



GACETA

DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM



INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM®

NÚMERO 157, NOVIEMBRE - DICIEMBRE 2022

ISSN 1870-347X

El sistema nervioso
de una ciudad inteligente

Capacidades del
observatorio hidrológico

Interacción Sitio-Ciudad:
el efecto de la ciudad
en el movimiento del terreno
en el Valle de México

Propuesta de disparador
multiperforado para
conexiones trabe-columna
prefabricadas de concreto
reforzado

EDITORIAL

Estamos a unos días para culminar el 2022, lo que es propicio para hacer un balance entre las metas académicas planteadas y las alcanzadas por la Administración en este año. Asimismo, es conveniente reflexionar que las situaciones difíciles vividas, nos han dejado un gran aprendizaje que nos han permitido ser cada vez más resilientes ante las situaciones adversas.

En general, se puede decir que se tiene un balance positivo debido a que, como se propuso, se publicó la convocatoria para la conformación de Grupos Interdisciplinarios de Investigación (GII), cuyos proyectos en los temas de Ciudades inteligentes y Nexo Agua-Energía-Ambiente-Seguridad alimentaria, se encuentran en evaluación por expertos nacionales y extranjeros altamente reconocidos, que están siendo coordinados por la Secretaría de Investigación y Desarrollo de la Coordinación de la Investigación Científica. La evaluación será revisada por el Consejo Interno y los resultados finales se darán a conocer en enero de 2023. De la misma manera, la Alianza FIIDEM realizó un estudio de inteligencia tecnológica competitiva que será un insumo para definir las líneas de investigación existentes a robustecer y las nuevas a crear; en el tema de vinculación, en otro estudio que está en proceso coordinado por el Dr. Arturo Palacio Pérez, Subdirector de Electromecánica, se pretende impulsar la comercialización de patentes y desarrollos tecnológicos del Instituto, así como se buscará determinar las necesidades del sector empresarial que podrían cubrirse a través de proyectos que desarrollen nuestros académicos. De manera adicional, se ha tenido una actividad importante con universidades americanas que han desembocado en la publicación de una convocatoria de proyectos de colaboración con la Universidad de Illinois y está en proceso otra con la Universidad de Texas (UT) en Austin. Es conveniente mencionar que a mediados de enero de 2023 se realizará un seminario entre académicos de ambas instituciones para identificar colaboraciones conjuntas, en temas de interés mutuo. En ambos casos de colaboración, las autoridades de

esas universidades acogieron con mucho interés la iniciativa de abordar temas similares a los propuestos en la convocatoria GII, para contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas.

Por otra parte, dentro de otros resultados positivos obtenidos en el 2022, es importante mencionar que respecto al 2021 se cuadruplicó la cifra de convocatorias publicadas para concursos de oposición abiertos, que permitieron que los académicos que ocupaban las concursadas ganaran su interinato. También se incrementó de manera muy significativa el número de convocatorias de concursos de oposición cerrados para definitividad y aumentó ligeramente el de promociones. Esto fue posible gracias al buen desempeño de los académicos y los tiempos administrativos de los trámites se cumplieron adecuadamente debido a la coordinada actuación de las secretarías académica y administrativa. En ese sentido, es conveniente mencionar que, en general los trámites administrativos se realizaron en tiempo y forma, a pesar de las limitaciones importantes que se tuvieron durante el período de la segunda quincena de septiembre y hasta finales de noviembre.

Finalmente, concluyo agradeciendo a toda la comunidad del Instituto de Ingeniería, su apoyo, comprensión y desempeño durante este año que concluye, deseándoles a ustedes y sus familias lo mejor para el 2023, en particular mucha salud y prosperidad. También hago un llamado importante para que nos unamos más y cerremos filas para trabajar por el Instituto el próximo año, debido a que enfrentaremos una mayor cantidad de retos de mayor riesgo a los enfrentados en el 2022. |

Cordialmente,

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

UNAM

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

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

IIUNAM

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

Secretaría Académica
Dra. Norma Patricia López Acosta
Secretario Administrativo
Lic. Salvador
Barba Echavarría
Secretario Técnico
Arq. Aurelio López Espindola
Secretaría de Telecomunicaciones e Informática
Ing. Marco Ambriz Maguey
Secretaría Técnica de Vinculación
M. en C. María del Rocío
Cassaigne Hernández

GACETA DEL IIUNAM

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

GACETA DEL IIUNAM

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

EL SISTEMA NERVIOSO DE UNA CIUDAD INTELIGENTE

RAMÓN GUTIÉRREZ CASTREJÓN,
VÍCTOR RANGEL LICEA, DANIEL CEBALLOS HERRERA
Y PABLO TORRES FERRERA

La Ciudad Inteligente (CI) o *Smart City*, como se le conoce en inglés, ha ido ganando terreno como tema de investigación. Una búsqueda de documentos publicados en los últimos diez años acerca del tema, utilizando la herramienta Scopus, arroja poco más de 45,000 resultados, la mayoría de los cuales están escritos en inglés, y tan sólo 182 en español. El *Institution of Engineering and Technology* del Reino Unido (antes conocido como IEE), le dedica una revista a esta cuestión. El *Multidisciplinary Digital Publishing Institute* (MDPI) también tiene la suya. Entre los tópicos de interés que requieren ser estudiados acerca de este fascinante tema, sobresalen algunos: tamaño de la ciudad, sustentabilidad, resiliencia y transformación digital. El Instituto de Ingeniería de la UNAM, institución de investigación multidisciplinaria, destaca por tener entre sus investigadores a expertos con amplio conocimiento en estos tópicos. Es por ello que, no sorprende el hecho de que uno de los temas estratégicos que el Consejo Interno seleccionó para conformar grupos interdisciplinarios de investigación (GII) fue, justamente, el de Ciudades Inteligentes. De acuerdo al portal de la Comisión Europea (ec.europa.eu), una CI se entiende como un lugar donde las redes y servicios tradicionales se hacen más eficientes mediante el uso de soluciones digitales para así beneficiar a sus habitantes y negocios. Sin embargo, aclara que el concepto de “inteligencia” va más allá, e incide en las redes de transporte, gestión de residuos, manejo del agua y el uso de tecnologías eficientes para calentar e iluminar edificios. A partir de estas ideas resulta obvio por qué entre los temas de investigación propuestos en la convocatoria para conformar los mencionados GII en materia de CIs aparezcan, entre otros, los temas de infraestructura ecológica y sustentable, manejo sustentable del agua, energías limpias, transporte inteligente, así como ciudad digital y conectada. El último tema es de particular relevancia, ya que, por su transversalidad, permea prácticamente a toda investigación y desarrollo que tenga como finalidad crear o transformar una ciudad en inteligente. Esto es así porque, desde un punto de vista ingenieril, las tecnologías que proveen servicios y resuelven problemas

en una CI dependen, en buena medida, de la recolección, almacenamiento y procesamiento de información (preferentemente en tiempo real), gracias a lo cual, es posible tomar decisiones óptimas para aumentar la eficiencia, la sustentabilidad y la calidad de vida en estas ciudades. Sin el empleo de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), una ciudad está lejos de ser entendida como inteligente.

Con el fin de exponer mejor el concepto (excusando nuestra ignorancia en temas de biología y medicina), a los autores nos gusta asemejar una CI a un cuerpo humano. En esta analogía, el lugar del cerebro lo toman los centros de cómputo en que se realiza el procesamiento de información y se toman decisiones, provistos de *software* y *hardware* de alta capacidad. El cerebro se complementa con una red de sensores y actuadores, es decir, con nuestros sentidos y nuestros músculos, permitiéndonos actuar en respuesta a diferentes estímulos visuales, auditivos, etc. De la misma manera, la CI se compone de infinidad de elementos que proveen al centro de procesamiento de la información necesaria para operar la CI. Al respecto, en años recientes también ha aparecido, muy ligado a la idea de CI, el concepto de IoT, o Internet de las cosas, el cual, engloba justamente a esta red de sensores y “cosas” que se comunican entre sí que permiten mantener al día la información que “el cerebro” requiere para darle su carácter de inteligente a la ciudad. Finalmente, e íntimamente aparejado a nuestro cerebro, se encuentra el sistema nervioso, que literalmente está constituido por un entramado de cables formados por axones o nervios, que transmiten mensajes desde y hacia el cerebro mediante impulsos electroquímicos. La red troncal está constituida por la médula espinal. En la CI el sistema nervioso central y periférico está formado por una sofisticada red de telecomunicaciones que depende de diversas tecnologías para operar eficientemente. De entre ellas sobresale, por su capacidad y distancia de transmisión, la red de fibra óptica. En esta red, los axones están hechos de vidrio y los pulsos de luz toman el lugar de los impulsos electroquímicos, pudiendo viajar a lo largo de decenas de kilómetros con mínima distorsión y atenuación. El sistema nervioso de una CI interconecta los sensores y actuadores entre sí, formando el Internet de las cosas, el cual a su vez está enlazado con una o varias unidades de procesamiento central, creando una red gigantesca que incluso, permite gracias al Internet tradicional¹, interconectar “los cerebros” de diferentes ciudades entre sí, potenciando de esta manera una jerarquía mayor en los niveles de inteligencia que posee una ciudad o un conjunto de ellas. La figura 1 muestra de manera gráfica la idea a la que hemos hecho alusión.

¹. Increíblemente, debido al vertiginoso paso con que evoluciona la tecnología en el dominio de las TIC, cualquier desarrollo que dure más de veinte años puede recibir el apelativo de tradicional.

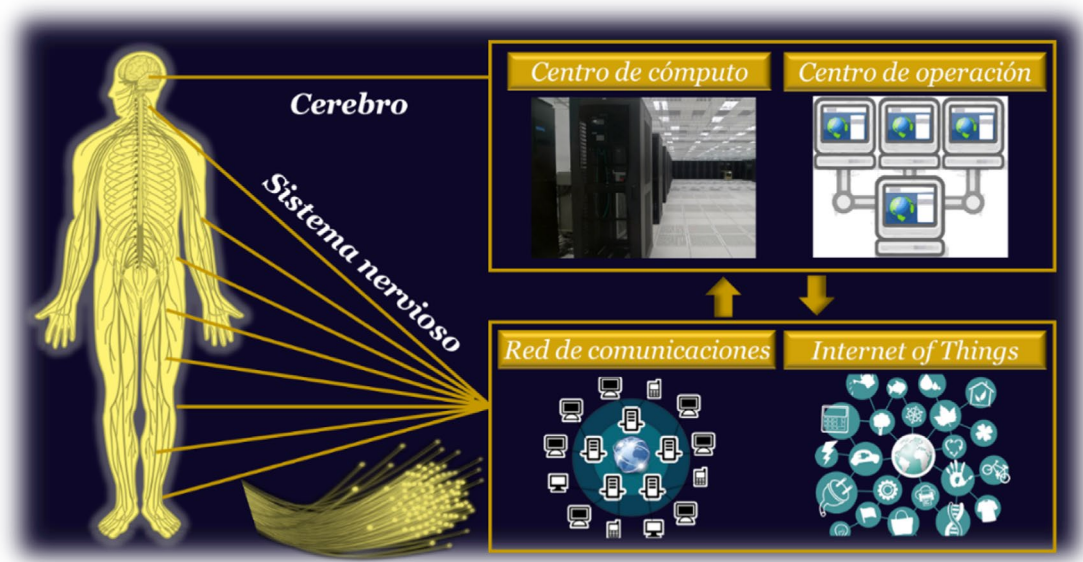


Fig. 1. El sistema nervioso humano es equiparable a la red de comunicaciones de una CI

En el Laboratorio de Telecomunicaciones del Instituto de Ingeniería nos dedicamos a la neurología de las ciudades, en particular, de las CI, entendiéndose este paralelismo como la investigación en materia de redes, sistemas y dispositivos de comunicaciones ópticos tanto a nivel experimental como teórico, utilizando para ello potentes simuladores desarrollados en el seno de nuestro grupo y en colaboración con prestigiosos grupos de investigación alrededor del mundo. Nuestro trabajo de investigación ha dado como resultado avances tecnológicos en pro de la transformación digital de empresas y entidades tanto académicas como gubernamentales que permiten asegurar la conectividad, a diferentes escalas, entre centros de procesamiento y diversos usuarios, facilitando el surgimiento de CI. La relevancia de nuestro trabajo es tal, que la sociedad de la información que en principio habita en las ciudades (inteligentes o no) exige a los proveedores de Internet un servicio ubicuo de muy buena calidad y está dispuesta a pagar por ello, incluso a un costo superior que el servicio de agua potable o energía eléctrica. Esto, aunado a la necesidad de brindar Internet a los segmentos de la población más desfavorecidos con el fin de apalancar su desarrollo, han dado por resultado que la industria, el gobierno y la academia, estén dispuestos a invertir en el despliegue de redes ópticas en general y en las de corta distancia o acceso, en lo particular. Prueba de ello es que, recientemente, el Gobierno de la Ciudad de México (por medio de la SECTEI), nos encomendó y patrocinó el desarrollo de una red 5G basada en el uso de un *fronthaul* de fibra óptica y radios definidos por *software*. La finalidad de este proyecto, realizado en colaboración con la Facultad de Ingeniería de la UNAM, es integrar este tipo de redes en la infraestructura de comunicaciones de la metrópoli para, junto con los demás elementos

necesarios para conformarla, transformar a la Ciudad de México en una CI. Educación, salud, seguridad y administración eficiente, son algunos de los sectores que se verían beneficiados. La relevancia de instalar una red móvil de quinta generación se desprende del hecho de que hoy en día los teléfonos inteligentes representan casi 50% del tráfico global de Internet y que los usuarios de los mismos exigen cada vez más disponer de nuevos servicios que demandan un gran ancho de banda y tiempos de transferencia (latencia) muy cortos. Entre las aplicaciones a destacar se encuentran realidad virtual y aumentada, automóviles autónomos, video en tres dimensiones, automatización de la industria y cirugía a distancia, entre otras.

En la figura 2 se muestra la arquitectura de la maqueta de la red 5G que se implementó, cuyo funcionamiento fue demostrado satisfactoriamente. La red sigue la arquitectura C-RAN (*centralized radio-access network*) en la que el procesamiento digital, que tradicionalmente se realizaba en el pie de la antena, se traslada a una oficina central, reduciendo de esta manera el consumo de energía, así como el tamaño y complejidad de la red. En el modelo C-RAN surge un elemento denominado *fronthaul*, que sirve para interconectar las radio-bases de telefonía celular con los centros de procesamiento denominados GNodeB (*next generation Node B*). En la maqueta desarrollada, las radio-bases se implementaron utilizando radios definidos por *software*, lo que abarata su costo, mientras que los GNodeBs y el EPC (*evolved packet core*) se instalaron en potentes computadoras personales y un servidor, respectivamente. Su interconexión a través del *fronthaul* se llevó a cabo utilizando un enlace de fibra óptica de 20 km de longitud que aprovecha la tecnología WDM (*wavelength división multiplexing*) para asignar, sobre la

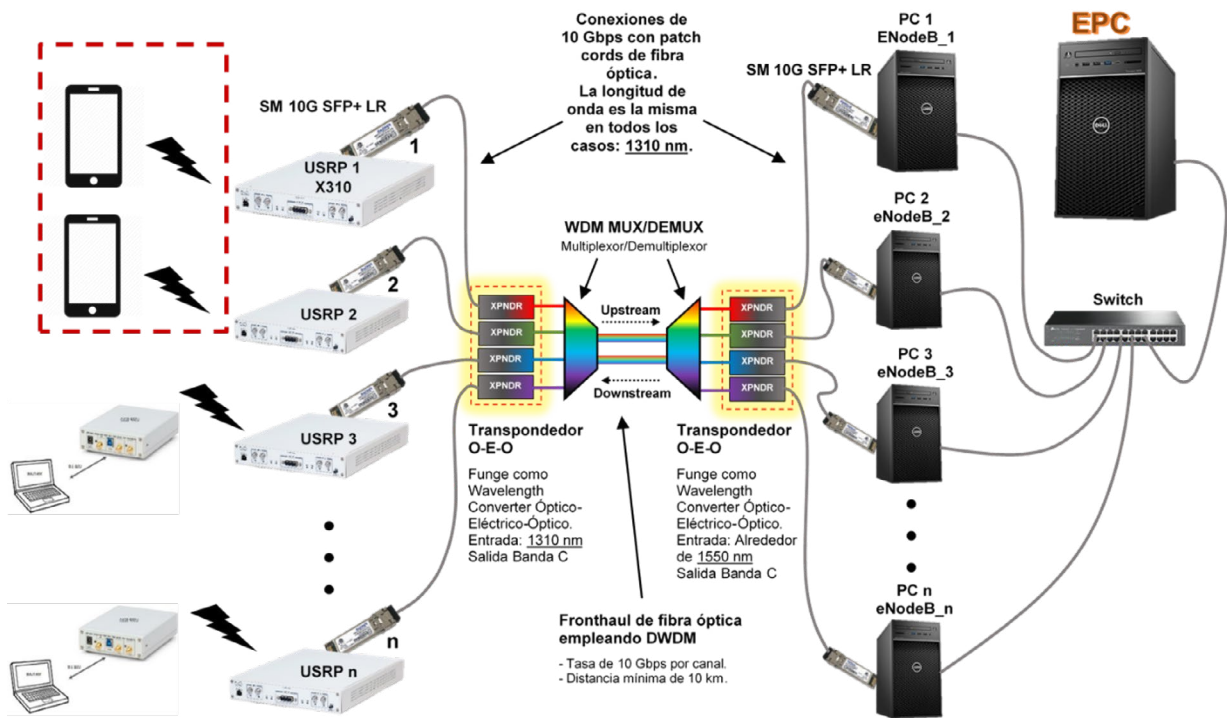


Fig. 2. Arquitectura de la maqueta de red 5G implementada mediante radios definidos por software y un *fronthaul* de fibra óptica. Se muestra el esquema activo

misma fibra, un canal óptico de hasta 10 Gb/s a cada uno de los enlaces lógicos que conectan los GNodeBs con su respectiva radio base. Sobre la misma maqueta se probaron dos esquemas de transmisión diferente. En el esquema pasivo, se instalaron en los radios y GNodeBs transceptores que operan a longitudes de onda diferentes, evitando el uso de transpondedores. En el esquema activo, mostrado en la figura 2, todos los transceptores operan a la misma longitud de onda (en banda O) y los transpondedores se encargan de realizar el proceso de conversión de longitud de onda.

Como resultados tangibles del buen funcionamiento de la red, en la figura 3 se muestra el espectro medido de cuatro de los canales ópticos que se transmitieron a través del *fronthaul* con una separación de 200 GHz en banda C. Tanto la eualización de potencia como el nivel de razón señal-a-ruido son muy buenos. Asimismo, en la figura 4 se muestra el diagrama de constelación para modulación 64-QAM que resulta de la interconexión de la red con un teléfono celular comercial. La limpieza del diagrama indica el buen funcionamiento del enlace compuesto del canal de radio frecuencia y el canal óptico. La figura 4 se complementa con la captura de pantalla de uno de los teléfonos utilizados, la cual, muestra el despliegue de un video 4K descargado de Internet a través de la red 5G. Nótese en la equina superior derecha de la pantalla

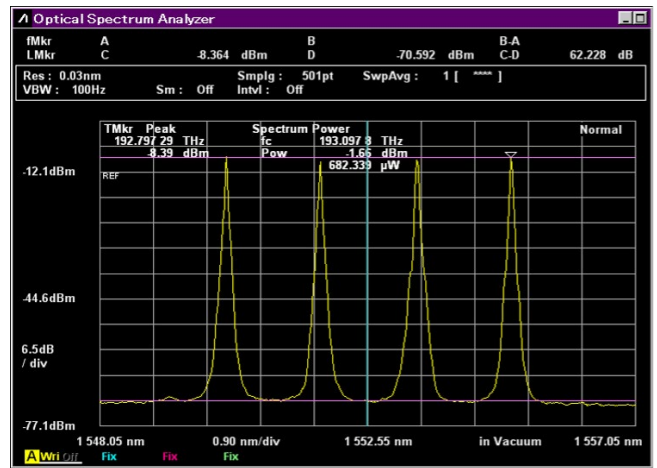


Fig. 3. Espectro óptico de los canales transmitidos a través del *fronthaul* de la maqueta

del teléfono la indicación de que efectivamente se encuentra conectado a la red 5G. Por su bajo costo y flexibilidad, este tipo de redes basadas en el uso de radios definidos por *software*, son también muy atractivas para atender localidades aisladas o instalar redes dedicadas.

Los resultados del proyecto aquí presentados representan una muestra de lo que como grupo podemos aportar en materia de telecomunicaciones cuando se dispone de los recursos

humanos y económicos necesarios. Considerando que esta rama de la ingeniería constituye un elemento imprescindible en el desarrollo de las ciudades inteligentes, confiamos en que nuestras investigaciones en materia de conectividad, coadyuven en este sentido para beneficio de los habitantes de dichas ciudades. Agradecemos a la Secretaria de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación (SECTEI) del Gobierno de la Ciudad de México por el patrocinio otorgado para la realización de este trabajo.

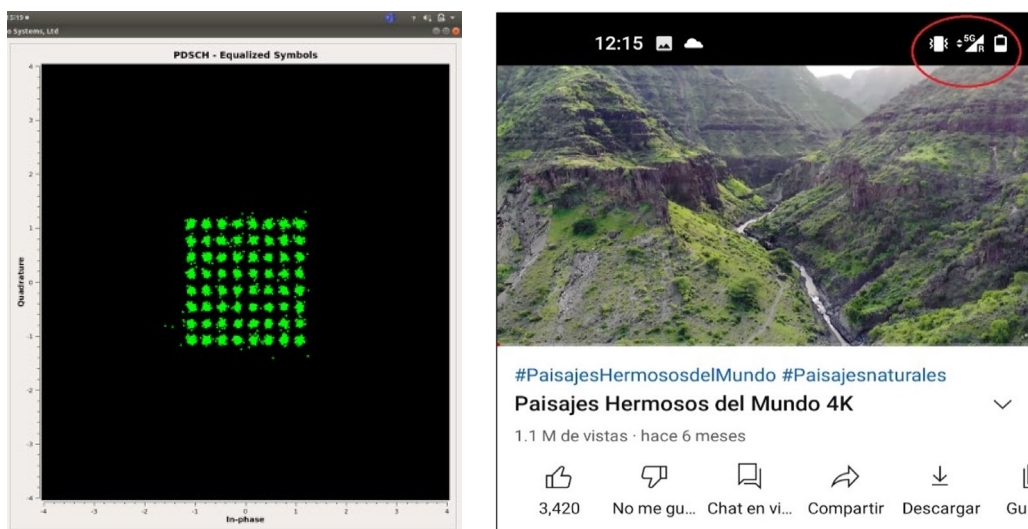


Fig. 4. Diagrama de constelación de la señal transmitida mediante el radio-enlace y captura de pantalla que demuestra la descarga de un video 4K a través de la red 5G implementada

NOTIINGEN

¿Conoces NOTIINGEN?

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

Encuétralo cada viernes en nuestras redes sociales

InstitutoIngenieriaUNAM

IIUNAM

IIUNAM

IIUNAM

IINGENUNAM

CAPACIDADES DEL OBSERVATORIO HIDROLÓGICO

ALEJANDRO SÁNCHEZ HUERTA
Y JOSÉ LUIS SALINAS ESTÉVEZ

Los proyectos de ingeniería urbana evolucionan continuamente hacia soluciones que permiten optimizar la gestión de las ciudades. En los proyectos relacionados con ciudades inteligentes se encuentran diferentes tipos de soluciones transversales: soluciones que incorporan elementos de información y comunicación que mejoran los servicios; soluciones que requieren la combinación de fuentes de información de diversas áreas para ofrecer mejoras concretas, finalmente, soluciones que facilitan a la población información de las ciudades (ITU, 2021).

En este sentido, el Observatorio Hidrológico (OH), a través de tecnologías de última generación, incursiona en la captura y publicación en tiempo real de información de variables relativas a la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos que tienen lugar en el área conurbada de la Ciudad de México.

Antecedentes

El OH está conformado por una red de 55 estaciones de medición de lluvia, energéticamente autónomas, distribuidas en la Ciudad de México y en algunos municipios conurbados del Estado de México. Cada estación cuenta con una microcomputadora que recibe la información, ésta por medio de la red de datos 4G y de comunicación en banda libre LoRa, la transmite para su almacenamiento en la nube, donde es procesada para finalmente ser mostrada en mapas de precipitaciones o bien publicada en diferentes redes sociales (ver Figura 1).

Las estaciones de medición cuentan en su mayoría con disdrómetros, sensores de última generación encargados de monitorear la intensidad de precipitación, precipitación acumulada, visibilidad, número de gotas, energía cinética y el tipo de precipitación. El resto de los puntos de monitoreo cuentan con pluviómetros de pesaje, que permiten únicamente medir la intensidad de la lluvia y la cantidad de agua acumulada. El proceso, desde la captura de información hasta la publicación de los datos, tiene una duración aproximada de un minuto.

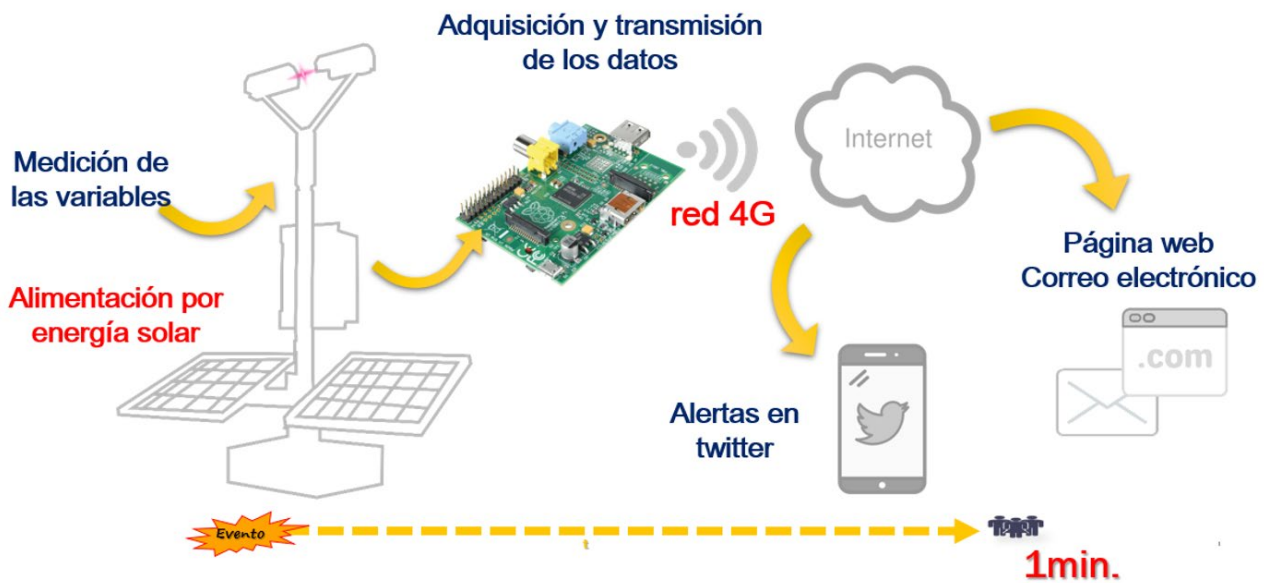


Figura 1. Arquitectura de las estaciones del Observatorio Hidrológico

Herramientas proporcionadas por el Observatorio Hidrológico para la construcción de Ciudades Inteligentes

Hacer uso de las tecnologías de la información (TIC) en el ámbito urbano permite tener un alto grado de respuesta ante situaciones no previstas, gracias a la automatización y capacidad de capturar información en tiempo real y de transmitir datos entre lugares remotos (Pedrozo-Acuña, 2020).

El Observatorio Hidrológico pone a disposición información de precipitación pluvial, en forma de productos de acceso libre y fácil consulta, para así contribuir a un elevado nivel de rendimiento en la gestión de riesgos de carácter hidrometeorológico y evolucionar gradualmente hacia una ciudad inteligente.

La intensidad de precipitación de un evento (ver Figura 2), puede consultarse a través de la página web del Observatorio Hidrológico (<https://www.oh-iiunam.mx>), así como la lluvia acumulada en diferentes intervalos de tiempo. Para una estación en particular, puede también observarse la evolución temporal de la intensidad de lluvia y la precipitación acumulada.

Con el fin de proporcionar información para la toma de decisiones, con la participación de todos los actores involucrados en la gestión integral de riesgos, el Observatorio Hidrológico pone a disposición un semáforo por alcaldía (ver Figura 3) donde se identifican, a través de intervalos de precipitación acumulada en diferentes colores, una clasificación para la identificación del riesgo asociado a la presencia de lluvia.

Ejemplo del aprovechamiento de la información disponible de precipitación, con el uso eficiente de los avances tecnológicos y la utilización responsable de los recursos, es la creación de una aplicación móvil que permite a los usuarios, por medio de un mapa georreferenciado, ubicar un sitio donde se desea colocar un sistema de captación de agua de lluvia y, a través de la selección de un periodo e indicando las dimensiones del sistema, consultar el volumen potencial de captación de agua de lluvia (ver Figura 4).

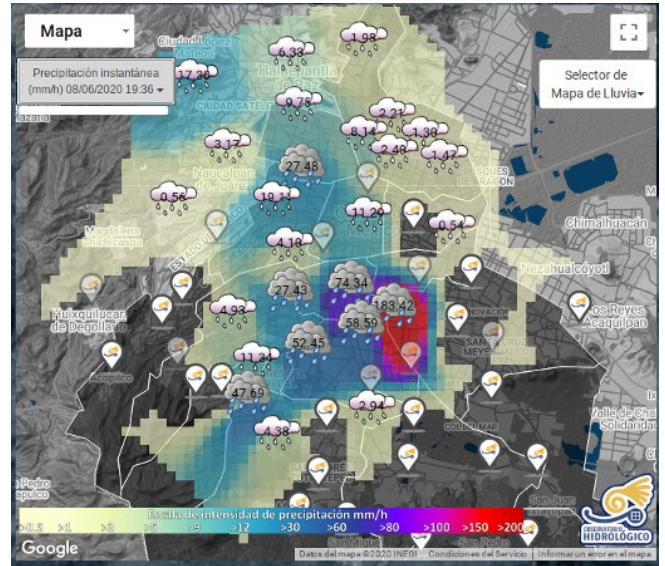


Figura 2. Mapa de intensidad de precipitación

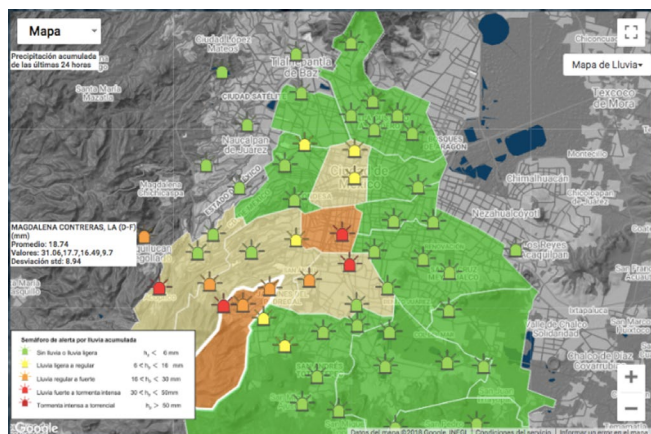


Figura 3. Semáforo por alcaldía

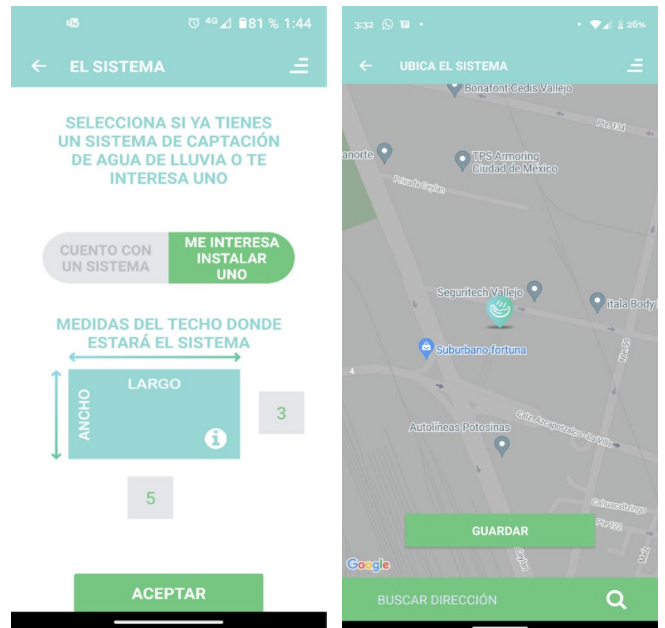


Figura 4. Uso de aplicación Aquappolis

Posibilidades de desarrollo del Observatorio Hidrológico

Los usos y potencialidades de las TIC hoy son un elemento fundamental en la sociedad, sin embargo, el reto de estas tecnologías sigue siendo que se conviertan en instrumentos de cambio y transformación que garanticen mejores niveles de vida

y cuidado al medio ambiente. Uno de los grandes beneficios de las ciudades es que ofrecen espacios de oportunidades, pero, es en éstas donde se concentran y se amplían grandes problemas, por tanto, las TIC juegan un papel primordial para afrontar los desafíos a través de la información que pueden proporcionar en diversos ámbitos. El camino de una ciudad tradicional a una moderna, inteligente y sostenible implica grandes esfuerzos de planificación y coordinación.

Contar con un modelo de desarrollo integral en las ciudades conlleva forzosamente a promover un cambio en los patrones de producción, consumo y demanda, de forma que se pueda asegurar el equilibrio en los ecosistemas vinculados a las ciudades. En este sentido, es necesaria la generación de indicadores de desempeño en diferentes ámbitos medioambientales que repercuten en la forma de vida de los habitantes de las ciudades (Cabello, 2022).

Las ciudades inteligentes usan infraestructura de conectividad, sensores y dispositivos distribuidos en la ciudad que permiten la captura de información útil a través del desarrollo de herramientas innovadoras que posibilitan organizar escenarios urbanos complejos (THALES, 2018). La arquitectura adaptable usada por el Observatorio Hidrológico permite realizar la medición de variables diferentes a las hidrometeorológicas si se emplean otros sensores; asimismo, es posible mostrar dicha información en tiempo real o en periodos históricos a través de la arquitectura digital utilizada actualmente para la presentación de datos de precipitación, así como la posible generación de alertas en caso de ser necesario.

Al ser flexible la arquitectura física y digital del OH, éste tiene la capacidad de participar en la recopilación de información y coadyuvar en la formación de un ambiente sostenible con un uso racional de los recursos, esto por ejemplo, a través de la medición de variables que permitan el uso de energías renovables o, en materia de aprovechamiento del agua y optimización de costos, el Observatorio Hidrológico tiene la capacidad de medir variables como el pH, oxígeno disuelto, turbidez y color, entre muchas otras.

Al contar con información que permita a los ciudadanos tener una mejor experiencia dentro del ámbito urbano, en colaboración con las políticas gubernamentales adecuadas, inevitablemente se conduce a la constitución de ciudades inteligentes y, es aquí donde el OH a través del uso eficiente de la tecnología, también puede colaborar para el establecimiento de sistemas innovadores que permitan tener una ciudad conectada entre usuarios y autoridades. Ejemplo de esto es el monitoreo del consumo de agua en los hogares y la disponibilidad de agua; por otro lado, el OH cuenta con los instrumentos necesarios para incursionar en el campo de la automatización de los sistemas de luminarias a partir de información que se puede registrar como la energía eléctrica utilizada, voltaje y corriente.

El Observatorio Hidrológico no sólo tiene potencial para desarrollar proyectos novedosos en el futuro próximo, actualmente las variables registradas de precipitación permiten el

estudio de cuencas urbanas. Con la resolución temporal de un minuto ha sido posible determinar el tiempo de duración de las tormentas y revisar el origen de las precipitaciones mediante la estimación de parámetros hidrológicos; se ha identificado la distribución espacio-temporal de eventos extremos en la Zona Metropolitana del Valle de México y se ha estudiado la energía cinética de la lluvia, característica que contribuye a la erosión del suelo.

Los datos de lluvia también han sido utilizados para la creación de un modelo predictivo de precipitación. Éste es empleado para pronosticar la ocurrencia de un evento de interés con una buena confiabilidad. El modelo predictivo, basado en datos históricos del OH, permite estimar un escenario de lluvia para un horizonte de tres días, abriendo un nuevo paradigma respecto a los sistemas de alerta temprana. Asimismo, los escenarios de lluvia permiten la generación de mapas probabilísticos de inundación que pueden ser empleados como estrategia de alerta a través de su correcta difusión, contribuyendo así a la construcción de una ciudad inteligente a través del control de inundaciones. |

Colaboradores del Observatorio Hidrológico

Además de las personas mencionadas al inicio de este artículo, el equipo de colaboradores del Observatorio Hidrológico está actualmente integrado por Alejandra Amaro Loza, Jorge Blanco Figueroa, Juan Alejandro Sánchez Peralta, Marco Rodrigo López López, Carlos Sánchez Vargas y Erick Alexis Vergara Alcaraz.

Referencias

- Cabello, S. (2022). *El camino de desarrollo de las ciudades inteligentes. Una evaluación de Bogotá, Buenos Aires, Ciudad de México y São Paulo* (Documentos). CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/48000/1/S2200488_es.pdf.
- ITU. (2021). *Ciudades inteligentes y sostenibles*. ITU. Comprometida Para Conectar Al Mundo. <https://www.itu.int/es/mediacentre/backgrounders/Pages/smart-sustainable-cities.aspx>.
- Pedrozo-Acuña, A. (2020, December). Agua inteligente, ciudades inteligentes. *Perspectivas IMTA*, 1-4. <https://doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2020-33>.
- THALES. (2018). *El IoT y las ciudades inteligentes seguras y sostenibles*. <https://www.thalesgroup.com/es/countries/america/latin-america/dis/iot/inspiracion/ciudades-inteligentes>.



INTERACCIÓN SITIO-CIUDAD: EL EFECTO DE LA CIUDAD EN EL MOVIMIENTO DEL TERRENO EN EL VALLE DE MÉXICO

LEONARDO RAMÍREZ GUZMÁN,
MOISÉS G. CONTRERAS RUÍZ ESPARZA
Y MIGUEL A. CARRILLO LUCÍA

El movimiento del terreno ocasionado por sismos en la Ciudad de México (CDMX) presenta grandes amplificaciones e incrementos de duración en sitios ubicados en el antiguo lago, tomando como referencia las observaciones en la zona de lomas. Las variaciones anómalas mencionadas afectan fuertemente la demanda en estructuras, éstas, han sido objeto de estudio y debate. Sin embargo, no hay consenso en los mecanismos que explican su comportamiento. Aquí describimos de manera sucinta algunas de las fuentes potenciales del incremento relativo de la amplitud y las duraciones, con especial énfasis en la interacción de la ciudad con el subsuelo.

Los intentos por revelar las particularidades del campo de desplazamientos en la zona del lago causados por sismos han tenido éxito limitado. Los modelos unidimensionales y bidimensionales empleados para analizar el fenómeno, propuestos

durante los años ochenta y principios de los noventa del siglo XX, no reflejan la complejidad del Valle de México (VM). Chávez-García y Bard (1994) presentaron una revisión crítica de algunos mecanismos sugeridos para explicar el comportamiento dinámico del suelo en la capital, con lo cual, confirmaron que la presencia de las arcillas de baja velocidad es la causa principal de la amplificación observada con respecto a roca. Con relación a la elongación de la duración del movimiento intenso, los autores sugieren que no puede atribuirse sólo al material y apuntan al efecto regional -la generación de fases durante el trayecto de la fuente a la ciudad, que después se amplifican en el lago (Singh y Ordaz, 1993)- como uno de los factores más importantes. Posteriormente, Chávez-García *et al.* (1995) sugirieron que parte del incremento de la duración es generado por efectos tridimensionales en la estructura del VM y la contribución de las edificaciones de la mancha urbana, siendo esta última de interés para nuestra investigación.

Diferentes estudios analíticos, numéricos y experimentales han evaluado la influencia de la vibración de conjuntos de edificios en el movimiento de campo libre (e. g. Gueguen *et al.*, 2002; Wirgin y Bard, 1996; Isbilibiroglu *et al.* 2015; Mengling *et al.*, 2011; Vishwahit, 2018 y referencias ahí mencionadas). Estas investigaciones han mostrado que las estructuras pueden inducir amplitudes importantes en sitios con suelos blandos cuyos periodos fundamentales coinciden con los de la estructura; inclusive, pueden afectar el campo libre a grandes distancias. En general, el problema se ha abordado utilizando

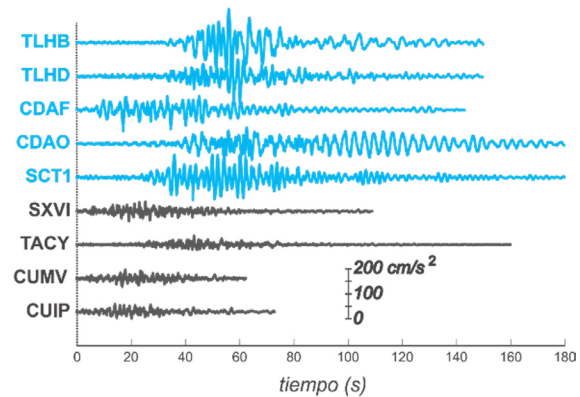
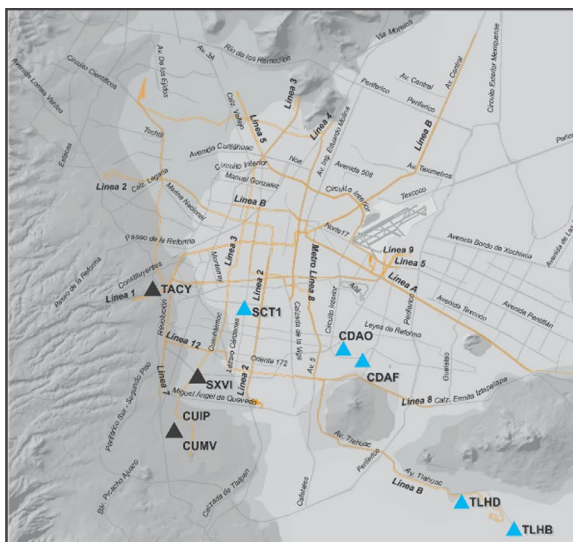


Figura 1. Amplificación e incremento de la duración de estaciones en la zona del lago (azul) con respecto a estaciones en roca (negro). Aceleración del sismo del 19 septiembre de 1985

pequeños conjuntos de edificios con distribuciones espaciales y formas regulares que no reflejan la complejidad de urbes como la Ciudad de México. Las conclusiones han sido limitadas y sólo pueden considerarse como particulares al caso en cuestión. En contraste, el modelo empleado en nuestra investigación, tanto del subsuelo como del inventario de edificaciones acopladas, contiene elementos esenciales para suponer que las conclusiones que se deriven serán válidas, pero que sin duda requerirán escrutinio basado en las observaciones.

Modelado numérico de la fuente a las estructuras

Con la finalidad de abordar el problema de interacción estructura-suelo-estructura de manera masiva, también conocido como interacción sitio-ciudad cuando se analizan un número grande de edificios, se han desarrollado y conjuntado infraestructura tanto física como de *software*, así como bases de datos e información geofísica y catastral para construir un modelo del Centro de México que tome en cuenta a la CDMX, con el detalle necesario para estudiar el movimiento debido a fuentes

sísmicas históricas o hipotéticas. Los componentes de la infraestructura mencionada son: 1) El modelo cortical y geotécnico del Centro de México y la CDMX; 2) El modelo de las estructuras de la CDMX y 3) Un código de elementos finitos lo suficientemente robusto para simular la propagación de ondas en medios altamente heterogéneos.

El modelo compuesto suelo-ciudad (ver figura 2) elemento fundamental de la investigación, es resultado de una tomografía de onda completa e información geotécnica y geofísica colectada para la capital del país (Juárez y Ramírez-Guzmán, 2016). Además, los edificios y viviendas se modelan empleando vigas de cortante con periodo fundamental igual a un décimo del número de pisos derivados de una conciliación de información entre el catastro y datos LIDAR. A pesar de ser esta última una aproximación muy gruesa, permite identificar el fenómeno de interacción de forma colectiva. Pruebas diversas sobre la bondad del ajuste entre observaciones y sismogramas simulados, nos indican que el modelo reproduce adecuadamente la duración y amplitud del movimiento ante sismos corticales, intra e interplaca, conocida la fuente sísmica.

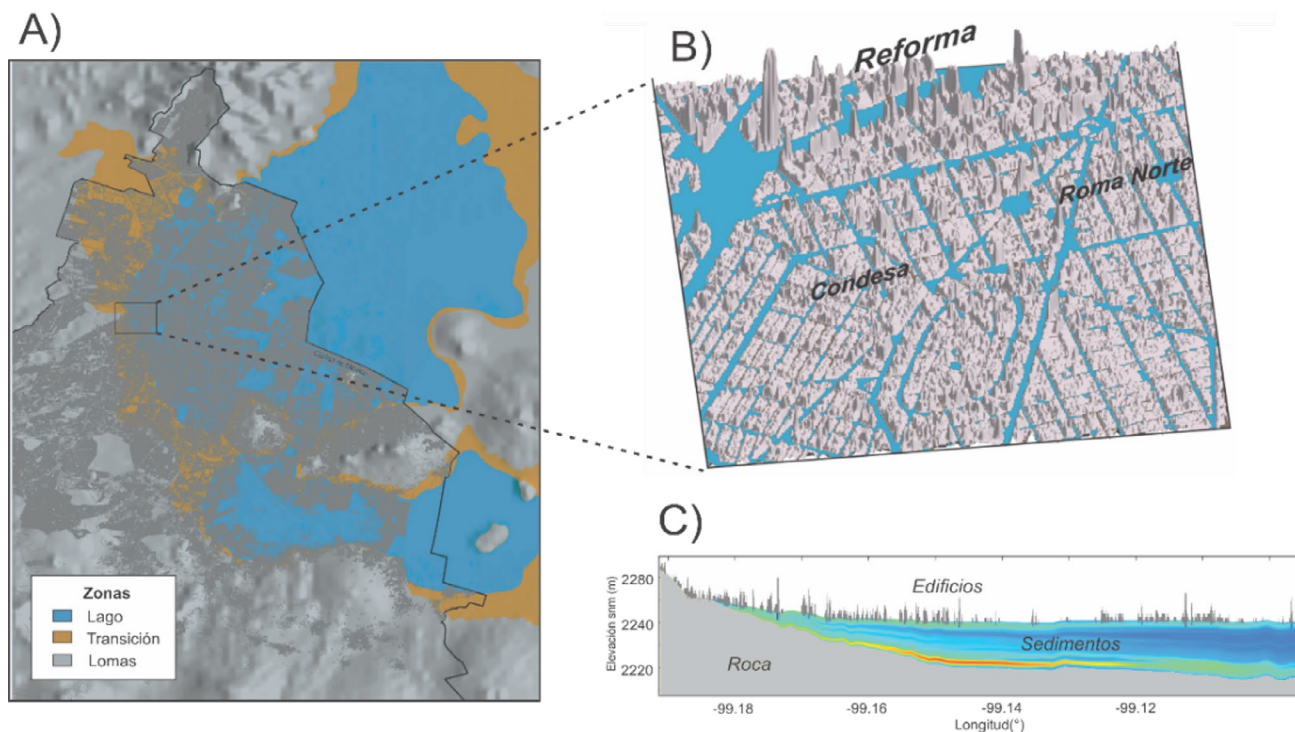


Figura 2. Modelo de la Ciudad de México. A) Valle de México y traza de los predios de la Ciudad de México. B) Modelo de Ciudad empleando vigas de cortante y C) Corte del modelo de velocidades y edificios empleados en la investigación

Interacción entre la ciudad y el subsuelo

Con el fin de elucidar la influencia de las estructuras en el movimiento de la zona del lago, se simularon dos casos de la propagación de ondas: 1) Campo libre, *i. e.* sin estructuras, 2) Incluyendo las poco más de 1.5 millones de estructuras de la ciudad (ver figura 3). La banda de frecuencia en la que los resultados son válidos va de 0 a 1.0 Hz. Se utilizó el sismo local Mw3.2 del 16 de julio de 2019, con epicentro ubicado al poniente de la capital. La fuente sísmica es ideal para aislar efectos de trayecto -que se podrían presentar en sismos corticales, intra e intraplaca más lejanos- que afectarían la interacción sitio-ciudad.

La figura 3 ilustra, en los dos casos simulados, la propagación de ondas en dos instantes (1 y 5 s). Se reporta el módulo de la velocidad al nivel de la superficie cercana a la fuente. Regionalmente, observamos pocas modificaciones del campo. Las primeras fases no se ven afectadas por la presencia de la ciudad; sin embargo, en un análisis más cuidadoso, podemos identificar cambios en el movimiento que es persistente en toda la zona del lago. Las figuras 3.e y 3.f permiten apreciar los cambios inducidos por el corredor Reforma de edificios,

ubicados en la zona de transición y del lago. Hay reducciones (e. g. sur de la colonia Anzures) y amplificaciones (cruces Reforma-Circuito Interior y al Reforma-Insurgentes) del movimiento atribuibles a los edificios.

La figura 4 muestra la historia de velocidad en puntos a lo largo de línea A-A' (ver figura 3). Las diferencias son evidentes tanto en amplitud como en duración. En las señales hacia el este de la línea A-A', la banda en la que se distribuye la energía es mucho más amplia cuando se incluye la ciudad; al parecer, los edificios con frecuencias fundamentales alrededor de 0.5 Hz, abundantes en el corredor Reforma, contribuyen de manera importante.

La presencia de la ciudad en el modelo, en general, provoca que la energía se distribuya en bandas más anchas de frecuencia considerando sólo el campo libre. Lo anterior concuerda con la expectativa de que los edificios se comporten como difractores. Asimismo, en algunos casos particulares, no presentados en este documento, se observa la canalización de la energía o guías de ondas generada por unidades habitacionales con orientaciones de plantas y alturas regulares, entre otros fenómenos de propagación, cuya comprensión nos auxiliará en la cuantificación del efecto de la urbe en el movimiento.

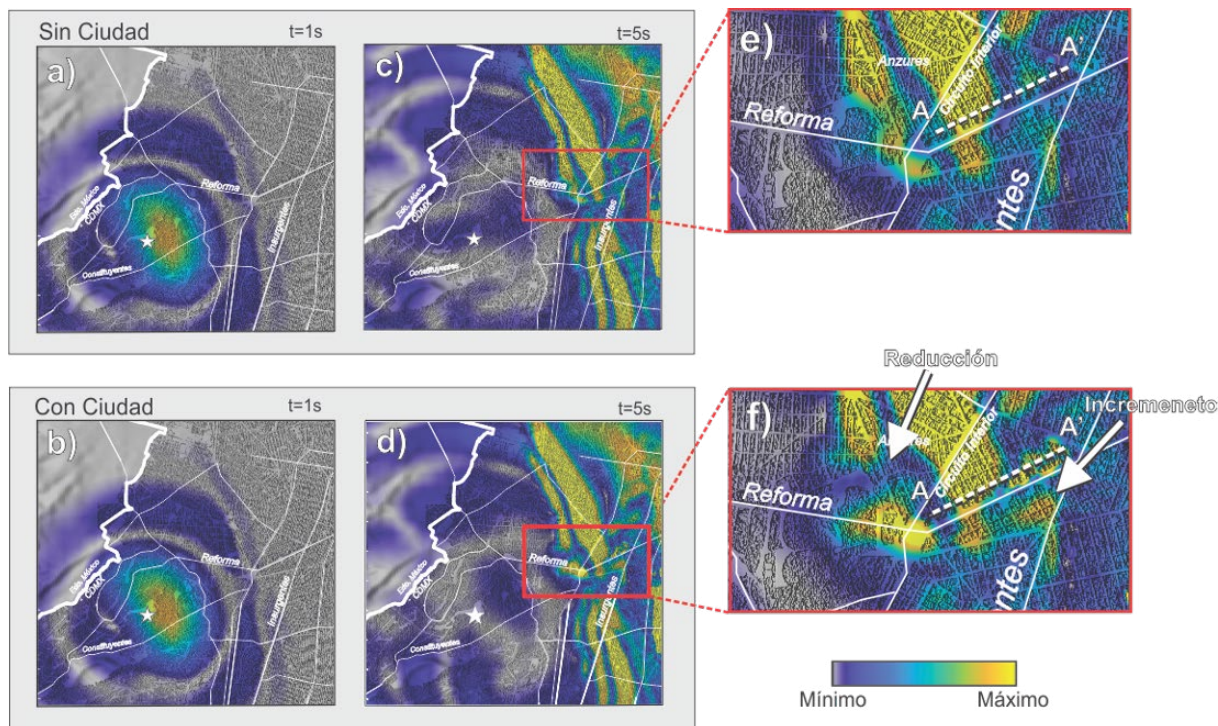


Figura 3. Simulación del sismo del 16 de julio de 2019 (estrella). A y B corresponden al módulo de la velocidad horizontal, el tiempo 1 s en ausencia y presencia la ciudad, respectivamente. C y D similar a A y B para el tiempo 5 s. E y F ampliación de C y D

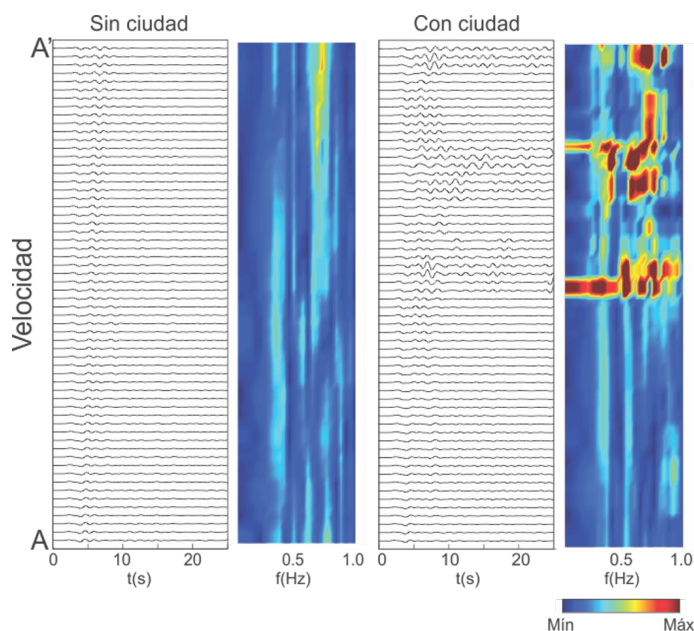


Figura 4. Comparación de la velocidad E-W en las estaciones A-A'. La posición de la línea A-A' se muestra en la figura 3

Discusión y conclusiones

En general, las edificaciones e infraestructura se planean, analizan y ejecutan considerando una interacción muy limitada con su entorno; sin embargo, la realidad es mucho más compleja. Se han propuesto modelos validados con evidencia empírica en un buen número de investigaciones sobre la

importancia y la influencia colectiva de las edificaciones en el campo de desplazamientos inducido por sismo, que en algunas situaciones puede ser adversa para las estructuras. Aquí mostramos resultados preliminares sobre la influencia de las estructuras en el campo de movimiento del suelo de la CDMX, la cual, puede ser muy importante tanto en términos de amplitudes como de duración.

Referencias

- Chávez-García, F. J. y P. Y. Bard (1994). Site effects in Mexico City eight years after the September 1985. Michoacan earthquakes, *Soil Dyn. Earthquake Eng.*, 13, 4, 229-247.
- Chávez-García, F. J.; J. Ramos-Martínez y E. Romero-Jiménez (1995). Surface-wave dispersion analysis in Mexico City, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 85, 1116-1126.
- Guéguen, P.; P. Y. Bard y F. J. Chávez-García (2002). Site-city seismic interaction in Mexico City-like environments: An analytical study, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 92, 794-811.
- Isbiloglu, Y.; R. Taborda y J. Bielak (2015). Coupled Soil-Structure Interaction Effects of Building Clusters during Earthquakes, *Earthquake Spectra*, 31, 1, 463-500.
- Juárez, A. y L. Ramírez-Guzmán (2016). Adjoint-wavefield tomography of Southcentral Mexico, *GSA Annual Meeting*, Denver, Colorado, EUA.
- Kawase, H. y K. Aki (1989). A study on the response of a soft basin for incident S, P, and Rayleigh waves with special reference to the long duration observed in Mexico City, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 79, 5, 1361-1382.
- Lou, M.; H. Wang; X. Chen y Y. Zhai (2011). Structure-soil-structure interaction: Literature review, *Soil Dyn. Earthquake Eng.*, 31, 12, 1724-1731.
- Singh, S. y M. Ordaz (1993). On the Origin of Long Coda Observed in the Lakebed Strong-motion Records of Mexico City. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 83, 1298-1306.
- Anand, Vishwajit y S. R. Satish Kumar (2018). Seismic soil-structure interaction: a state-of-the-art review, *Structures*, 16, 317-326.
- Wirgin, Armand y Pierre-Yves Bard (1996). Effects of buildings on the duration and amplitude of ground motion in Mexico City, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 86, 3, 914-920.

PROPUESTA DE DISIPADOR MULTIPERFORADO PARA CONEXIONES TRABE - COLUMNA PREFABRICADAS DE CONCRETO REFORZADO

VLADIMIR RODRÍGUEZ MORENO,
HÉCTOR GUERRERO BOBADILLA
Y JOSÉ ALBERTO ESCOBAR SÁNCHEZ

Resumen

Después del sismo de Puebla-Morelos (M 7.1) ocurrido el 19 de septiembre de 2017, el interés por limitar el daño a los componentes estructurales de los edificios ha aumentado significativamente en México. Como consecuencia, se ha popularizado el uso de dispositivos de disipación de energía. Siguiendo esa línea, se presenta un dispositivo multiperforado propuesto como un disipador pasivo de energía para conexiones trabe-columna prefabricadas de concreto reforzado. Se evaluó teórica y experimentalmente el comportamiento estructural del dispositivo en el Instituto de Ingeniería de la UNAM. Se realizaron ensayos cíclicos cuasi-estáticos incrementales y de amplitud constante en ocho especímenes, dos de ellos con costillas de sección no uniforme. El disipador propuesto mostró un comportamiento histerético estable y desempeño sísmico adecuado. El uso de costillas de sección no uniforme incrementó significativamente la capacidad de deformación y el desempeño ante cargas de fatiga del disipador, lo cual es deseable para zonas sísmicas donde se esperan sismos de larga duración como en la Ciudad de México.

1. Introducción

El uso de dispositivos de disipación de energía se ha vuelto cada vez más común en México. En particular, los sistemas de control pasivo se están utilizando cada vez más para el control estructural debido a su eficiencia en la mitigación del riesgo sísmico. Existen varios tipos de dispositivos pasivos de disipación de energía, como los disipadores histeréticos metálicos [1], los amortiguadores viscosos [2], los amortiguadores viscoelásticos [3] y los disipadores de fricción [4]. Una de las principales ventajas de los sistemas de control pasivo es que no requieren una fuente de alimentación externa ni algoritmos informáticos para operar; por tanto, se elimina el problema asociado con posibles

fallas en el suministro de energía y el control por computadora durante un evento sísmico [5]. Adicionalmente, si es necesario, los dispositivos dañados se pueden reemplazar con un tiempo y costo mínimos.

Los disipadores histeréticos metálicos son dispositivos de control pasivo efectivos y económicos para la disipación de la energía sísmica, la cual, se logra mediante la deformación plástica del material metálico [6]. Se han propuesto diversos disipadores metálicos como el dispositivo de amortiguamiento y rigidez añadida (ADAS) [6], el disipador de nido de abeja [7], el contraventeo restringido al pandeo [8] y el disipador multiperforado (DM), que por sí mismo tiene variaciones múltiples [5,9-11] y es en el que este estudio se ha enfocado.

Los DM son opciones económicas y confiables para conexiones trabe-columna de acero [11]. Estos dispositivos logran disipar energía a través de la deformación plástica de las costillas debido al momento flexionante y a la fuerza cortante actuantes en éstas. Presentan un comportamiento histerético estable y disipan cantidades sustanciales de energía bajo carga cíclica mientras mantienen a los elementos menos dúctiles esencialmente elásticos [9]. El DM propuesto aquí, tiene como objetivo la protección de estructuras prefabricadas de concreto reforzado construidas en zonas sísmicas. Como consecuencia, se necesitan datos confiables para fines de diseño como, por ejemplo, las relaciones de ductilidad máxima. Para ello, el desempeño sísmico del disipador se evaluó teóricamente, seguido de una verificación experimental. Se ensayaron un total de ocho DM bajo carga cíclica reversible incremental y de amplitud constante. Los resultados mostraron un comportamiento histerético estable y un desempeño sísmico adecuado.

2. Descripción del dispositivo

El DM está fabricado a partir de una sola placa de acero con ranuras alargadas con transiciones suavizadas en los extremos. Las franjas de acero que permanecen en el dispositivo, que le proporcionan al sistema la capacidad de disipación de energía, se denominan aquí como "costillas". En la Figura 1 se muestra una configuración típica del disipador propuesto y sus propiedades geométricas. Las costillas del disipador se pueden idealizar con líneas rectas, de acuerdo con Oh *et al.* [9], con un ancho de costilla constante b , y una longitud efectiva l_e .

Cuando un DM se somete a una fuerza P en el plano, en una dirección perpendicular a la de las costillas, un momento flexionante y una fuerza cortante ocurren simultáneamente en las costillas. En los casos en que la relación de aspecto de la costilla, definida como la relación ancho-longitud efectiva (b/l_e), es relativamente pequeña, el comportamiento del disipador se rige principalmente por la flexión. Las costillas se comportan como

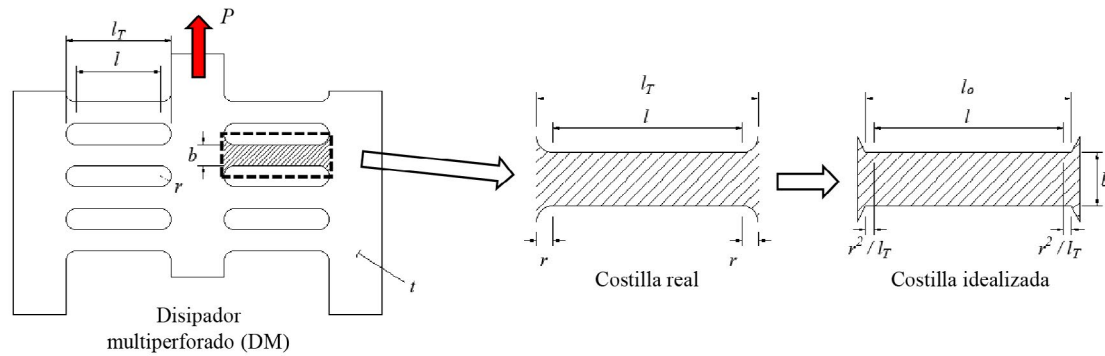


Figura 1. Características principales del dissipador propuesto e idealización de las costillas

vigas parcialmente empotradas y se deforman en doble curvatura. Bajo grandes desplazamientos, el momento flexionante puede causar que las fibras extremas rebasen el límite elástico y formen articulaciones plásticas en ambos extremos de la costilla.

Si se asume que el dispositivo tiene un comportamiento elasto-plástico perfecto, la carga de fluencia, P_y , puede determinarse con base en un análisis del mecanismo plástico cuando se forman articulaciones inelásticas en ambos extremos de las costillas. Esta carga es distribuida uniformemente en cada uno de las costillas, y el momento flexionante generado tiene una distribución lineal desde el centro del claro, donde el momento es cero, hasta los extremos, donde el momento es máximo.

En el caso de dissipadores multiperforados con costillas de sección no uniforme, se puede determinar el momento actuante sobre éstas, a una longitud x desde la mitad del claro, e igualarlo con el momento plástico M_p de la sección transversal a la misma distancia. Haciendo lo anterior en toda la longitud de la costilla, se supone que toda la longitud alcanza el momento plástico, por tanto, se puede obtener el ancho optimizado (b_x) a una distancia x . Lo anterior asume que la

costilla sólo está sujeta a momento flexionante; sin embargo, el esfuerzo cortante también es introducido en la costilla, por lo que se debe contar con un ancho mínimo para evitar una falla frágil antes de la formación de las articulaciones plásticas debido al momento flexionante.

3. Evaluación experimental del dispositivo

Se ensayaron un total de ocho especímenes bajo carga cíclica reversible. Cinco de los especímenes se sometieron a carga cíclica reversible de manera incremental, mientras que los tres restantes se sometieron a carga cíclica reversible de amplitud constante. Las propiedades geométricas y mecánicas de los especímenes se muestran en la Tabla 1, donde n es el número de costillas, $P_{y,c}$ y $P_{u,c}$ son la carga de fluencia esperada y la carga última esperada, respectivamente; $\delta_{y,c}$ es el desplazamiento de fluencia, y $K_{SD,c}$ es la rigidez elástica. También se muestra el tipo de prueba aplicado a cada espécimen. Se estudiaron tres configuraciones del dissipador propuesto: SD1, SD2 y SD3-NU. Éstos se muestran en la Figura 2. Los especímenes con la notación NU se diseñaron con costillas de sección no uniforme.

Tabla 1. Especímenes de prueba.

Espécimen	n	t (mm)	b (mm)	b/l_o	$P_{y,c}$ (kN)	$P_{u,c}$ (kN)	$\delta_{y,c}$ (mm)	$K_{SD,c}$ (kN-mm)	Tipo de prueba
SD1-I1	8	12.7	12.7	0.14	33.0	49.4	1.91	17.2	Incremental
SD1-I2									Incremental
SD1-C3	8	12.7	12.7	0.17	39.7	59.5	1.36	29.3	Amplitud constante
SD2-I1									Incremental
SD2-I2									Incremental
SD2-C3									Amplitud constante
SD3-NU-I1	8	12.7	12.3	0.14	31.0	46.4	2.97	16.0	Incremental
SD3-NU-C2									Amplitud constante

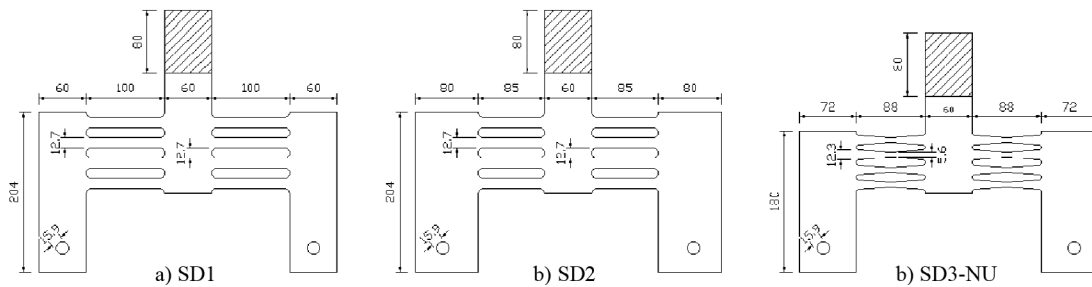


Figura 2. Croquis de especímenes de prueba

Una fotografía de la configuración del experimento se muestra en la Figura 3. Se perforaron dos orificios de 15.9 mm de diámetro en la parte inferior de los elementos verticales laterales de cada DM para conectar un sujetador de acero al disipador, mismo que fue sujetado por una mordaza del marco de carga. En la parte superior del disipador, aproximadamente a 80 mm del elemento central, los dispositivos fueron sujetos por una mordaza superior.

El protocolo de carga para las pruebas por amplitudes incrementales consistió de dos ciclos por cada desplazamiento objetivo. Se propuso un protocolo basado en la distorsión de la costilla, definida como la relación entre el desplazamiento al centro del disipador y la longitud total de la costilla. La relación entre un desplazamiento objetivo y el incremento subsecuente

fue entre 1.4 y 1.5, hasta una distorsión de 15%. Posteriormente, los incrementos se fijaron en 2.5% de distorsión hasta que se alcanzó la falla. Para las pruebas de amplitud constante, se propuso un protocolo de carga basado en una relación de ductilidad (μ) constante. Al principio de estas pruebas, se impusieron dos ciclos a una ductilidad de $\mu = 1$ y dos ciclos a $\mu = 2$ como procedimiento de evaluación del espécimen. Después, se impuso una amplitud de ductilidad constante de $\mu = 4$ hasta que se alcanzó la falla del espécimen. La ductilidad se definió como la relación entre el desplazamiento impuesto durante la prueba y el desplazamiento de fluencia basado en los resultados experimentales obtenidos de los ensayos cíclicos incrementales. En ambos tipos de prueba se consideró que se alcanzaba la falla cuando la carga máxima registrada disminuyó 20% o más.



Figura 3. Configuración del Experimento

4. Resultados y discusión

Las curvas de histéresis obtenidas de las pruebas cíclicas incrementales se muestran en las Figuras 4a-c y las envolventes de éstas se muestran en la Figura 4d. Como se puede observar, todos los especímenes desarrollaron ciclos de histéresis amplios y estables. Los especímenes SD1 perdieron su capacidad de carga después del primer ciclo aplicado a una distorsión de 0.2 rad, mientras que los especímenes SD2 sólo completaron el primer ciclo a la misma distorsión. La carga medida del espécimen SD3-NU-11 cayó ligeramente por debajo de 80% de la carga máxima registrada en el segundo ciclo a una distorsión de 0.3 rad. De la Figura 4d se puede notar que, a diferencia del resto de los especímenes, el espécimen SD3-NU-11 no exhibió una caída abrupta de su resistencia cerca de la falla, aún después de que se haya fracturado una costilla.

Para todos los especímenes, las distorsiones de fluencia experimentales fueron aproximadamente 3% de la longitud total (l_f) de la costilla. Las rigideces experimentales iniciales fueron muy similares a las rigideces elásticas teóricas.

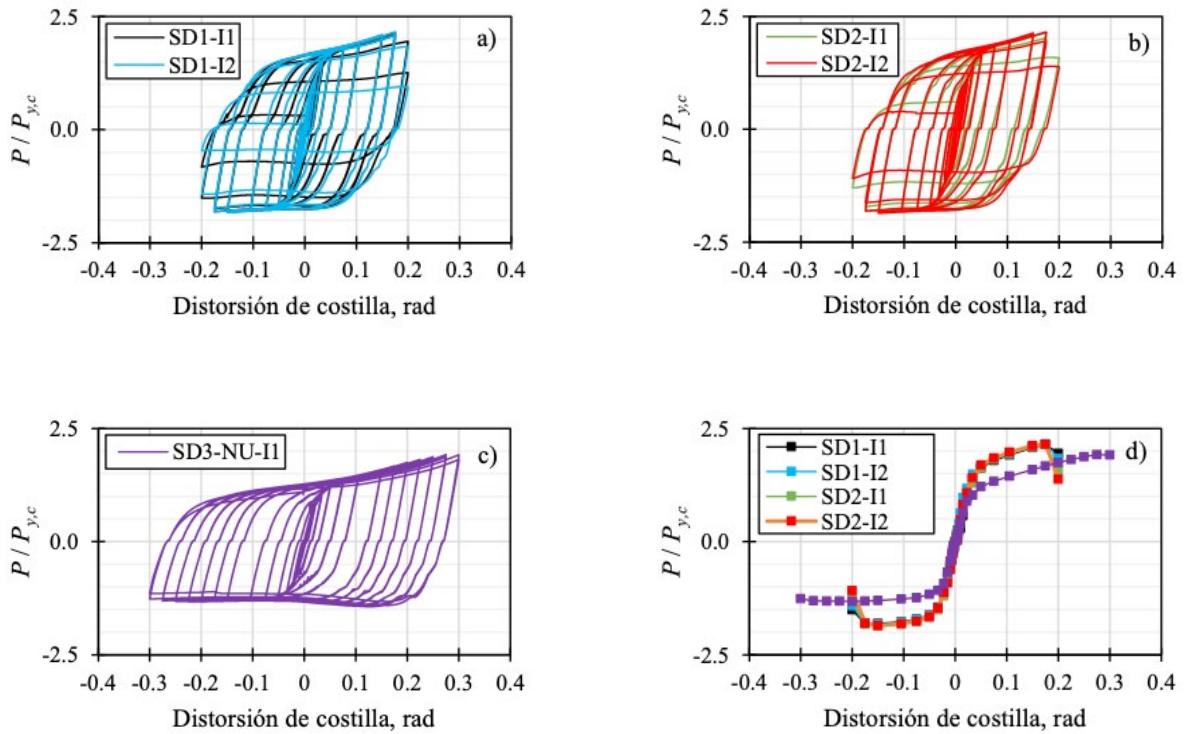


Figura 4. Curvas de histéresis

La rigidez inicial del espécimen SD3-NU-I1 fue similar a las de los especímenes tipo SD1. Esto sugiere que la rigidez elástica de un disipador con costillas de sección uniforme es similar a la de un disipador con costillas de sección no uniforme, siempre y cuando posean una relación de aspecto similar. Los especímenes con costillas uniformes desarrollaron una ductilidad promedio de 6.4, mientras que SD3-NU-I1 desarrolló una ductilidad promedio de 10.6, lo que pone en evidencia la principal ventaja de usar costillas no uniformes, que es incrementar significativamente la capacidad de deformación y de disipación de energía del DM.

Las curvas de fatiga de los especímenes se muestran en la Figura 5. El espécimen SD3-NU-C2 mostró un desempeño superior ante la fatiga, pues soportó 66 ciclos de carga. Su contraparte uniforme SD1-C3, que tiene una relación de aspecto similar, sólo aguantó 10 ciclos de carga. El espécimen SD2-C3 soportó 9 ciclos. Claramente se pueden ver las ventajas de usar costillas de sección no uniformes. Además de mejorar el desempeño ante la fatiga, el daño en el dispositivo se retrasó significativamente y se distribuyó a lo largo de las costillas, a diferencia de los especímenes SD1-C3 y SD2-C3 que presentaron daño mayormente concentrado en los extremos.

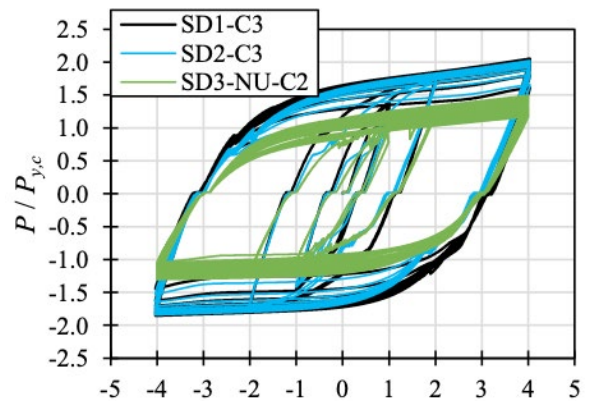


Figura 5. Curvas de Fatiga

Así mismo, la capacidad de carga de SD3-NU-C2 se redujo lentamente hasta la falla, aún con una costilla fracturada. Los especímenes SD1-C3 y SD2-C3 perdieron capacidad de carga inmediatamente después de la fractura de una costilla.

5. Conclusiones

Se presentó un disipador multiperforado que tiene como objetivo la protección de estructuras prefabricadas de concreto reforzado. Fue conceptualizado de tal manera que pueda ser instalado en la conexión trabe-columna y concentrar la mayor parte de la deformación plástica en sí mismo. Para verificar el desempeño del disipador propuesto, se realizaron pruebas cíclicas reversibles incrementales y uniformes en ocho especímenes. Los especímenes ensayados mostraron tener un comportamiento cíclico adecuado con ciclos de histéresis amplios y estables. Los especímenes con costillas de sección

no uniforme mostraron tener una capacidad de deformación y desempeño ante la fatiga superior a los disipadores con costillas de sección uniforme, lo que puede ser deseable para zonas sísmicas donde se esperan sismos de larga duración como en la Ciudad de México.

A pesar de que el disipador multiperforado propuesto ha demostrado ser un dispositivo de protección sísmica eficiente, su comportamiento aún no se ha evaluado en una conexión trabe-columna prefabricada real. La conceptualización del sistema trabe-columna y la evaluación teórica y experimental se llevarán a cabo en un estudio futuro y los resultados estarán disponibles próximamente.

Referencias

1. Javanmardi A., Ibrahim Z., Ghaedi K., Benisi Ghadim H., Hanif M. U. State-of-the-art review of metallic dampers: testing, development and implementation. Archives of Computational Methods in Engineering 27 (2020) 455-478.
2. Yang J., Lu Z., Li P. (2020). Large-scale shaking table test on tall buildings with viscous dampers considering pile-soil-structure interaction. Eng Struct. 220.
3. Chang K. C., Soong T. T., EERI M., Lai M. L., Nielson E. J. (1993). Viscoelastic dampers as energy dissipation devices for seismic applications. Earthquake Spectra 9 371-387.
4. Jaisee S., Yue F., Ooi Y. H. (2021). A state-of-the-art review on passive friction dampers and their applications. Eng Struct. 235.
5. Chan R. W. K., Albermani F. (2008). Experimental study of steel slit damper for passive energy dissipation. Eng Struct. 30 1058-1066.
6. Bergman D. M., Goel S. C. (1987). Evaluation of cyclic testing of steel-plate devices for added damping and stiffness, Report No. UMCE87-10, University of Michigan, Ann Arbor, Mich..
7. Kobori T., Miura Y., Fukusawa E., Yamada T., Takenake Y. (1992). Development and application of hysteresis steel dampers. In: Proceedings of 11th World Conference on Earthquake Engineering, 2341-2346.
8. Clark P., Aiken I., Kasai K., Ko E., Kimura I. (1999). Design procedures for buildings incorporating hysteretic damping devices. 68th Annual Convention SEAOC, 355-371.
9. Oh S. H., Kim Y. J., Ryu H. S. (2009). Seismic performance of steel structures with slit dampers. Eng Struct. 31 1997-2008.
10. Lee C. H., Ju Y. K., Min J. K., Lho S. H., Kim S. D. (2015). Non-uniform steel strip dampers subjected to cyclic loadings. Eng Struct. 99 192-204.
11. Naeem A., Kim J. (2019). Seismic performance evaluation of a multi-slit damper. Eng Struct. 189 332-346.



PREMIO UNIVERSIDAD NACIONAL 2022

Nuestras más sinceras felicitaciones al Dr. Germán Buitrón Méndez, por haberse hecho acreedor al Premio Universidad Nacional 2022, en el área de investigación en Ciencias Exactas, que otorga la Universidad Nacional Autónoma de México.

Germán Buitrón recibió la distinción de manos del Dr. Enrique Graue, rector de la UNAM, durante la ceremonia que tuvo lugar en el Teatro Juan Ruíz de Alarcón el pasado 28 de noviembre. |



PREMIO DE INVESTIGACIÓN 2022 PARA CIENTÍFICOS JÓVENES

Felicitemos a la Dra. Idania Valdez Vázquez por haber recibido el Premio de Investigación 2022 para Científicos Jóvenes en el área de Ingeniería y Tecnología que otorga la Academia Mexicana de Ciencias a aquellos científicos que han trabajado en México, cuyas investigaciones han tenido impacto en el país. ¡Enhorabuena! |

CONCURSO NACIONAL “DR. FERNANDO PRIETO”

La Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica otorgó el 2º. Lugar en el Concurso Nacional “Dr. Fernando Prieto” a Roberto Giovanni Ramírez Chavarría, Bryan E. Álvarez Serna y Ain – ek Balderas Zempoala por el trabajo titulado “*Molecularly Imprinted Polymer Paper-based Biosensor for Wireless Measurement of Sweat Glucose*”.

Este reconocimiento representa el impacto del trabajo desarrollado por el Dr. Ramírez y sus estudiantes en el campo de los biosensores y dispositivos biomédicos, a través de un dispositivo accesible que permite medir glucosa en sudor de forma inalámbrica. El Premio lo recibieron en el marco del XLV Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica. |



PUERTAS ABIERTAS EN EL INSTITUTO DE INGENIERÍA

La Dra. Rosa María Ramírez Zamora, directora del Instituto de Ingeniería, dio la bienvenida a Puertas Abiertas 2022, dijo -esta es una oportunidad por un lado, de mostrar nuestras capacidades e infraestructura con la que contamos, por otro, que los estudiantes conozcan lo que les ofrece este centro de investigación y en caso de estar interesados ponerse en contacto para ver la posibilidad de formar parte de nuestra comunidad, ya que una de nuestras funciones es formar profesionistas a través de nuestros proyectos de investigación-.

Puertas Abiertas es un evento tradicional, este año se llevó a cabo el jueves 24 de noviembre de manera Virtual debido a que, históricamente en el evento de Puertas Abiertas se han recibido entre 600 y 800 personas y consideramos que, a pesar de que la mayoría de la población estamos vacunados contra el Covid sigue siendo un riesgo reunir a tantas personas en un solo día.

En esta ocasión, participaron 20 laboratorios, se tuvo una nutrida audiencia y los investigadores contestaron las dudas de los jóvenes. Se elaboró un programa con un horario pre-establecido para que el público pudiera escuchar las pláticas que fueran de su interés. |



 **INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM**

PUERTAS ABIERTAS

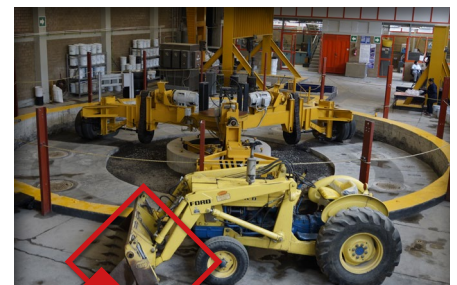
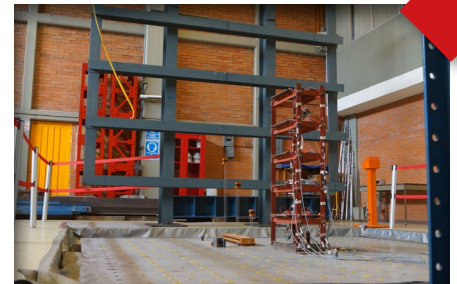
En el Instituto de Ingeniería, UNAM

MODALIDAD VIRTUAL

Jueves 24 de noviembre 2022 de 09:45 a 15:00 h

 Siga la transmisión del evento a través de:
<https://streaming.iingen.unam.mx/PuertasAbiertas>

Informes: Lic. Verónica Benítez VBenitezE@iingen.unam.mx 55 5623 3600 Ext.8112



CAFÉ ACADÉMICO

El 9 de diciembre se llevó a cabo el último Café Académico de este año.

La Dra. Rosa María Ramírez Zamora, directora del IIUNAM; dijo que el motivo principal de esta reunión es la entrega de medallas que otorga la UNAM al personal académico con 10, 25, 30, 35, 40 y 50 años de antigüedad en la UNAM, así como las medallas al Mérito Universitario; a todos ellos, los felicitamos calurosamente.

En esta ocasión, recibieron reconocimiento por antigüedad las personas que aparecen en la tabla de abajo:

Académico	Antigüedad
Yusef Zavalza Cabello	10
Mario Flores Guzmán	20
Francisco Javier Granados Villafuerte	20
Rosa María Ramírez Zamora	25
David Morillón Galvez	25
Eliseo Carrizosa Elizondo	25
Miguel Ángel Mendoza García	25
Oswaldo Flores Castrellón	25
Juan Manuel Morgan Sagastume	30
Carlos Máximo Aire Untiveros	30
Jaime García Pérez	30
Héctor Sandoval Gómez	30
William Vicente y Rodríguez	30
Gabriel Castillo Hernández	35
Javier Francisco Lermo Samaniego	35
Francisco Jose Chávez García	35
Jose Luis Rodríguez Pérez	35
Miguel Rodríguez González	40
Roberto Ernesto López Martínez	40
Lauro Santiago Cruz	40
Marco Florentino Ambriz Maguey	40
María Verónica Benítez Escudero	40
José Luis Fernández Zayas	45
Norberto Chargoy del Valle	45
Ramón Domínguez Mora	50
Francisco José Sánchez Sesma	50
María del Rosario Iturbe Arguelles	50

Mérito Universitario 25 años

Blanca Elena Jiménez Cisneros	25
Adalberto Noyola Robles	25
Martha María Suarez López	25
Jorge Aguirre González	25
Sonia Rosa Briceño Viloría	25
Germán Jorge Carmona Paredes	25
Adriana Palma Nava	25

Posteriormente, la doctora Ramírez les pidió a Rosario Iturbe, Ramón Domínguez y Francisco José Sánchez Sesma que dijeran unas palabras.

La primera en tomar la palabra fue Rosario Iturbe, quien comentó que lo máspreciado es trabajar en lo que nos gusta y si lo haces en el Instituto de Ingeniería y es en la UNAM, lo hace aún más especial. Si a esto le agregamos que he tenido la suerte de contar con un grupo de trabajo excepcional y que he podido convivir con mis cuates, lo hace todavía más maravilloso. A los jóvenes les aconsejo disfruten su estancia en el IIUNAM.

Ramón Domínguez por su parte, recordó al profesor Sánchez Bribiesca, a Echavez, Capella y González Villarreal, con ellos -dijo- hemos contribuido de manera importante al desarrollo de nuestro país. Mi agradecimiento al Instituto de Ingeniería y a la UNAM.

Francisco José Sánchez Sesma dijo “estoy muy emocionado de compartir este reconocimiento con grandes amigos; también, quisiera recordar a aquellos que ya no están con nosotros como Juan Dyer y Margarita López Herranz. Dicen que 20 años no es nada y 50 tampoco. He tenido la fortuna de poder jugar con lo que me gusta; a los jóvenes, al igual que Rosario, les recomiendo que disfruten el ambiente académico.

Es cierto que el IIUNAM está muy cambiado, ahora es una comunidad compleja, es un instituto muy grande, a muchos no los conozco y se ha llenado de formatos, pero a pesar de los trámites administrativos, el IIUNAM es un lugar especial en el que debemos fomentar la comunicación entre sus miembros.

Para finalizar, la doctora Ramírez envió un fuerte abrazo al personal académico del Instituto y a sus familias. |



DÉCIMA EDICIÓN DE LA FIESTA DE LAS CIENCIAS Y LAS HUMANIDADES

Por décima ocasión, se llevó a cabo la Fiesta de las Ciencias y las Humanidades de la UNAM; esta vez, con más de 190 actividades híbridas orientadas al desarrollo e investigación de la ciencia en el deporte; las cuales, se presentaron del 18 al 23 de octubre pasado en su edición 2022.

El evento, organizado por la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC) con apoyo de la Dirección General del Deporte Universitario (DGDU), además de las coordinaciones de la Investigación Científica y de Humanidades, busca crear un espacio libre para la divulgación de la información y el conocimiento, con la finalidad de acercar a los estudiantes y al público en general a los proyectos que se desarrollan en la Universidad.



carrera atlética de 5 y 10 km en modalidad tanto presencial como virtual. De igual forma, se realizó la presentación de diversas actividades recreativas y la colocación de stands lúdicos-informativos en la sede del Museo de Ciencias de la UNAM, Universum, en los cuales, los asistentes pudieron aprender más acerca de cómo funciona la ciencia dentro del deporte.

Por su parte, el Instituto de Ingeniería de la UNAM, participó mediante la exposición de videos informativos acerca del funcionamiento de sus Laboratorios y de algunas de sus investigaciones, así como la colocación de un stand en el que se brindó información acerca de los proyectos con los que trabaja el IIUNAM.

En esta edición, también, se contó con la participación de la Coordinación de Relaciones y Asuntos Internacionales (CRAI) de la Secretaría de Relaciones Internacionales de la UNAM, mediante la exposición virtual de tres encuentros magistrales con sedes de la UNAM en Boston, Los Angeles, Chicago, San Antonio, Tucson, Canadá, Costa Rica, Alemania, Sudáfrica y Reino Unido. |



Durante la ceremonia de inauguración virtual del evento, el Dr. César Domínguez Pérez, director general de Divulgación de la Ciencia, mencionó que la realización de la Fiesta ha logrado crear sinergias e impacto en los jóvenes, al fomentar la conciencia crítica. Mientras que el coordinador de la Investigación Científica, el Dr. William H. Lee Alardín, indicó que la realización de este evento es atinado para hacer una reflexión sobre el uso responsable y la difusión del conocimiento, así como la apertura de la educación superior a las nuevas generaciones; además de indicar que es relevante enfocar estas actividades al deporte después del impacto a la salud que ha provocado la situación pospandémica.

Durante esta fiesta, se llevaron a cabo exhibiciones de múltiples disciplinas deportivas así como la realización de una





La UNAM firma nuevos acuerdos transformativos para publicar trabajos de investigación

La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Public Library of Sciences (PLOS) anunciaron un acuerdo con vigencia de un año, que permitirá a los investigadores de la UNAM publicar en PLOS ONE y revistas seleccionadas de la misma editorial sin incurrir en cargos por procesamiento de artículos (APC). A este convenio, se suman las revistas de Springer Nature. Ambos convenios entrarán en vigor a partir de 2023.

Desde 2022, la UNAM, a través de la Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales de Información (DGBSDI), estableció acuerdos transformativos con seis editoriales más:

- Cambridge University Press
- De Gruyter
- International Water Association
- Microbiology Society
- The Company of Biologist
- Wiley

Los “Acuerdos transformativos” o “*Read & Publish*” (Leer y publicar) incluyen dos conceptos en el pago de una misma anualidad: acceso a los artículos (*Read*) publicados en las revistas de estas editoriales, y la publicación de artículos en Acceso Abierto en ellas (*Publish*) sin costo.

Esto significa que puedes someter tu artículo en alguna de las revistas de estas editoriales. Una vez aceptado, si elegiste la opción de Acceso Abierto, evitas el pago de cargo por publicar, conocido como *Article Processing Charges* (APC). Recuerda que es indispensable registrarte con tu afiliación y correo institucional.

Si quieres saber más, acércate a:

USI-Biblioteca Tel. 5556233613

Correo: usi@pumas.iingen.unam.mx

DGBSDI: <http://digitalab-ssie.unam.mx/acuerdos>

Correo: subses@dgb.unam.mx

Recuerda que también puedes visitar nuestras redes sociales



¡La USI continúa trabajando!



INSTITUTO
DE INGENIERÍA
UNAM



*Feliz
Navidad*

y muy próspero

Año Nuevo 2023

