de aumentar la producción de pigmentos: incrementando la cantidad total de microalga producida, o el contenido de pigmentos en estas microalgas.

Varias propuestas son estudiadas para fomentar la producción de biomasa microalgal. Recientemente, una investigación llevada a cabo en la Universidad del Mar, en el estado de Oaxaca, ha permitido observar que el uso de aire enriquecido en CO₂, que emane de la degradación de contaminantes orgánicos presentes en el aire, mejora la producción total de microalga (*Arthrospira máxima*), obteniendo hasta 117 % mayor productividad que con aire atmosférico (Cruz-García



Figura 3. Izquierda: Fotobiorreactor para cultivo de microalgas. Derecha: pigmentos extraídos de las microalgas cosechadas

et al., 2022). Así, resulta provechoso combinar procesos de tratamiento de contaminantes orgánicos que generen CO_2 con el cultivo microalgal, obteniendo a la vez beneficios ambientales y económicos.

En cuanto a fomentar mayor contenido de pigmentos, se tienen estrategias diferentes para los pigmentos fotosintéticos y los no fotosintéticos, estos últimos requiriendo condiciones de estrés para su producción (mayor intensidad de luz, incremento de salinidad o limitaciones de nutrientes) (Aizpuru *et al.*, 2024).

Cabe notar que, recientemente, una investigación del Instituto de Ingeniería de la UNAM demostró que se puede inducir un fuerte cambio en el contenido de pigmentos de la biomasa microalgal ya cultivada, con tan sólo 90 min de exposición final a condiciones específicas. Por ejemplo, se pudo incrementar el contenido de ficocianina en 50 %, tras una corta exposición a una intensidad de luz 60 % menor a la referencia utilizada para el crecimiento microalgal (Velasco *et al.*, 2023). La figura 3 muestra un ensayo de cultivo microalgal y de extracción de pigmentos llevado a cabo en la UNAM.

Las investigaciones presentes y futuras permitirán alcanzar mayor desarrollo de las tecnologías microalgales.

Las microalgas tienen un alto potencial para la producción de pigmentos de alto valor agregado y pueden ser excelentes mitigadoras del efecto invernadero por su fijación del CO_2 .

Referencias

- Aizpuru, A. y González-Sánchez, A. (2024). Traditional and new trend strategies to enhance pigment contents in microalgae. *World J Microbiol Biotechnol*, 40(9), 1-26.
- Alva, A. P.; Rodríguez, M. M. R. y Allende, D. K. B. (2023). ¿Algas en mi comida? ¿Es en serio? *Revista Digital Universitaria*, 24(4).
- Cruz-García, B. y Aizpuru, A. (2022). Proof of concept of a novel in tandem biofilter photobioreactor system for valorization of volatile organic compounds: mineralization of methanol vapors coupled with use of CO_2 as a carbon source for *Arthrospira maxima* growth. *J Chem Technol Biotechnol*, 97(6), 1390-1399.
- Levasseur, W.; Perré, P. y Pozzobon, V. (2020). A review of high value-added molecules production by microalgae in light of the classification. *Biotechnol Adv*, 41, 107545.
- Velasco, A.; Murillo-Martínez, M. M.; Granada-Moreno, C. I.; Aizpuru, A.; Viguera-Ramírez, G. y González-Sánchez, A. (2023). Short-term tuning of microalgal composition by exposition to different irradiance and small doses of sulfide. *Appl Biochem Biotechnol*, 195(7), 4321-4335.

CONFORT ADEMÁS DE RESISTENCIA

MIGUEL RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, MARTHA SUAREZ
Y GERARDO RODRÍGUEZ GUTIÉRREZ

La construcción de edificios cada vez más altos, con materiales ligeros y con diseños arquitectónicos más audaces, obliga a revisar constantemente las normas de diseño y construcción. Los criterios utilizados para evaluar el nivel de vibración permisible en edificaciones se basan en la capacidad de la estructura para aceptarlo sin que le genere daño y no afecte el uso que tendrá. Recientemente se está poniendo atención a la idea del confort que las personas usuarias de los inmuebles deberían experimentar, aun cuando este debiera ser un parámetro básico para su diseño. Es en este rubro donde se debe valorar si las vibraciones pequeñas, generadas cotidianamente por el tránsito vehicular o por el equipo que funciona dentro de las estructuras, afectan a las personas. El deterioro que estas vibraciones pequeñas poco atendidas puedan generar en las estructuras, no afecta su vida útil, pero sí pueden generar molestia y pérdida de confort. En Rivas (2010) se presenta una revisión y comparación de los criterios establecidos en las normas de distintos países para delimitar sus causas y efectos. Los parámetros que utilizan varían dependiendo de la norma. Entre los más comunes están la severidad y el nivel de vibración que se evalúan para la velocidad (definido en anchos de banda de un tercio de octava), y para la aceleración con el r.m.s. operante y el valor de dosis de vibración (VDV).

Los límites máximos permisibles para la percepción y el confort de las personas expuestas a vibraciones en la CDMX, están considerados en la Norma mexicana NADF-004-AMBT-2004 basada en los criterios establecidos por la Organización Internacional de Normalización (ISO). Las Normas Técnicas Complementarias (NTC) del Reglamento de construcciones para el Distrito Federal en su versión de 2023, incluyen valores límite de aceleración en consideración a la sensibilidad de las personas a la vibración, en sus apartados 13.7 (concreto) y en el 15.5 (acero).

Basados en encuestas elaboradas para conocer la respuesta humana ante las vibraciones ocasionadas por maquinaria, por el tránsito vehicular o de trenes, la ISO elaboró la norma 2631 con el propósito de estandarizar los métodos de medición de la vibración transmitida al cuerpo humano. La misma ISO refiere que “No hay suficiente información para mostrar una relación cuantitativa entre la exposición a la vibración y el riesgo a los efectos en la salud...” (ISO 2631-1-1997). Por esta razón, los niveles aceptables de vibración se expresan como

factores multiplicadores de las aceleraciones establecidas como referencia en las normas. En la CDMX no existen estudios estadísticos que indiquen si los criterios establecidos por ISO son adecuados para ser aplicados en la ciudad. Una manera de evaluarlos es registrando en las estructuras los niveles de vibración, escuchar lo que las personas afectadas refieren, y comparar los resultados obtenidos con lo predicho por la NADF-004-AMBT-2004.

Considerando la norma internacional ISO 2631-2-2003(E), relacionada con la determinación de los riesgos a la salud provocados por vibraciones mecánicas, la Procuraduría Ambiental del Ordenamiento Territorial (PAOT) refiere que se «requiere de estudios muy profundos de parte de autoridades e investigadores especializados». Esto resume la necesidad de realizar mediciones para tener conclusiones acordes con las circunstancias propias de la CDMX. Para ello se requiere:

- Conocer la respuesta de las personas a su manejo/reacción ante la exposición a vibraciones débiles cotidianas.
- Conocer por zona geotécnica, cuál es la frecuencia/magnitud de las vibraciones generadas en el sitio.
- Generar bases de datos que contribuyan a reforzar o modificar las NTC.

En los registros de las mediciones de ruido ambiental realizadas recientemente durante 24 h por seis días consecutivos en la Torre del Centro Cultural Universitario de Tlatelolco (CCUT), se identifica el incremento de vibración durante las horas de trabajo de las personas que lo ocupan. Las señales obtenidas simultáneamente revelan que las vibraciones detectadas en campo libre también, se presentan dentro del edificio, como se muestra en la figura 1, en donde se han añadido rectángulos para resaltar esta observación. También se aprecia que la señal se amplifica en los pisos superiores. Estos registros presentan cierta periodicidad aproximada de 120 s, que es el tiempo que tardan los semáforos en cambiar de luz y se asocia con el frenado y arranque de los vehículos que circulan por la Av. Ricardo Flores Magón (figura 2). De ello se concluye que la actividad antropogénica genera vibraciones que están presentes en los entresijos y que es necesario cuantificar para conocer su afectación en las personas.

El valor de dosis de vibración (VDV) predice la posibilidad de que los ocupantes de un inmueble sientan incómodas o perturbadoras las vibraciones que experimentan. Este descriptor es sensible a los máximos y se utiliza como herramienta para comparar y evaluar los niveles de exposición y tomar decisiones sobre posibles medidas de control y prevención. En la figura 3 se indican los valores de VDV calculados para todos los componentes

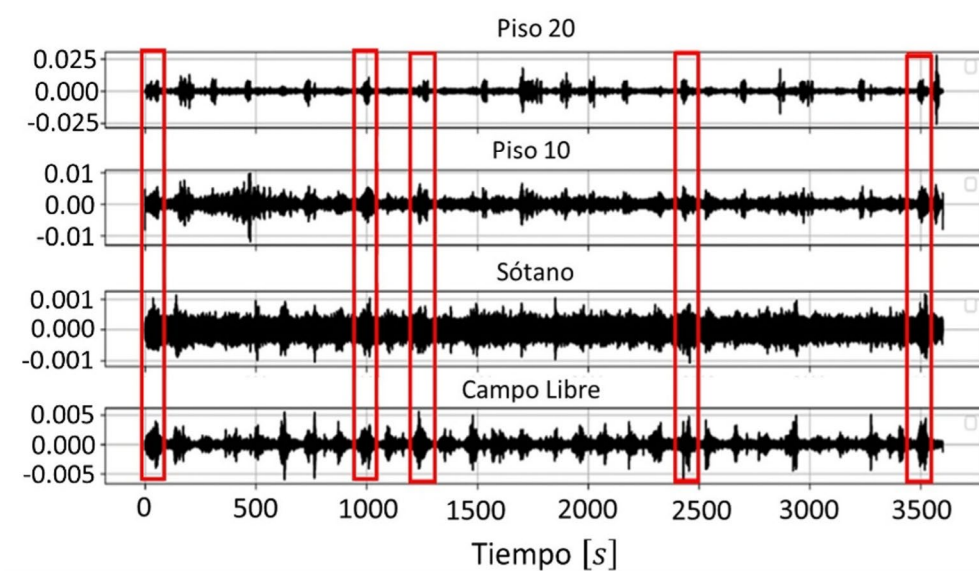


Figura 1. Aceleración registrada el 19 de mayo 3 am (UTC), componente E (Lázaro y García, 2024)

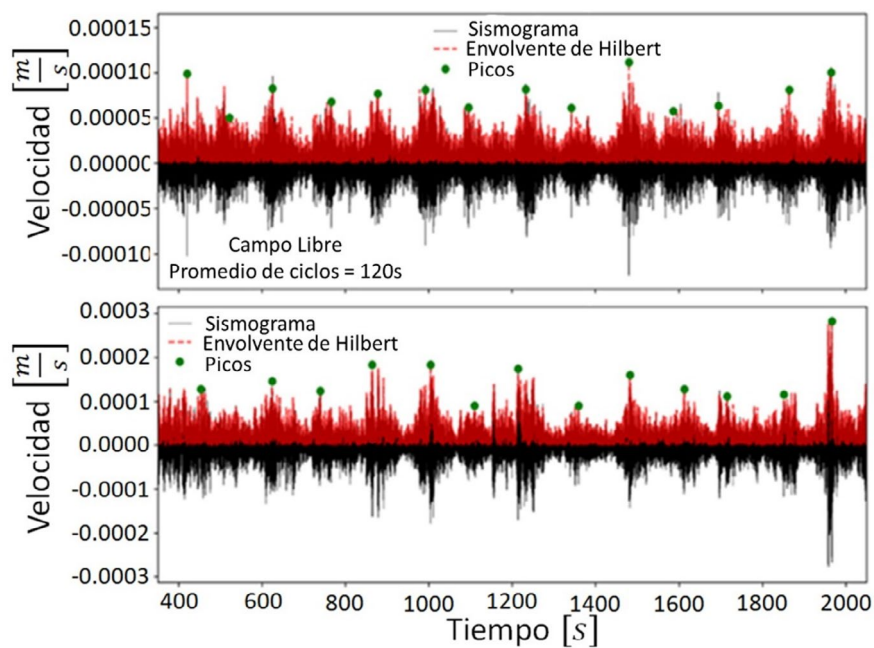


Figura 2. Periodicidad de las señales registradas (Lázaro y García, 2024)

(N, E y vertical) de los registros medidos en el piso 10 de la torre del CCUT durante los seis días que duró la medición, que incluyó un día domingo. Para este caso, los VDV no exceden el límite máximo permisible para el valor de dosis de vibración de $0.26 \text{ m/s}^{1.75}$, según la norma NADF-004-AMBT-2004.

Para contar con datos aceptables de los rangos de afectación a la vibración, se deben realizar estudios estadísticos que consideren una muestra razonable de las características de la fuente, tipo de estructura y trayectoria de las vibraciones, además de la percepción humana. Se contaba con los registros de la medición de ruido ambiental del edificio 17 del Instituto de Ingeniería (UNAM), que, si bien no está cerca de alguna vialidad muy transitada, sí alberga equipo mecánico en el laboratorio que se encuentra en la planta baja. Se analizaron los registros de catorce sensores ubicados en distintos puntos del edificio en tres campañas de medición, con duración de entre 15 y 30 min en horario diurno. Además, se aplicó una encuesta a las personas que ahí trabajan, basándose en la encuesta publicada en una revista especializada (MacLachlan *et. al.*, 2017). Debido a la corta duración de los registros, no se logró identificar el origen dominante de las vibraciones dentro del edificio. Considerando los valores límite consignados en el apartado 15.5 «Vibraciones

verticales de entrepiso» de la NTC 2023, la aceleración a_{rms} estimada como función de la frecuencia durante la experimentación en las tres pruebas no exceden los $0.005g$ que es el valor límite mencionado en las normas. Sin embargo, las encuestas realizadas a 44 personas revelaron que 87 % de los ocupantes indican verse afectados por el ruido generado en el edificio. Varios de ellos, sobre todo las personas que se encuentran en el tercer nivel, comentan que les es molesto escuchar el ruido que proviene de los cubículos vecinos, algunos incluso sienten las vibraciones de las personas que “pisan fuerte” o corren. La mayoría de las personas que se encuentran en el segundo nivel refieren que sí escuchan funcionando el equipo (que está en el nivel contiguo abajo). Varios de los encuestados manifiestan que minimizan la molestia al colocarse audífonos, pero algunos otros dicen que realmente les es muy molesto el trabajar en esas condiciones. En relación con las vibraciones, el 59 % se percata de ellas (4 % no las asocia al ruido) (ver figura 4). En la tabla 1 se indican por sexo y por ocupación los resultados obtenidos.

En cuanto a la intensidad de la molestia, en la figura 5 se reportan los resultados que indican que más del 40 % de la población sí se ve afectada y en la tabla 2 se desglosan los resultados para los distintos grupos.

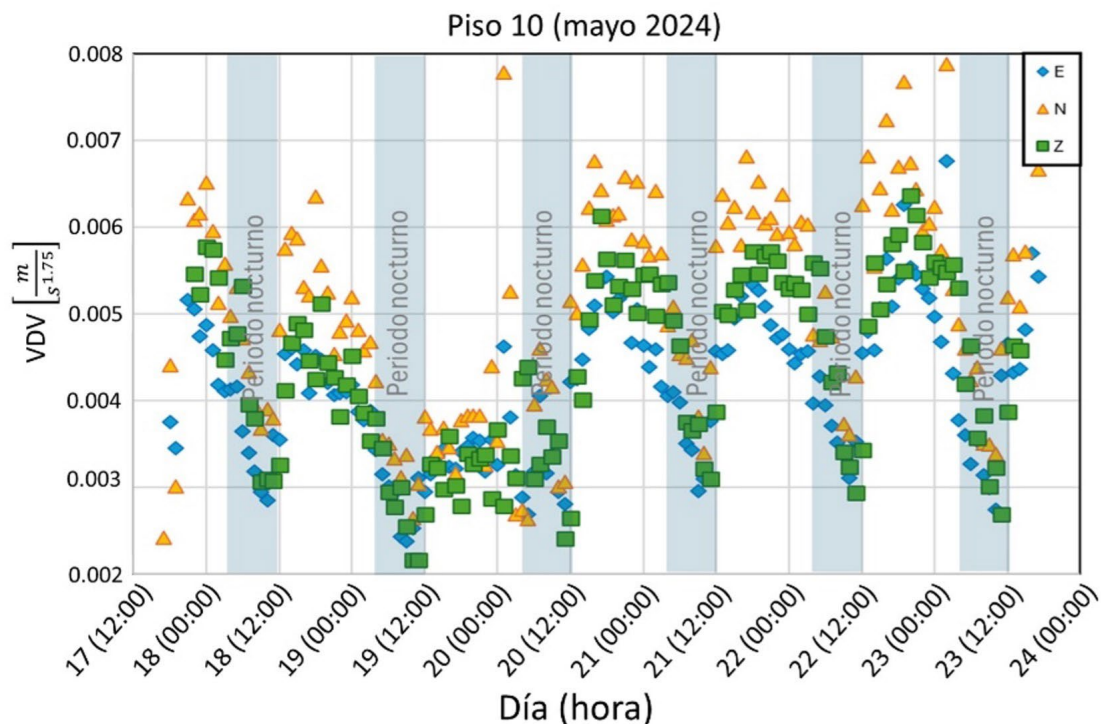


Figura 3. Valor de dosis calculado para el décimo piso (Lázaro y García, 2024)

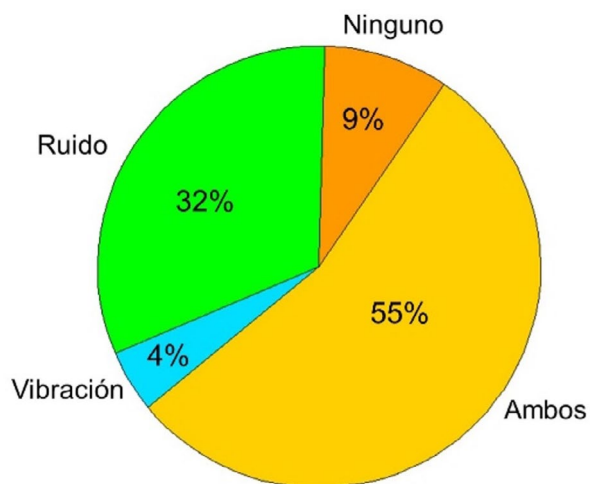


Figura 4. Porcentaje de las molestias que indican sentir las personas encuestadas que se encuentran en el Edif. 17

Tabla 1. Número de personas que perciben ruido o vibración en el Edif. 17

Parámetro	Hombres	Mujeres	Trabajadores	Estudiantes	Total
Ruido	9	5	1	13	14
Vibración	2	0	0	2	2
Ambos	19	5	10	14	24
Ninguno	3	1	0	4	4

Tabla 2. Grado de molestia manifestado por las personas del Edif. 17

Molestia	Hombres	Mujeres	Trabajadores	Estudiantes	Total
Nada	16	9	7	18	25
Algo	10	2	3	9	12
Mucho	4	3	1	6	7

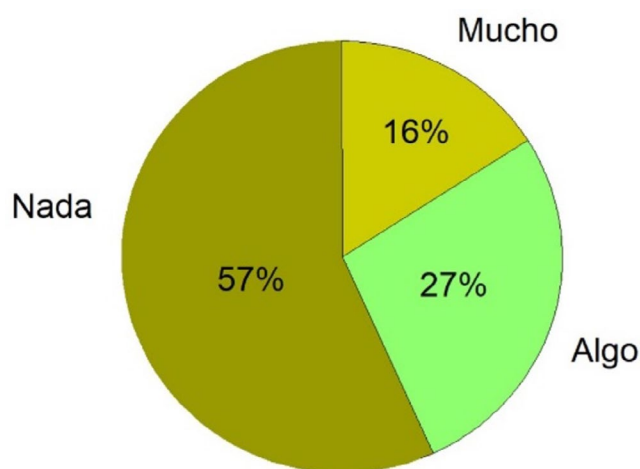


Figura 5. Porcentaje que indica el grado de molestia sentido por las personas encuestadas que se encuentran en el Edif. 17

Referencias

- ISO 2631-1:1997: Mechanical vibration and shock -Evaluation of human exposure to whole-body vibration -Part 1: General requirements.
- ISO 2631-2:1989: Evaluation of human exposure to whole-body vibration Part 2: Continuous and shock-induced vibrations in buildings (1 to 80 Hz).
- Lázaro Bosques, B. B. y García Enríquez, M. M. (2024), "Evaluación de la exposición humana a la vibración", Tesis para obtener el título de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM.
- MacLachlan, L.; Persson Waye, K. y Pedersen Waye, E. "Exploring perception of vibrations from rail: An interview study". Int. J. Environ. Res. Public Health 2017, 14, 1303; doi:10.3390/ijerph14111303. (www.mdpi.com/journal/ijerph)

- NADF-004-AMBT-2004. Norma ambiental para el Distrito Federal. Condiciones de medición y los límites máximos permisibles para vibraciones mecánicas.
- Norma Técnica Complementaria sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones (2003).
- RIVAS Railway-Induced Vibration Abatement Solutions Collaborative Project (2010), "Review of existing standards, regulations and guidelines, as well as laboratory and field studies concerning human exposure to vibration", Deliverable D1.4, Submission date 12/01/2011., Work Package WP1: Assesment and monitoring procedures. Task T1.1: Assessment of human exposure. RIVAS SCP0-GA-2010-265754.

LA ESTACIÓN DE POZO Y SUPERFICIE, SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT)

LEONARDO RAMÍREZ GUZMÁN, MAURICIO AYALA
HERNÁNDEZ, RICARDO VÁZQUEZ LARQUET, LUIS
ALBERTO AGUILAR CALDERÓN, MIGUEL LEONARDO
SUÁREZ, GERARDO CASTRO PARRA, ALEJANDRO
MORA CONTRERAS, HÉCTOR SANDOVAL GÓMEZ,
ISRAEL MOLINA ÁVILA, DAVID ALMORA MATA, JUAN
MANUEL VELASCO MIRANDA, MARCO ANTONIO
MACÍAS CASTILLO, CITLALI PÉREZ YAÑEZ, ANA
LAURA RUIZ GORDILLO, MARÍA DEL ROSARIO
DELGADO DIANCE, CRISTIAN ROBERTO TEJADA
MALPICA, MIGUEL ÁNGEL GARCÍA ILLESCAS, BARUO
DANIEL ALDAMA SÁNCHEZ, MOISÉS CONTRERAS
RUIZ ESPARZA Y MIGUEL CARRILLO LUCÍA

Durante muchos años el registro del sismo del 19 de septiembre de 1985 en la estación de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), ubicada en la zona de lago de la Ciudad de México (ver figura 1), ha sido una referencia en la Ingeniería sísmica mundial. Los valores del espectro de respuesta, en su momento considerados únicos, trajeron discusiones sobre los mecanismos que originaron amplitudes y duraciones en el movimiento del terreno. La estación a unos kilómetros de la zona de mayores daños durante el sismo de 1985 se convirtió desde entonces en punto de comparación del movimiento para eventos futuros.

La estación cobra relevancia en la actualidad, pues sus registros son detonadores de diversos procedimientos establecidos en el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (RCDF). Además, se ha instalado un sensor de pozo, el más profundo con que cuenta la Ciudad de México hasta el momento de la publicación de este documento. En este artículo documentamos el trabajo que ha realizado la Unidad de Instrumentación Sísmica (UIS) del Instituto de Ingeniería (II) al respecto, junto con el reporte del primer registro a más de cien metros de profundidad en nuestra capital.

Breve Historia de la Red Acelerográfica del II y la estación SCT y los sismos del 19 de septiembre

El II UNAM ha instrumentado al país con acelerógrafos desde los años sesenta, como una respuesta al interés creciente en disponer información útil para evaluar el comportamiento de las estructuras, con lo cual ha mejorado la cobertura de monitoreo sísmico nacional. Previo a los sismos de 1985 y en colaboración con instituciones de los Estados Unidos la recién creada Coordinación de Sismología e Instrumentación Sísmica, ahora UIS, instaló la red de Guerrero, y en ese mismo periodo emprendió un cambio de instrumentos analógicos a digitales, en esa coyuntura se equiparon una serie de estaciones en la Ciudad de México, entre ellas SCT (ver figura 2A) que antiguamente formaban parte de una red de telemetría y registro analógico.

Los trabajos originales de instalación de equipo digital en SCT, ubicada en el entonces Centro de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP), concluyeron el 13 junio de 1984 (ver figura 2B), no sin algunos percances, asociados al equipo, que quedaron corregidos unos meses después. Su primer registro importante fue el sismo M8.1 del 19 de septiembre de 1985 (figuras 2C y 2D); este sismo ha sido el desastre más importante que ha sufrido la Ciudad de México.

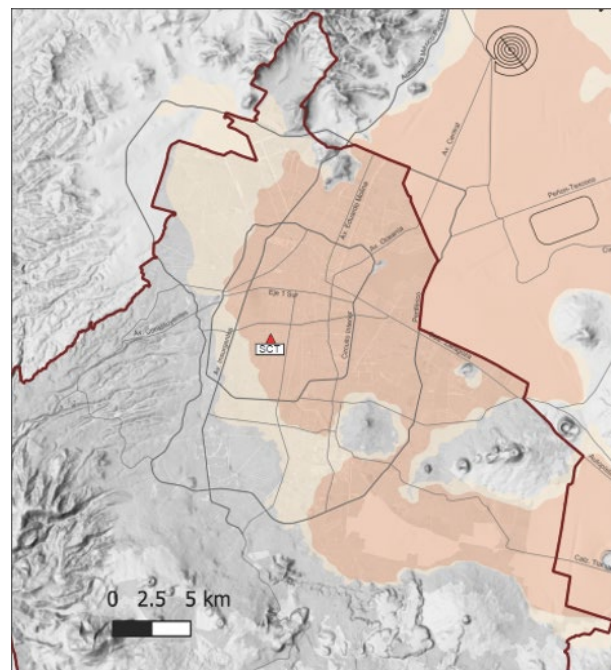


Figura 1. La estación SCT. Ubicación en el contexto de la zonificación geotécnica

Es clara la importancia de conocer el movimiento en el sitio, por lo cual la UIS emprendió un proyecto para reforzar la instrumentación mediante un sensor superficial adicional al existente y uno de pozo a 101.6 m de profundidad.

Instalación del sensor de pozo y primeros registros

La instalación del sensor de pozo y uno redundante en superficie requirió un proceso largo de gestión y apoyo tanto de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes como de la empresa CAV Ingeniería y Diseño que realizó la perforación del pozo. Los trabajos de perforación se realizaron en 2023 y la instalación del sensor se concluyó en la primera mitad de 2024. A la fecha, la estación SCT3, que incluye el sensor superficial y profundo, ha registrado sismos importantes. La figura 4 ilustra la estación y presenta un esquema de la misma. La figura 5 muestra el registro del sismo M5.2 del 26 de septiembre de 2024 con epicentro en Guerrero, que detonó la alerta sísmica operada por el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico A.C.

Conclusión y comentarios finales

El Instituto de Ingeniería es la institución responsable del monitoreo de movimiento de los sismos fuertes en México, cuya estación SCT es una referencia nacional e internacional. En este documento se presentó de manera sucinta la historia y el reforzamiento de la estación mencionada, incluyendo el sensor de pozo más profundo con el que cuenta la Ciudad de México. Esta nueva instalación universitaria, nos ayudará, sin duda, a tener una mejor comprensión del movimiento en la zona del lago y los efectos potenciales en una de las urbes más pobladas y probablemente con el riesgo sísmico más alto causado por efectos de sitio.

Agradecimientos

A las autoridades y personal de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, que ha permitido la operación continua de la estación y al Ing. Ramón Velázquez Cabrera, Director General de CAV Ingeniería y Diseño, por su apoyo en la perforación del pozo.

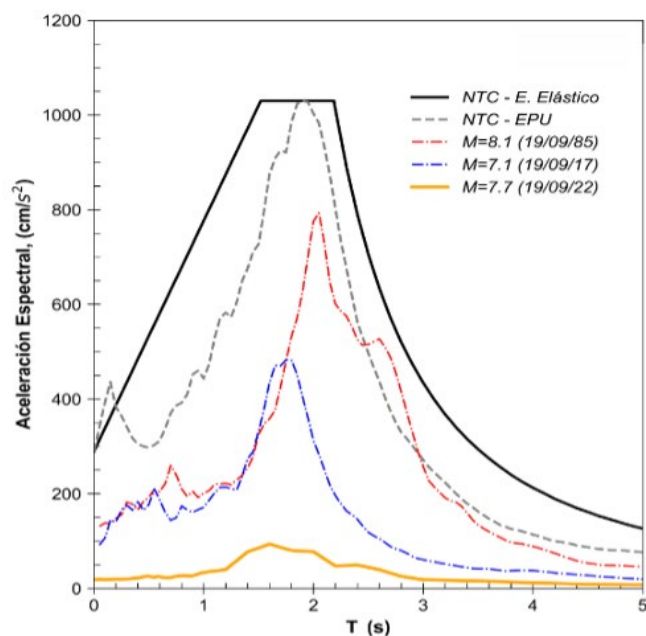


Figura 3. Espectros de respuesta (ER) del sismo registrado en la estación SCT2 con el espectro elástico de diseño (EDS) y de peligro uniforme (EPU) obtenidos del SASID. La línea discontinua de color rojo, azul y amarillo corresponden a los ER de los sismos del 19 septiembre de 1985, 2017 y 2022, respectivamente

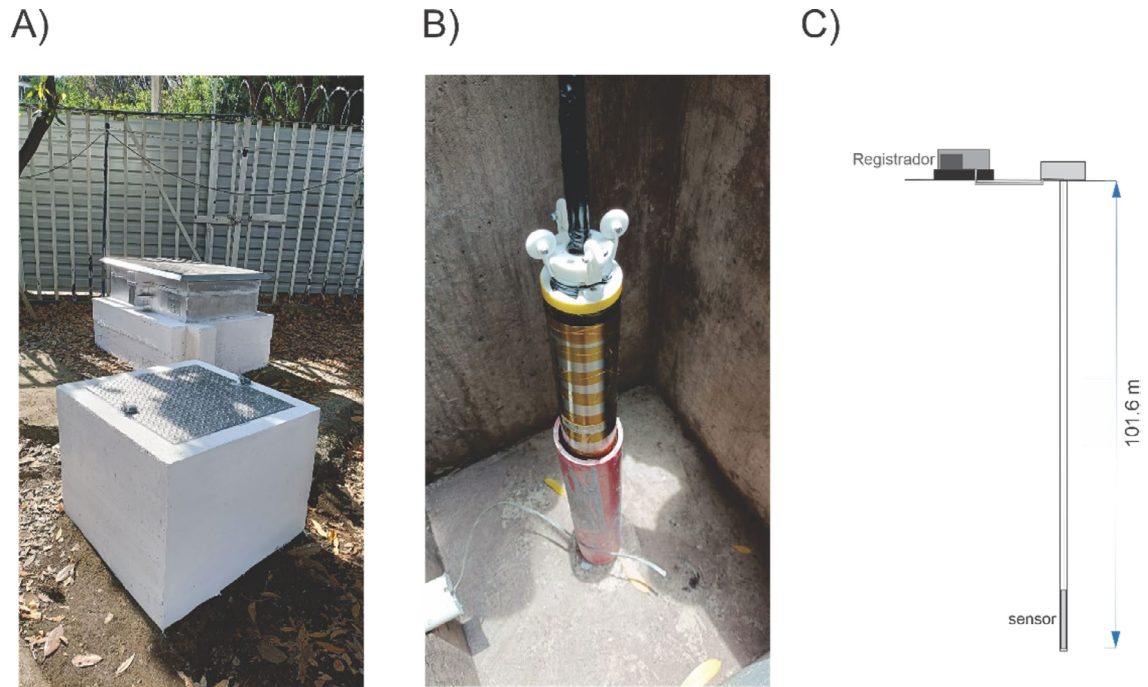


Figura 4. Estación SCT. A) Caseta con un acelerógrafo independiente y registrado con sensor interno y conexión a la estación de pozo cuyo registro se muestra. B) Acelerómetro de pozo instalado, y C) Esquema de la instalación

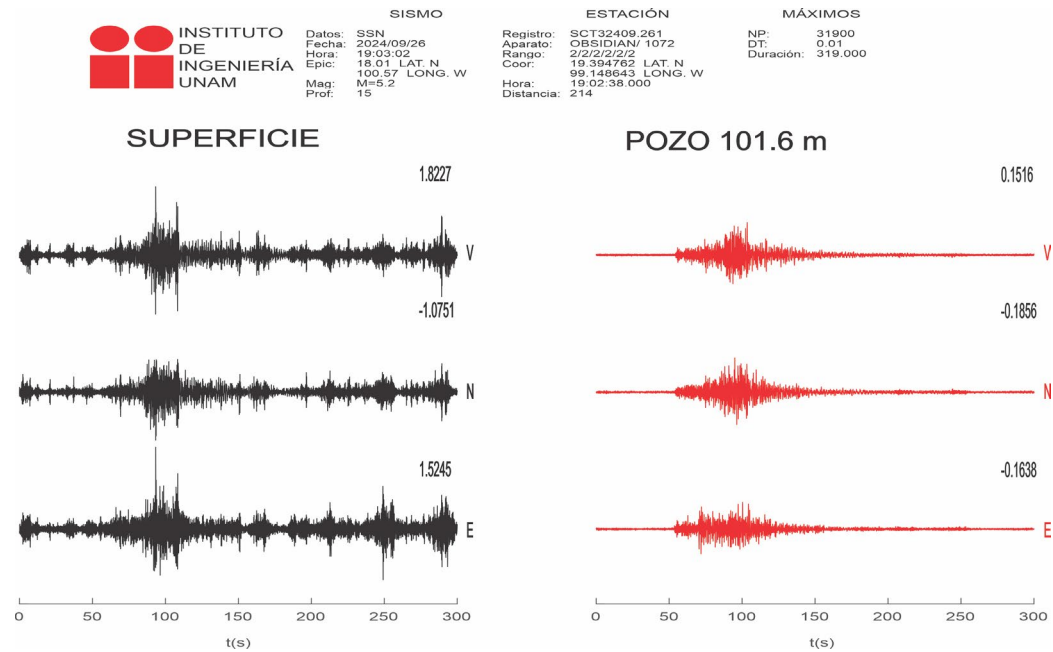


Figura 5. Registro de Aceleración en superficie y pozo en la estación SCT para el sismo M5.2 del 26 de septiembre de 2024 con epicentro en Guerrero

MEDALLAS POR SERVICIO ACADÉMICO EN LA UNAM

Felicidades a nuestros compañeros, quienes recibieron medalla y diploma por cumplir 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50 y 60 años de servicio académico en la Universidad Nacional Autónoma de México. A todos y todas ¡enhorabuena!



60 AÑOS
COMO ACADÉMICO EN LA
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

Fernando Jorge González Villarreal



50 Años

Moisés Berezowsky Verduzco
Baltasar Mena Iniestra

40 Años

Leonardo Alcántara Nolasco
Rogelio Regino Hernández Hernández
Alejandro Sánchez Huerta
José Luis Urrutia Galicia
Ricardo Vázquez Larquet

35 Años

Roberto Sotero Briones Méndez
Guadalupe Esther Fuentes Mariles
Javier Osnaya Romero
Adriana Ramírez González
Valente Vázquez Tamayo

30 Años

Sergio Manuel Alcocer Martínez De Castro
Rodolfo Silva Casarín

25 Años

Isaura Yáñez Noguez

20 Años

Eliseo Martínez Espinosa
Juan Manuel Mayoral Villa

15 Años

Christian Mario Appendini Albrechtsen
Silvia Raquel García Benítez
José López González
Adrián Pozos Estrada
Alec Torres Freyermuth

10 Años

Daniel De los Cobos Vasconcelos
Jesús Mejía Gómez
Flor Lizeth Torres Ortiz
Idania Valdez Vázquez

6º EDICIÓN DEL PREMIO

FERNANDO J. GONZÁLEZ VILLARREAL

Nuestras más sinceras felicitaciones para Armando Uriel Ramos Cruz y Edgar Arturo Hernández Olivera, quienes obtuvieron el Premio "Fernando J. González Villarreal" a la mejor tesis en recursos hídricos en las categorías de Licenciatura y Maestría, respectivamente.

Este Premio se otorga a estudiantes o egresados de la Universidad Nacional Autónoma de México que cuenten con una tesis concluida en los grados de licenciatura y maestría, cuyo tema de análisis sean los recursos hídricos. Después de una rigurosa evaluación hecha por especialistas en el área de recursos hídricos e investigadores de la Red del Agua de la UNAM, se determinan a los ganadores.

La tesis de licenciatura de Armando Uriel Ramos Cruz llevó el título "Integración de los humedales al desarrollo urbano sostenible de las ciudades. El caso del humedal urbano." En esta investigación se analiza el caso del humedal urbano Tláhuac-Xico de la ZMVM, en la que se identifica que el crecimiento de las metrópolis no es neutral, sino que está influenciado principalmente por factores económicos. El alto costo del suelo urbano en los centros desplaza a las personas de bajos recursos hacia la periferia, lo que genera desigualdad social y cambios en el uso del suelo, afectando ecosistemas naturales como los humedales. Esto contribuye a la pérdida de biodiversidad, valores paisajísticos y funciones ecológicas esenciales. Este trabajo se llevó a cabo en las demarcaciones de Tláhuac y Valle de Chalco Solidaridad, donde enfrentan desigualdad estructural y presión ambiental, siendo Valle de Chalco la más afectada. La rehabilitación del humedal urbano Tláhuac-Xico se propone como un modelo de planeación urbana sostenible, integrando aspectos naturales, sociales, económicos y fomentando la participación comunitaria. Se presentan estrategias de gestión territorial a escala regional, local y comunitaria, enfocadas en el monitoreo y mejora continua de los humedales, destacando su relevancia como

solución frente a escenarios de crisis como los vividos durante la pandemia de COVID-19.

La tesis de maestría "Modelación de cargas de nutrientes en la cuenca hidrológica de la presa Endhó, Hidalgo", de Edgar Arturo Hernández Olivera, aborda el problema de la presa Endhó, embalse ubicado sobre el río Tula en una cuenca al noreste de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). A través de túneles, la ZMVM descarga aguas residuales no tratadas directamente al río Tula contaminando el ecosistema y perjudicando la salud de los pobladores de la cuenca. De acuerdo a un informe conjunto de la Comisión Ambiental de la Megalópolis y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, se determinó como objetivos la reducción de las cargas de materia orgánica (MO) y fósforo (P) que ingresan a la presa Endhó para mejorar la calidad del agua y proteger a la población circundante. Este estudio empleó la Herramienta de Evaluación de Suelo y Agua + (SWAT+) para simular el transporte reactivo de MO, representado como la demanda bioquímica de oxígeno carbonácea (CBOD), y P en la cuenca de la presa Endhó evaluando una variedad de escenarios de control de emisiones para alcanzar los objetivos de reducción definidos por el informe anteriormente mencionado.

Por último, Anabelee Ochoa Ritchie recibió Mención Honorífica con su tesis "Nanopartículas de TiO_2 Impregnadas con Ag, In y Fe para la Degradación de rojo AmarantoE123." En donde señala que el uso de colorantes en la industria textil tiende a contaminar de manera severa los cuerpos de agua, generando altos niveles de toxicidad en los ecosistemas y en los seres humanos. Se han empleado diferentes técnicas y materiales para degradar estos compuestos, un ejemplo es el Dióxido de Titanio (TiO_2) como fotocatalizador. Sin embargo, se ha descubierto que los materiales nanométricos ofrecen mejores resultados que los materiales a escala micro, ya que factores como tamaño, estructura, propiedades y fases influyen en la actividad fotocatalítica.

El premio lo recibieron de manos del Dr. Fernando J. González Villarreal, coordinador técnico de la Red del Agua de la UNAM, así como del Lic. Dionisio Meade, presidente de Fundación UNAM, el 3 de diciembre en el Salón de Seminarios Emilio Rosenblueth.



PREMIO ABERTIS DE INVESTIGACIÓN SOBRE MOVILIDAD SOSTENIBLE 3º EDICIÓN NACIONAL Y PREMIO INTERNACIONAL

La Cátedra Abertis México otorga el Premio Nacional Abertis y la Red de Cátedras Abertis otorga el Premio Internacional. Los premios nacionales son para los mejores trabajos de tesis de maestría y doctorado de universidades mexicanas, sobre movilidad sostenible, en todas las áreas del conocimiento. Los Premios Internacionales se conceden a los mejores trabajos de investigación de entre los ganadores de los premios nacionales de los países que forman la Red Internacional de Cátedras Abertis.

La Cátedra Abertis México tiene sede en el Instituto de Ingeniería de la UNAM bajo la dirección de la Dra. Angélica Lozano, investigadora de este instituto.

Felicitamos a los ganadores del Premio Nacional: Citlali Maryuri Olvera Toscano que obtuvo este reconocimiento por su tesis de doctorado: “Modelos y algoritmos de optimización en tiempo real de sistemas de transporte público basados en autobuses”, Universidad Autónoma de Nuevo León.

A Abraham Neftalí Sodi Díaz que recibió Mención honorífica por su tesis de doctorado: “Análisis de movilidad cotidiana en la ciudad de Tijuana, Baja California: un estudio entre los modos de transporte público y privado para los desplazamientos”, Universidad Autónoma de Baja California.

A Mauricio Eliseo Cruz Acevedo por su tesis de Maestría: “Desarrollo de modelos vehículo-conductor para vehículos

articulados utilizando inteligencia artificial”, Instituto Politécnico Nacional (Unidad Querétaro).

Ganadores del Premio Internacional

El premio Internacional fue para Louis Balzer quien recibió este reconocimiento por su tesis de doctorado: “Dynamic mobility management at cordon level: evaluation of different pricing-based strategies”, Université de Lyon, Francia.

En cuanto al Premio Internacional nivel Maestría hubo un empate:

- Nivaldo Avilés Rojas. Tesis: “Flood impact on structural response of asphalt pavement: A finite element analysis and its extension to fragility models”, Pontificia Universidad Católica De Chile.
- Lucas Sassaki Vieira Da Silva. Tesis “Influence of moisture damage on fatigue cracking of asphalt binders, aggregate-binder interface, and mixtures”, Universidade Federal Do Ceará, Brasil.

La ceremonia de premiación se llevó a cabo en la Biblioteca Iberoamericana “Octavio Paz”, Universidad de Guadalajara, el 21 de noviembre.

Estuvieron en el presídium Elena Salgado Méndez, presidenta de Fundación Abertis; Rosa María Ramírez Zamora, directora del II UNAM; Demetrio Sodi Cortés, director RCO; Carmen Margarita Hernández Ortiz, representante del rector por la UDG; Juan Vicente Pérez Hernández, representante del Embajador de España en México; Georgina Flamme Piera, directora de Fundación Abertis y Erika Elizabeth Sandoval Magaña de RCO, entre otras distinguidas personalidades.



INNODROP

INCUBADORA DE TALENTO HÍDRICO

El Centro Regional de Seguridad Hídrica, bajo los auspicios de UNESCO y el Grupo Modelo, en colaboración con la UNAM emitieron la convocatoria: Innodrop incubadora de talento hídrico para reconocer la creatividad e impulsar el espíritu de emprendimiento enfocado en cultivar ideas innovadoras que generen soluciones que permitan garantizar la seguridad hídrica en México, abordando temas como: ecosistemas sanos, comunidad resiliente, producción agrícola eficiente y procesos industriales circulares.

Durante la ceremonia de premiación el Dr. Fernando González Villarreal manifestó lo importante que es reconocer las ideas y esfuerzos de aquellos que están comprometidos con la seguridad hídrica. Desafortunadamente, -dijo- las metas planteadas en el Foro Mundial del Agua no se han cumplido, por lo que estos temas requieren mayor atención. Considerando que 60 % de los cuerpos de agua en México presentan algún grado de contaminación, es prioridad hacer algo, y la incubadora de talento hídrico está orientada a la innovación, en especial la que surge de las nuevas generaciones.

Después de una evaluación exhaustiva en el que se revisaron alrededor de cien propuestas resultaron ganadores en la categoría de universitarios:

Primer lugar: Brillanova, un detergente con nanotecnología que evita el consumo excesivo de agua.

Segundo lugar: KAAB, asistente virtual para la optimización de agua y energía en edificaciones.

Tercer lugar: ANÍTIK, un papel de hongo SCOPY que absorbe y reduce cromo hexavalente en el agua.

En la categoría de startups el equipo ganador fue GEXUS, que propone bioestimulantes a base de microalgas para optimizar el crecimiento de las plantas ante problemáticas como la sequía o la erosión. Esta empresa tendrá la oportunidad de implementar su proyecto con el apoyo de las instituciones organizadoras y una red de contactos clave en el sector hídrico.

En esta ocasión el jurado otorgó una Mención Honorífica a GEOTECA, proyecto que mediante una plataforma web busca implementar infraestructuras verdes.

En el evento estuvieron presentes, además del Dr. Fernando González Villarreal, director general del Centro Regional de Seguridad Hídrica (CERSHI); Soqui Calderón, directora regional de Sustentabilidad de Grupo Modelo; Rodrigo Gallegos, director de Asuntos Corporativos de Grupo Modelo; Pamela Rojas, representante de CONAGUA, Massiel Azcona, gerente regional de sustentabilidad de Grupo Modelo y Jorge Alberto Arriaga Medina, coordinador ejecutivo del CERSHI. |



Primer lugar: Brillanova, un detergente con nanotecnología que evita el consumo excesivo de agua



Segundo lugar: KAAB, asistente virtual para la optimización de agua y energía en edificaciones



Tercer lugar: ANÍTIK, un papel de hongo SCOPY que absorbe y reduce cromo hexavalente en el agua

VISITA DE SECTEI

El 28 de octubre, el titular de la SECTEI, Mtro. Pablo Enrique Yales Rizo y la Dra. Rosa María Ramírez Zamora firmaron el Acuerdo de colaboración “Laboratorio de Evaluación de Tecnologías Vehiculares (LETEV)”.

El Mtro. Yanes Rizo llegó acompañado de varios de sus colaboradores, entre ellos la Lic. Iris Gaxiola Cortés, adscrita a la Oficina del secretario. El Lic. Ulises Flores Noval, jefe de Unidad Departamental de Inteligencia e Innovación; el Dr. René Salvador López Cabrera, director de Proyectos de Identificación de Oportunidades de Innovación, y la Ing. Yolanda Cruz Venegas, encargada de Asuntos de la Subsecretaría de Ciencia Tecnología e Innovación.

Por parte del Instituto de Ingeniería, asistieron los subdirectores: Dra. Flores Serrano, Dr. Gutiérrez Castrejón y la Dra. Idania Valdez Vázquez, además de la Mtra. López Nava, secretaria Administrativa; la Lic. Georgina Bazán, de la Unidad de Convenios y Contratos, y la Mtra. Rocío Cassaigne, de la Secretaría de Vinculación. |



PUERTAS ABIERTAS EN EL INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM - 2024

Como cada año, se llevó a cabo el evento de Puertas Abiertas (PA) en el Instituto de Ingeniería (II UNAM). En esta ocasión se pudieron visitar 24 laboratorios y áreas de investigación para mostrar el trabajo que se realiza y la infraestructura con la que cuenta esta dependencia. El objetivo principal fue orientar a los estudiantes que están interesados en cursar estudios de posgrado para que con la información que se les proporciona en PA puedan elegir el área de investigación que les interesa.

Este año asistieron 260 personas de los estados de Guerrero, Puebla, Veracruz y de la CDMX.



Los asistentes quedaron muy impresionados de las instalaciones y del trabajo que se realiza en el Instituto de Ingeniería de la UNAM, para beneficio de la sociedad. |



TALLER DE SANEAMIENTO Y CULTURA DE AGUA

En el marco del Programa E005 de “Capacitación Ambiental y Desarrollo Sustentable en relación a las acciones de cultura del agua 2024” se llevó a cabo el “Taller de saneamiento y cultura de agua” impartido por los doctores José Antonio Barrios Pérez y Juan Manuel Morgan Sagastume, investigadores del Instituto de Ingeniería de la UNAM, donde se abordaron temas como la Capacitación Ambiental, el Saneamiento de Aguas Residuales y la Cultura del Agua.

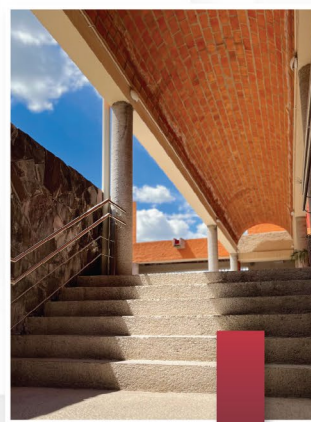
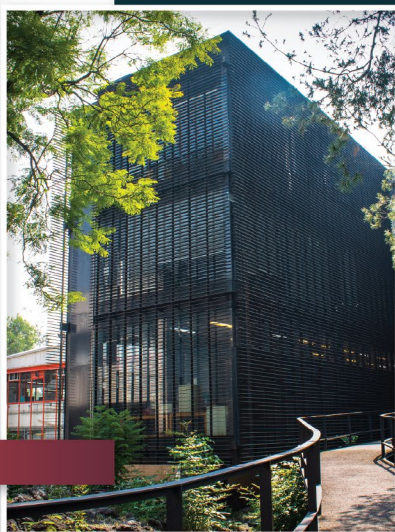
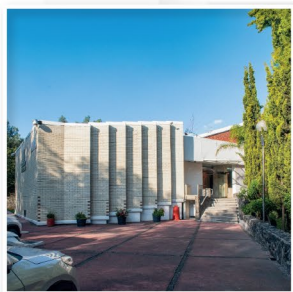
Dentro de los asistentes estuvieron como anfitrión el Arq. Porfirio Guerrero Arcos, director general del SCAPSATM, Mac; la presidenta municipal de Temixco, Juanita Ocampo Domínguez; el Síndico Municipal, Andrés Duque Tinoco; el Mtro. Andrés Galván Torres; titular del Organismo Cuenca Balsas de la Comisión Nacional del Agua, el Ingeniero Edmundo Javier Bolaños Aguilar secretario ejecutivo de la Comisión Estatal del Agua del



Estado de Morelos, así como la presencia de los representantes de los diferentes Municipios del Estado de Morelos y Directivos del SCAPSATM.

El Taller tuvo lugar en el salón “Las Golondrinas” de la Ex-Hacienda de Temixco, el 28 de noviembre.





1^o Informe de Actividades



INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM

SEGUNDO PERIODO

Dra. Rosa María Ramírez Zamora

TORRE DE INGENIERÍA

Auditorio "José Luis Sánchez Bribiesca"

Viernes 7 de febrero de 2025 - 12:00h