

# GACETA

DEL INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM

**COORDINACIÓN  
DE INGENIERÍA  
ESTRUCTURAL**

Participación del IIUNAM  
en la construcción de partes  
especiales del Tren  
Interurbano México-Toluca

Estudios de ingeniería  
estructural para la  
protección y monitoreo  
de edificios históricos  
cercanos a la excavación  
del túnel para la Línea 3 del  
Tren Ligero de Guadalajara

Una mirada al riesgo sísmico  
de componentes no  
estructurales y algunas  
estrategias de mitigación

Beneficios de los disipadores  
de energía sísmica

Daños en edificio por sismo del 19 de septiembre de 2017



**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**

NÚMERO 134, NOVIEMBRE-DICIEMBRE, 2018

ISSN 1870-347X

Hace dos años se dedicó un número especial de la Gaceta del IIUNAM sobre la Coordinación de Ingeniería Estructural (Núm. 121, septiembre-octubre 2016). En ese número se hizo una descripción de las actividades desarrolladas por esta Coordinación, así como de los laboratorios con que cuenta. Los números subsecuentes se dedicaron a las otras Coordinaciones de nuestro Instituto. Aquellos interesados, las pueden descargar de la página del Instituto (<http://www.iingen.unam.mx/es-mx/Publicaciones/GacetaElectronica/Paginas/default.aspx>).

Este número, nuevamente, está dedicado a la Coordinación de Ingeniería Estructural. La Coordinación es una de las más grandes del Instituto, por lo que los proyectos teóricos, experimentales y prácticos que se desarrollan en ella abarcan diversas áreas de la Ingeniería Estructural, del comportamiento de los materiales y de los fenómenos naturales como sismo y viento. Está integrada por 19 investigadores, ocho técnicos académicos y cerca de cien becarios. Asimismo, tiene a su cargo tres laboratorios: el de Estructuras y Materiales, la Mesa Vibradora y el Túnel de Viento.

En este número se presentan cuatro artículos de interés general sobre algunas de las actividades desarrolladas en ella. Dos de ellos son proyectos emblemáticos que actualmente están en desarrollo, en los cuales interactúan diferentes miembros de la Coordinación: Participación del Instituto de Ingeniería en la construcción de puentes especiales del Tren Inter Urbano México-Toluca y Estudios de Ingeniería Estructural para la protección y monitoreo de edificios históricos cercanos a la excavación del túnel para la Línea 3 del Tren Ligero de Guadalajara. Los otros dos artículos son líneas de investigación que están desarrollando jóvenes investigadores: Una mirada al riesgo sísmico de componentes no estructurales y algunas estrategias de mitigación y Beneficios de los disipadores de energía sísmica

**Fernando Peña Mondragón**  
Coordinador de Ingeniería Estructural  
Instituto de Ingeniería, UNAM

## UNAM

Rector  
Dr. Enrique L. Graue Wiechers

Secretario General  
Dr. Leonardo Lomelí Vanegas

Secretario Administrativo  
Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez

Secretario de Desarrollo Institucional  
Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa

Secretario de Atención a la Comunidad Universitaria  
Dr. César Iván Astudillo Reyes

Abogada General  
Dra. Mónica González Contró

Coordinador de la Investigación Científica  
Dr. William H. Lee Alardín

Director General de Comunicación Social  
Mtro. Néstor Martínez Cristo

## IIUNAM

Director  
Dr. Luis A. Álvarez Icaza Longoria

Secretaría Académica  
Dra. Rosa María Ramírez Zamora

Subdirector de Estructuras y Geotecnia  
Dr. Efraín Ovando Shelley

Subdirector de Hidráulica y Ambiental  
Dr. Moisés Berezowsky Verduzco

Subdirector de Electromecánica  
Dr. Arturo Palacio Pérez

Subdirector de Unidades Académicas Foráneas  
Dr. Germán Buitrón Méndez

Secretario Administrativo  
Lic. Salvador Barba Echavarría

Secretario Técnico  
Arq. Aurelio López Espíndola

Secretario de Telecomunicaciones e Informática  
Ing. Marco Ambriz Maguey

Secretario Técnico de Vinculación  
Lic. Luis Francisco Sañudo Chávez

Jefe de la Unidad de Promoción y Comunicación  
Lic. Israel Chávez Reséndiz

## GACETA DEL IIUNAM

Editor responsable  
Lic. Israel Chávez Reséndiz

Reportera  
Lic. Verónica Benítez Escudero

Fotografías  
Archivo Fotográfico del IIUNAM  
Sandra Lozano Bolaños  
Natalia Cristel Gómez Cabral

Fotografía de portada  
*Daños en edificio por sismo del 19 de septiembre de 2017*  
M.I. María Laura Robles Avilés

Diseño  
Sandra Lozano Bolaños

Corrección de estilo  
Gabriel Sánchez Domínguez

Impresión  
Grupo Espinosa

Distribución  
Guadalupe De Gante Ramírez

## GACETA DEL IIUNAM

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

## PARTICIPACIÓN DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA EN LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES ESPECIALES DEL TREN INTERURBANO MÉXICO-TOLUCA

ROBERTO GÓMEZ MARTÍNEZ

El crecimiento de las Ciudades de México y Toluca, así como de sus zonas conurbadas ha generado una insuficiencia en los servicios de transporte, obligando a buscar nuevas alternativas. Una de ellas es un tren de pasajeros de mediana velocidad. Así pues, en 2014 iniciaron los trabajos del Tren Interurbano México-Toluca (TIMT), obra actualmente en construcción con una longitud aproximada de 57.7 km, 37 en el Estado de México y 20.7 en la Ciudad de México. Los municipios del Estado de México por donde atraviesa el trazo del tren son Toluca, Metepec,

San Mateo, Lerma y Ocoyoacac; mientras que las delegaciones en la CDMX por las que dicho trazo pasa son Cuajimalpa y Álvaro Obregón. El objetivo principal de este proyecto consiste en atender la problemática de transporte que se presenta en el corredor que abarca la Zona Metropolitana del Valle de Toluca, el tramo interurbano a lo largo de la carretera federal 15/15 D hacia la Ciudad de Toluca desde la Ciudad de México, y la zona de Santa Fe.

El TIMT se está desarrollando en tres tramos (Figura 1): Tramo 1 Zinacantepec-Lerma de 36 km, Tramo 2 BI-Túnel de 4 km y Tramo 3 Santa Fe-Observatorio de 17 km. El proyecto del tren contempla la construcción de dos estaciones terminales que son Zinacantepec (km 0+300) y Observatorio (km 57+634), así como cuatro intermedias conformadas por Pino Suárez (km 6+173), Tecnológico (km 13+258), Lerma (km 19+524) y Santa Fe (km 49+191). Se prevé que la demanda diaria de pasajeros sea de 230 mil en 2019 y de 540 mil en 2048. La velocidad promedio de operación será de 80 a 90 km/h, alcanzando una velocidad máxima de 160 km/h.



Figura 1. Trazo del Tren Interurbano México-Toluca

Cabe destacar que de la longitud total del proyecto, 4.54 km corresponden a vía en túnel, 48 km a vía elevada (viaducto) y 4.3 km a vía en superficie.

Las soluciones estructurales para la vía elevada (viaductos) incluyen sistemas prefabricados de concreto de sección cajón, dobles voladizos, viaductos mixtos formados por un cajón metálico más losa de compresión, armaduras metálicas y utilización de dovelas prefabricadas y viga lanzadora.

Además de las mencionadas soluciones generales, existen otras particulares como el Viaducto 6, Puente Arco y Puente Delta. Dada su complejidad, el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM), ha colaborado de forma importante para su construcción y control de calidad de las mismas, así como para el aseguramiento del control de calidad durante su montaje final. Específicamente, en el tramo I se participa bajo convenio de colaboración en los trabajos de "Apoyo técnico especializado en aspectos estructurales del

proyecto ferroviario de pasajeros México-Toluca en el tramo Zinacantepec-Desierto de los Leones". A continuación se describen las soluciones particulares mencionadas:

i) Viaducto 6. Con longitud total de 120 m repartidos en tres claros de 36, 48 y 36 m (Figura 2); se localiza justo al inicio de la vía, en la zona de salida de cocheras y talleres del TIMT en el municipio de Zinacantepec, Estado de México.

La superestructura metálica está conformada por dos cuerpos de cajones metálicos con almas inclinadas y una losa superior de concreto. Por su alineamiento en curva y configuración geométrica de los cajones, se tuvo un alto grado de dificultad en la fabricación de los diferentes elementos de cada claro, ya que se requería gran exactitud en la fabricación en taller y ensamble final en campo. Previo al montaje final se tuvieron que realizar adecuaciones/reparaciones con el objeto de cumplir con las tolerancias de construcción de la normativa aplicable.



Figura 2. Viaducto 6, Tren Interurbano México-Toluca

El IUNAM participó en este puente en la etapa final de montaje (de noviembre 2016 a febrero 2017), ya que los diferentes segmentos habían sido fabricados previamente. Por sus condiciones de carga y diseño algunas conexiones soldadas de la estructura se han considerado como Miembros a Fractura Crítica (FCM, Fracture Critical Members), lo que implica un estricto control de calidad en su fabricación. Este viaducto ya se encuentra terminado y es utilizado para las pruebas del tren en movimiento.

ii) Puente Arco. Se ubica en el municipio de Lerma, Estado de México. Es una estructura metálica en arco tipo *bow-string* (Figura 3), su peso total es de 780 t. El claro del puente tiene una longitud de 100 m, la altura máxima del arco es de 21.3 m y la longitud total del mismo es de 101.21 m.

La fabricación del “Puente Arco” inició en enero de 2017 en talleres ubicados en Benito Juárez, municipio aledaño a la ciudad de Monterrey. Un año después se embarcó hacia la obra el último componente de la superestructura metálica. Al igual que el Viaducto 6, algunas de sus conexiones soldadas también se consideraron como Miembros a Fractura Crítica.

En abril de este año inició en la obra el ensamble de componentes estructurales. El proceso constructivo indica que el arco en su totalidad debe ser armado sobre el terreno y después debe ser izado y colocado en estructuras provisionales, para al final deslizarlo lateralmente hacia su posición definitiva. Para esto último se requiere de unas

vigas auxiliares que unan los apoyos extremos del arco y los apoyos definitivos sobre el trazo del tren. Lo anterior implica el desarrollo de una cinemática de montaje. Actualmente la superestructura presenta un avance de 90% en su proceso constructivo.

iii) Columna Delta. La estructura metálica es auxiliar y se construye para poder librar un claro de 128 m. Este puente forma parte del viaducto 4 del tramo I y se ubica en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México. La Delta está formada por dos columnas de acero estructural de sección rectangular de 4x5 m, de 53.75 m de longitud, inclinadas a 65.5° (Figura 4). La altura del terreno hasta la parte superior del cabezal es de 60 m. Cada columna pesa 293 t y se ensamblan sobre el terreno mediante 8 segmentos unidos por soldadura. Estos segmentos se fabricaron en un taller ubicado en Tala, municipio aledaño a la ciudad de Guadalajara. Una vez ensambladas las columnas se giran sobre uno de sus extremos (rótula) hasta alcanzar una forma de “V” invertida. Las columnas se unen en la parte superior mediante un cabezal de concreto de 12.6x15.1 m el cual se cuela sobre una cimbra metálica una vez que las dos columnas han sido colocadas (abatidas) en su posición definitiva. Hasta la fecha se trabaja en el colado del cabezal para que una vez terminado se proceda a colocar mediante viga lanzadora la trabe de 128 m sobre la que se desplazará el tren. El montaje de la Delta presenta un avance de 80% en su proceso constructivo.



Figura 3. Puente Arco, Tren Interurbano México-Toluca



Figura 4. Puente Delta, Tren Interurbano México-Toluca

Los trabajos que realiza el IIUNAM como entidad de control en los tres puentes descritos están referidos al proyecto ejecutivo aprobado por la SCT, sin embargo, en caso de que existan aspectos que puedan representar una mejora de la obra u optimizar los tiempos de construcción sin reducir la calidad, seguridad y durabilidad, el IIUNAM informará oportunamente a la dependencia sustentándolo debidamente. Dada la gran cantidad de soldadura aplicada, una parte de los trabajos desarrollados consisten en la verificación y seguimiento de la fabricación y ensamble de los elementos metálicos durante la construcción de las superestructuras, así como la verificación y aseguramiento de la calidad durante su ensamble final y montaje. Adicionalmente, se desarrollan modelos matemáticos para realizar análisis que simulen condiciones de carga como las que serán utilizadas durante las etapas de construcción y

montaje de las superestructuras. También, estos modelos se utilizan para proporcionar estimaciones de los valores de los diferentes parámetros característicos de las superestructuras. Una vez elaborados y calibrados los modelos matemáticos, sus resultados se utilizan para emitir recomendaciones de trabajos que sean necesarios para mejorar la seguridad estructural de los puentes durante los diferentes procesos de izaje, abatimiento y montaje, así como para las diferentes etapas de construcción. De ser necesario se emiten las recomendaciones necesarias para la realización de dichos trabajos. Cuando es el caso, el IIUNAM informa a la SCT si se requieren efectuar trabajos complementarios para garantizar la seguridad estructural de los puentes. De esta manera el IIUNAM colabora en proyectos de gran relevancia para mejorar la infraestructura del país. |

**REDES SOCIALES DEL IIUNAM**

-  <https://www.facebook.com/InstitutoIngenieriaUNAM>
-  <https://twitter.com/IIUNAM>
-  <https://www.youtube.com/user/IINGENUNAM>
-  <https://www.linkedin.com/company/instituto-de-ingenier-a-de-la-unam>
-  <https://www.instagram.com/iunam>
-  <https://plus.google.com/102848256908461141106>

## ESTUDIOS DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL PARA LA PROTECCIÓN Y MONITOREO DE EDIFICIOS HISTÓRICOS CERCANOS A LA EXCAVACIÓN DEL TÚNEL PARA LA LÍNEA 3 DEL TREN LIGERO DE GUADALAJARA

ABRAHAM R. SÁNCHEZ RAMÍREZ,  
MIGUEL RODRÍGUEZ Y ROBERTO MELI

La excavación de túneles de gran diámetro es una opción que se vuelve cada vez más común para resolver problemas de tráfico y de drenaje urbanos. Al extraer grandes volúmenes de suelo se producen reacomodos que dan lugar a asentamientos del terreno, los que pueden afectar las redes subterráneas de servicios, así como de los edificios aledaños. Los efectos pueden ser particularmente severos en los edificios históricos, que son típicamente de mampostería de piedras naturales, por tanto, están demasiado expuestos a agrietamientos y desplomes que los hacen más vulnerables a los eventos sísmicos. Por ello, los proyectos de construcción de túneles urbanos deben incluir medidas para reducir al mínimo las alteraciones del subsuelo en la vecindad de esos edificios. En Guadalajara se ha estado desarrollando un sistema de transporte urbano denominado Tren Eléctrico Urbano de Guadalajara, del cual actualmente está en construcción la línea 3, la que une los municipios de Zapopan, Guadalajara y Tlaquepaque e incluye un tramo subterráneo de casi 5 km de longitud que implica la excavación de un túnel de 10.6 m de diámetro, con cinco estaciones subterráneas con profundidad media de 25 m. El túnel se ha excavado con una máquina tuneladora de escudo que mide alrededor 110 metros de largo y pesa 2300 t. El equipo excava, remueve el escombros y coloca el revestimiento de túnel constituido de dovelas prefabricadas de concreto.

La parte más crítica del tramo subterráneo es aquella en la que la clave del túnel, atraviesa el centro histórico de la ciudad, siguiendo el trazo de la calle de Alcalde, a pocos metros de las fachadas de los tres principales templos de la ciudad: el de San José de Gracia, el de San Francisco y la Iglesia Catedral. En total, en las cuadras que costean esa calle, el Instituto Nacional de Arqueología e Historia (INAH) identificó 20 edificios

antiguos y el Instituto Nacional de Bellas Artes (INBA), 30 de valor patrimonial. Ambas autoridades, exigieron a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes que contara con el apoyo del Instituto de Ingeniería para el diagnóstico de la integridad de los edificios históricos que podrían verse afectados por la excavación del túnel y para definir las acciones preventivas y correctivas que redujeran la vulnerabilidad de los edificios históricos, particularmente de los tres templos principales ante los asentamientos que pudieran producirse en el suelo. Para ello, se realizaron los estudios de ingeniería estructural que se describen en este artículo de manera coordinada con los estudios de carácter geotécnico que se resumen en el trabajo de Ovando y Botero, 2016.

Se realizaron levantamientos topográficos, así como mediciones de desplomes de los elementos de soporte y del estado de agrietamiento y de daños de todos los elementos estructurales. Se concluyó que los tres templos habían sufrido, en distintas épocas, daños debidos a los asentamientos del subsuelo y a los sismos. En los tres había evidencias de reparaciones previas de los daños y de reposición de algunos elementos dañados, pero sin que se hubiese logrado una reducción significativa de la vulnerabilidad sísmica.

En la Catedral, los asentamientos diferenciales estaban inclinados hacia afuera por el coceo ejercido por los arcos y bóvedas de la cubierta, lo que produjo un incremento del claro de la cubierta, con los consiguientes agrietamientos en la clave de los arcos. Además, los campanarios de ambas torres mostraban fuertes agrietamientos, por ello, se consideró necesario que se consolidara la mampostería de sus torres y que se les colocaran zunchos horizontales de acero. En el templo de San José de Gracia, las columnas centrales del nártex presentaban grietas verticales en sus sillares, al igual que las columnas del tambor de la cúpula. Se requirió la consolidación de la mampostería de sillares, lo mismo para las columnas del tambor; además, de la colocación de un anillo de confinamiento en su base de la cúpula. En el templo de San Francisco, los daños más importantes son consecuencia de los asentamientos diferenciales y de los desplomes de los muros. Entre las medidas preventivas que se recomendaron, destacan la consolidación de la mampostería de los muros y de las columnas de las torres con su confinamiento mediante zunchos de placa de acero.

El proyecto ejecutivo de las intervenciones de reforzamiento de los tres templos, así como la supervisión de las mismas, fueron realizados por el Instituto de Ingeniería; paralelamente, la compañía constructora del túnel llevó a cabo

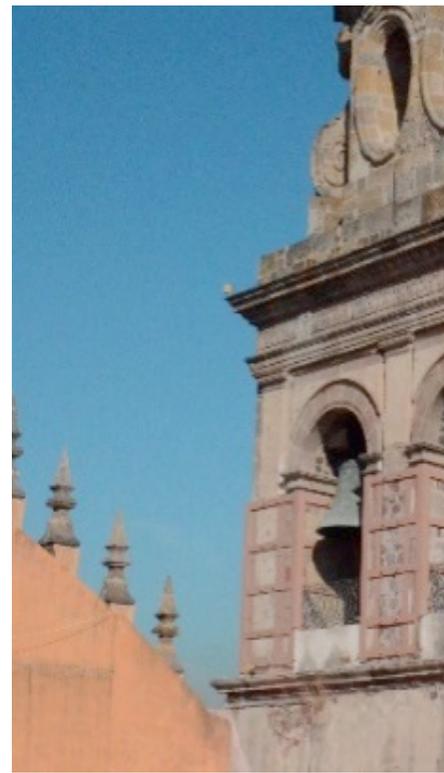


Figura 1. Iglesia Catedral Reforzamiento con zunchos de acero de columnas del Templo de San Francisco

una serie de acciones preventivas para limitar los efectos de la excavación del túnel sobre los tres templos y sobre otros edificios catalogados, limítrofes.

Para dar seguimiento al comportamiento estructural de los edificios durante las obras de protección y las de excavación del túnel, se instaló y operó un sistema de monitoreo a base de una red integrada por un conjunto de sensores de alta precisión, así como por un equipo automático de topografía, con los que se registran los movimientos verticales y horizontales de más de un centenar de puntos de referencia instalados sobre cada estructura. Las vibraciones producidas durante las demoliciones de los pavimentos, y para hincado de columnas y muros de protección originaron agrietamientos en algunas construcciones aledañas de muros de adobe o de mampostería de piedras naturales. En todos los casos las construcciones afectadas mostraban huellas de daños previos debidos a asentamientos del terreno y que habían sido reparados. En los tres templos que se habían reforzado, los efectos de las obras preliminares y del paso de la tuneladora se limitaron

a la reapertura de algunas fisuras y los asentamientos diferenciales. El monitoreo de los asentamientos y desplomes dio las bases para definir algunas precauciones adicionales durante la excavación del tramo aledaño a los templos.

En el templo de San Francisco, cuando la tuneladora abandonaba el sitio, comenzaron a fluir grandes cantidades de agua subterránea por debajo de la esquina noreste del templo, lo que impidió durante casi tres meses el avance de la excavación. Para resolver estos problemas, se llevaron a cabo inyecciones de lodos de cemento, y se construyeron barreras de pilotes y muros de Milán. Al alejarse la tuneladora los asentamientos se detuvieron.

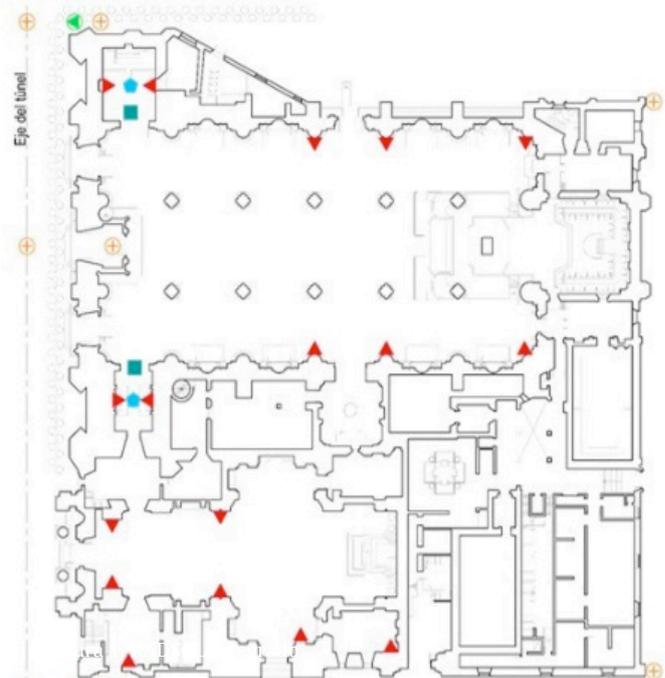
Dada la situación de vulnerabilidad de los tres templos ante sismos intensos, se realizaron mediciones de la vibración ambiental en diversos sitios cercanos a cada templo para obtener las propiedades dinámicas de los estratos del subsuelo en las inmediaciones de cada templo y así determinar las características de los movimientos del terreno durante sismos y las posibles modificaciones que pueden tener debido a la interacción



Figura 2. Escudo de la tuneladora. Instrumentación automatizada utilizada para el monitoreo del desempeño de la Catedral durante la obra

con las tres estructuras. Además, se hicieron mediciones de vibración ambiental en distintos puntos de la azotea de los templos, para obtener las frecuencias naturales de vibración de la estructura y averiguar si el agrietamiento que presentan los muros y las bóvedas, llega a alterar la transmisión de las ondas entre las distintas partes de la estructura. Los estudios muestran que las estructuras no han tenido modificaciones por las obras del túnel, que pudiesen incrementar la amplitud de las vibraciones inducidas por los sismos.

Se considera que los trabajos de reparación y rehabilitación ayudaron a limitar los efectos de los asentamientos producidos por los trabajos de tratamiento del suelo y la posterior excavación del túnel. Sin embargo, en cada uno de los tres templos se requiere una rehabilitación integral para que alcancen los niveles de seguridad sísmica requeridos para este tipo de edificación. Es esencial continuar el monitoreo por lo menos un año más para evaluar el efecto del tráfico de los trenes sobre los tres templos y sobre el resto de las construcciones históricas de la zona.



# UNA MIRADA AL RIESGO SÍSMICO DE COMPONENTES NO ESTRUCTURALES Y ALGUNAS ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN

MIGUEL A. JAIMES TÉLLEZ

Los eventos sísmicos recientes muestran que los componentes no estructurales y equipos en muchas instalaciones importantes como fábricas de alta tecnología, hospitales, centros de respuesta de emergencia, centros de datos y de control de tráfico aéreo, laboratorios de ciencias, refineries y parques eólicos son altamente vulnerables a la interrupción del servicio debido al mal funcionamiento o daño del equipo crítico. Además, los elementos no estructurales y contenidos juegan un papel importante en la ingeniería basada en el desempeño debido a que el daño para varios elementos no estructurales (tuberías, mallas de techo, caída de plafones y otros) y/o contenidos (equipos, muebles, esculturas y otros) en algunas construcciones se dispara para niveles de desplazamientos (implica distorsiones) o intensidades menores que aquellas requeridas para inducir daño estructural en las mismas construcciones. Aquí se presenta una mirada de algunos de los avances en el estudio

del comportamiento, en la vulnerabilidad y en el riesgo de contenidos, así como equipos fuera y dentro de las construcciones debidas a la acción sísmica. Al mismo tiempo, se establecen recomendaciones de medidas de mitigación para esos elementos basados en estudios costo-beneficio (C/B). Este vistazo al riesgo sísmico de componentes no estructurales se muestran considerando tres ejemplos ilustrativos: 1) (C/B) de barricas de vino considerando diferentes estrategias de mitigación, 2) riesgo de volcamiento de equipos eléctricos simplemente apoyados en su cimentación, anclados o apoyados en un aislador de base y 3) comportamiento de contenidos y esculturas en edificios considerando efectos asociados a la interacción suelo-estructura implementando también algunas estrategias de mitigación.

## Análisis costo beneficio (C/B) de medidas de mitigación para apilamiento de barriles de vino

La evidencia sísmica del pasado muestra que las fallas en los contenedores de almacenamiento de vino no sólo provienen del daño estructural a los almacenes, sino también de un comportamiento inadecuado del equipo de almacenamiento del vino. Por lo anterior, en 2017 se condujo un análisis C/B de tres estrategias de medidas de mitigación para apilamiento de barriles de vino, con apilamientos que van desde tres a seis niveles de barricas, sujetos a movimientos

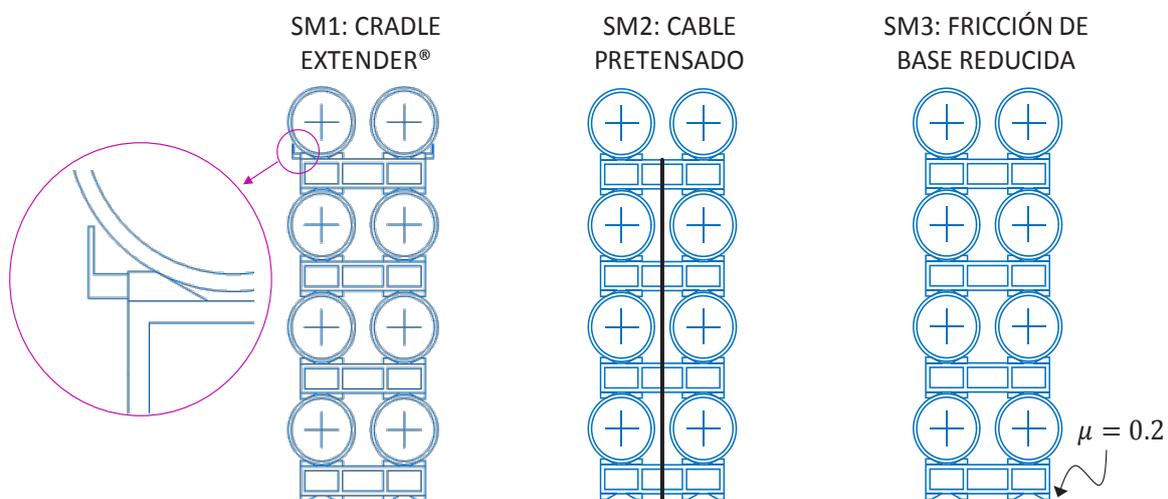


Figura 1. Imagen de las estrategias de mitigación de riesgo mostradas en una pila de barriles de vino de cuatro niveles: a) Cradle Extender o SM1, b) cable pretensado o SM2 y c) fricción base reducida o SM3

sísmicos del suelo (Jaimes *et al.* 2018a). Estas estrategias de mitigación o sistemas de mitigación (SM), consistieron en: i) un sistema denominado Cradle Extender® (una cuña colocada en la parte superior del apilamiento, fig. 1a) o SM1; ii) un cable pretensado fijo que va de la parte inferior a la superior de las barricas o SM2 (fig. 1b) y iii) un sistema de interface de fricción de base reducida o SM3 (fig. 1c). Los resultados de este análisis mostraron que las estrategias de mitigación SM1 o SM2 ayudan a evitar un gran número de caídas de barriles de vino en cada pila, por tanto, la inversión de reforzamiento se justifica económicamente.

## Estudio del riesgo sísmico de volcamiento de equipo eléctrico

Los terremotos ocurridos en nuestro país en 2017 (sismo del 7 de septiembre con magnitud Mw 8.2 y el sismo del 19 de septiembre con magnitud Mw 7.1) exponen que las plantas de energía eléctrica son altamente vulnerables a interrumpir el servicio eléctrico resultante del daño en equipos como transformadores, estaciones de control y otros. Estudios sobre casos de fallas en centrales eléctricas durante sismos pasados han mostrado que el colapso del equipo eléctrico provoca no sólo pérdidas económicas directas debido a los costos de reparación y reemplazo de equipos dañados, sino también impactos socioeconómicos indirectos

como consecuencia del corte de energía. Por ejemplo, en el sismo del 7 de septiembre de 2017 de magnitud Mw 8.2, de profundidad intermedia de falla normal, ningún daño estructural fue reportado en la Refinería de Salina Cruz, Oaxaca, después del sismo; esta es la refinería más grande de México con una capacidad instalada de 330,000 barriles por día. Sin embargo, el sismo indujo desplazamientos laterales en los generadores eléctricos que alimentan la planta. Como resultado, la planta se cerró como precaución y la operación se reanudó casi 2.5 meses después, pero a menos de 70% de su capacidad. Por lo anterior, es necesario prevenir la interrupción del servicio de estos sistemas en el momento del desastre. Ellos deben continuar operando para atender la emergencia y las necesidades de la población. Es importante destacar que las normas actuales de diseño sísmico proporcionan recomendaciones, generalmente en forma de análisis pseudo-estáticos. Sin embargo, no existen pautas para evaluar la tasa anual de falla o para estimar la probabilidad de falla durante la vida útil de los equipos. En respuesta a la necesidad de esas guías, en Jaimes *et al.* (2018b) se evalúa la respuesta sísmica de equipos tales como transformadores, generadores de energía o gabinetes de control, con el fin de estimar su riesgo sísmico de volteo. Se consideran en el análisis tres diferentes configuraciones de equipos (figura 2): 1) equipo simplemente apoyado sobre una base fija o SM1 (figura 2a), 2) equipo anclado a una base fija o SM2

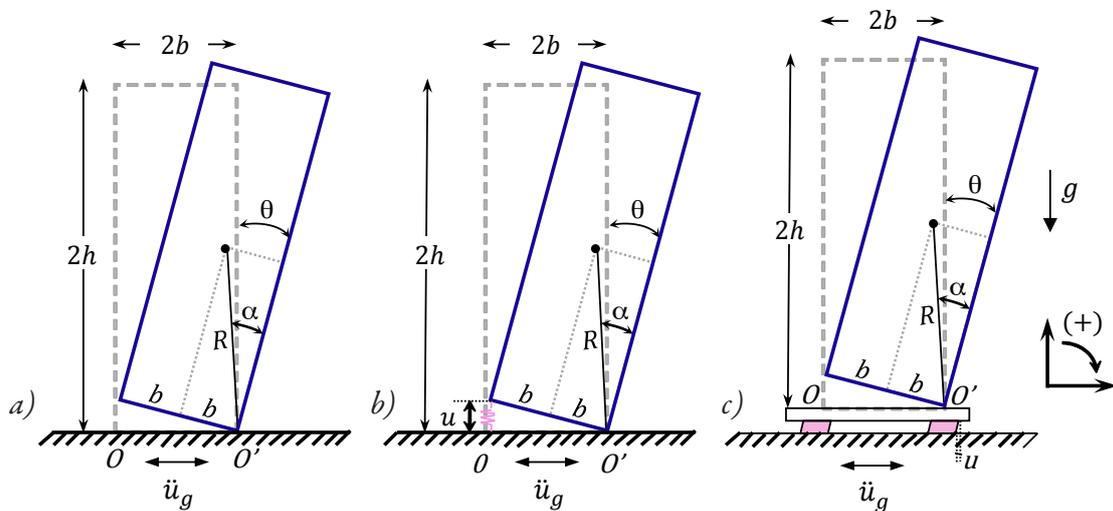


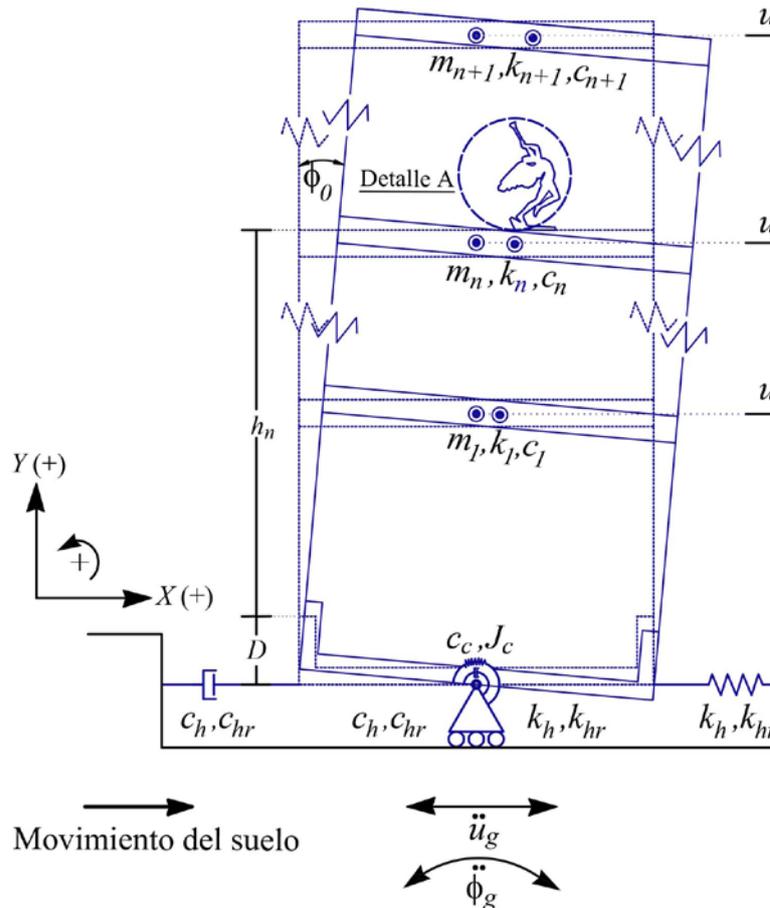
Figura 2. Vista esquemática del equipo eléctrico sujeto a movimientos sísmicos del suelo  $\ddot{u}_g$ , que genera cierta rotación angular  $\theta$ : a) equipo simplemente apoyado sobre una base fija o SM1, b) equipo anclado a una base fija o SM2 y c) equipo simplemente apoyado en un aislador de base sísmica o SM3

(figura 2b) y 3) equipo simplemente apoyado en un aislador de base sísmica o SM3 (figura 2c). Nótese que una sencilla estrategia de mitigación es mantener el equipo simplemente apoyado (SM1), pues se ha observado que para ciertas configuraciones del equipo o contenido, un adecuado comportamiento sísmico se logra bajo esta condición. El estudio mencionado utiliza el entorno sísmico mexicano para ilustrar el efecto de movimiento sísmico del suelo  $\ddot{u}_g$  de fuentes sísmicas cercanas y lejanas en las funciones de fragilidad (relación probabilidad de falla vs intensidad sísmica) para las tres configuraciones. Se proporcionan recomendaciones de diseño para el tipo de medida de mitigación de vuelco apropiada para estos diferentes entornos sísmicos. Finalmente, ese estudio proporciona valores de referencia del riesgo sísmico de volcamiento (fuentes sísmicas cercanas y lejanas) dado por las tasas anuales de falla, que varía principalmente con el ángulo de bloque  $\alpha = \tan^{-1}(b/h)$  y tamaño del bloque  $R = \sqrt{b^2 + h^2}$ . La aplicación de esta metodología a otros entornos sísmicos es sencilla.

### Comportamiento dinámico de equipos o esculturas en edificaciones considerando la interacción dinámica suelo-estructura

En general, como se ha mostrado en el análisis del comportamiento de apilamiento de bloques (caso de barriles de vino) y de equipos (transformadores, generadores de energía o gabinetes de control) entre otros, se observa que estos están localizados a nivel del suelo. Sin embargo, muchos otros contenidos y componentes no estructurales están dentro de las construcciones, localizados a diferentes niveles de piso de una construcción, por lo que otros efectos inducidos por la edificación deben ser considerados tales como la interacción dinámica suelo-estructura (IDSE) y la respuesta no lineal de la estructura, entre otros, para conocer cómo estos efectos podrían influir en el comportamiento sísmico de los componentes no estructurales (Jaimes *et al.* 2017). En el caso de IDSE, existen dos efectos como resultado de la presencia de una construcción desplantada en suelo blando: 1) la interacción cinemática que es resultado en el medio de propagación de la onda sísmica por densidad y elasticidad diferente debido a la presencia de la cimentación y 2) la interacción inercial debido al efecto del acoplamiento dinámico entre la construcción y su apoyo, cada una con propiedades elásticas e inerciales

propias, comportándose como un único sistema dinámico. En la figura 3 (izquierda) se muestra un esquema general del efecto de IDSE sobre equipos o contenidos (esculturas) en una edificación. El resultado de un análisis de la influencia de los efectos de la IDSE (Jaimes *et al.* 2017) mostró que la IDSE afecta el comportamiento de contenidos, esculturas en construcciones con base flexible provocando el volteo en niveles inferiores, acentuándose en niveles superiores, donde antes no se presentaba el volcamiento y cambiando la dirección de volcamiento, respecto al comportamiento que tendrían en construcciones con base rígida o desplantados en suelo firme. Finalmente, similar que en los ejemplos previos, se pueden generar recomendaciones de diseño para implementar SM apropiadas para el componente no estructural en estudio considerando la dinámica estructural de la construcción. Algunas de estas se ilustran en la figura 3 (derecha), tales como: a) SM1: mantener simplemente apoyada la escultura sobre una base fija, b) SM2: anclar la escultura



a una base fija y c) SM3: apoyar la escultura en un aislador de base sísmica.

## Agradecimientos

El autor agradece a las estudiantes Diana Robles, Paula Trejo y Eduardo Magos por las modificaciones de algunas de las figuras.

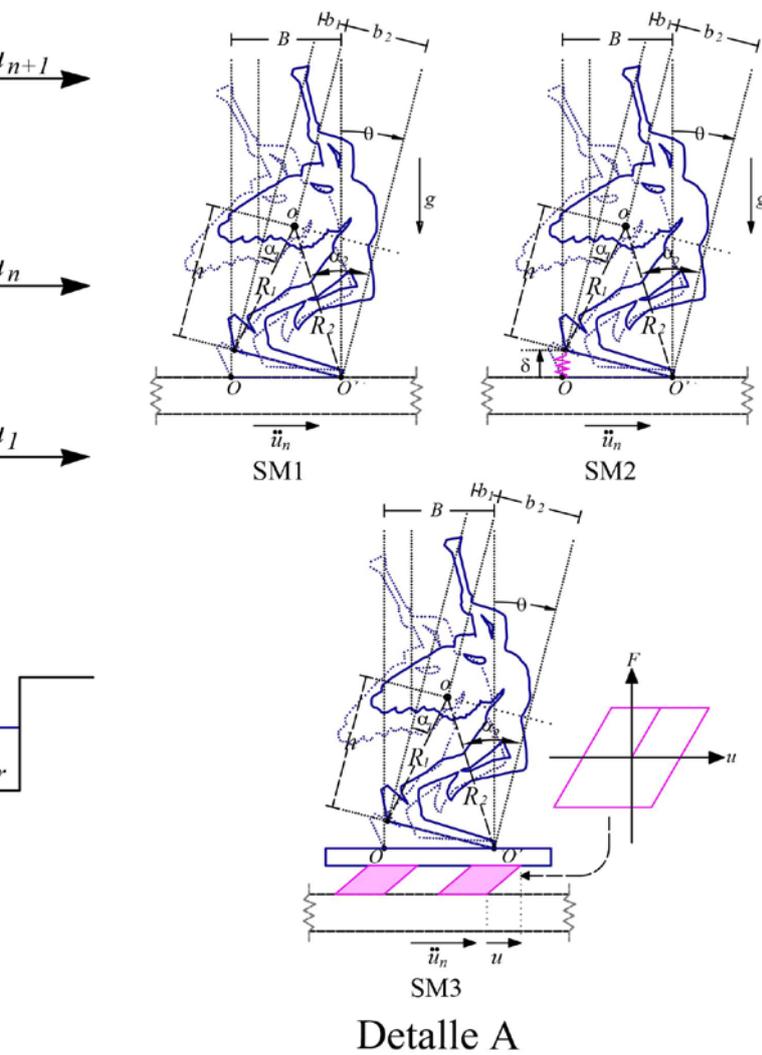


Figura 3. Esquema general del efecto IDSE sobre equipos o esculturas dentro de edificaciones: a) componente no estructural simplemente apoyado sobre una base fija o SM1, b) componente no estructural anclado a una base fija o SM2 y c) componente no estructural simplemente apoyado en un aislador de base sísmica o SM3

## Referencias

- Jaimes, M. A., Candia, G. y Favier P. (2018a). Cost-benefit analysis of seismic mitigation measures for wine barrel stacks, *Earthquake Spectra*, 34(1), 283-299.
- Jaimes, M. A. y Candia, G. (2018b). Toppling of rigid electric equipment during earthquakes, *Engineering Structures*, 168, 229-242.
- Jaimes, M. A., Fernández-Sola, L. R. y Arredondo, C. (2017). Rocking of non-symmetric rigid blocks in buildings considering effects associated with dynamic soil-structure interaction, *Journal of Earthquake Engineering*, 1-28.

# BENEFICIOS DE LOS DISIPADORES DE ENERGÍA SÍSMICA

## HÉCTOR GUERRERO BOBADILLA

Cuando un terremoto de gran magnitud ocurre, es común observar grandes pérdidas (humanas y económicas). Los daños que se generan se pueden clasificar en estructurales, no estructurales y pérdidas de contenidos. Los dos primeros son ocasionados, principalmente, por las grandes deformaciones que se inducen en las estructuras y que resultan difíciles de acomodar (figura 1a y b); mientras que las pérdidas en contenidos están asociadas a los valores de aceleraciones y velocidades de piso que ocurren en una estructura durante el movimiento sísmico. Una alternativa efectiva para reducir o mitigar las pérdidas producidas por el fenómeno sísmico es el uso de sistemas de protección sísmica, en particular, los disipadores de energía.

En la actualidad, varios estudios [1] sugieren que las pérdidas económicas por daños en elementos no estructurales, en contenidos o en pérdida de funcionalidad, pueden ser mucho más caros que los daños estructurales. Por otro lado, varios expertos opinan que la sociedad actual ya no es tan tolerante a daños por sismos, por lo que la cultura en general está encaminándose a la creación de una sociedad resiliente, es decir, una sociedad que es capaz de volver a sus actividades cotidianas de manera rápida después de un fenómeno natural intenso. Otra vez, se vuelve evidente que el uso de sistemas de protección sísmica es una alternativa efectiva para poder llegar a una sociedad resiliente a través de la mitigación de daños tanto estructurales como no estructurales, así como de contenidos. También, muy importante, se evita la pérdida de funcionalidad.

Durante los últimos años, en el Instituto de Ingeniería (IIUNAM), hemos estudiado los beneficios de los disipadores de energía sísmica en las estructuras. Se han encontrado gran cantidad de beneficios que a veces no son evidentes pero que ayudan mucho a las estructuras. A continuación, se enlistan algunos de ellos:

- Reducen las deformaciones en las estructuras. De acuerdo con pruebas experimentales en mesa vibradora de modelos de edificios con y sin disipadores de energía sísmica [2, 3], se ha observado que los disipadores

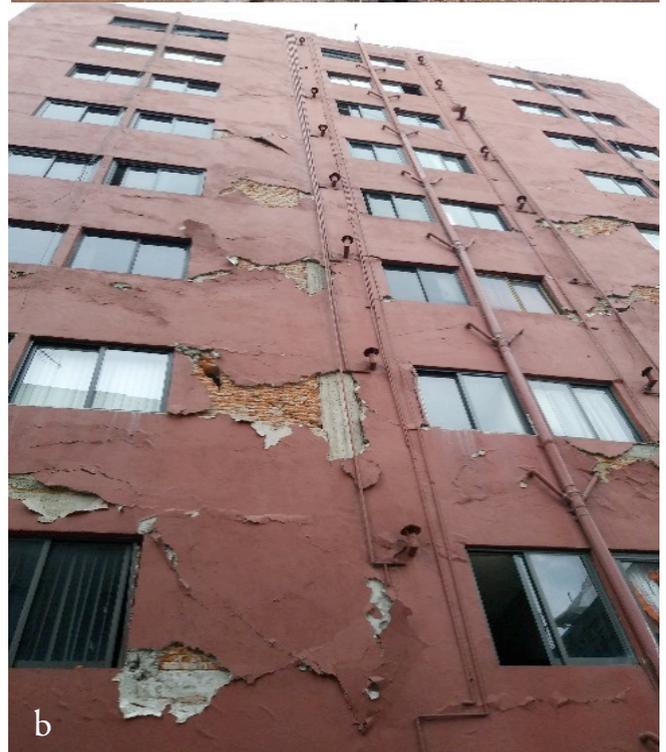
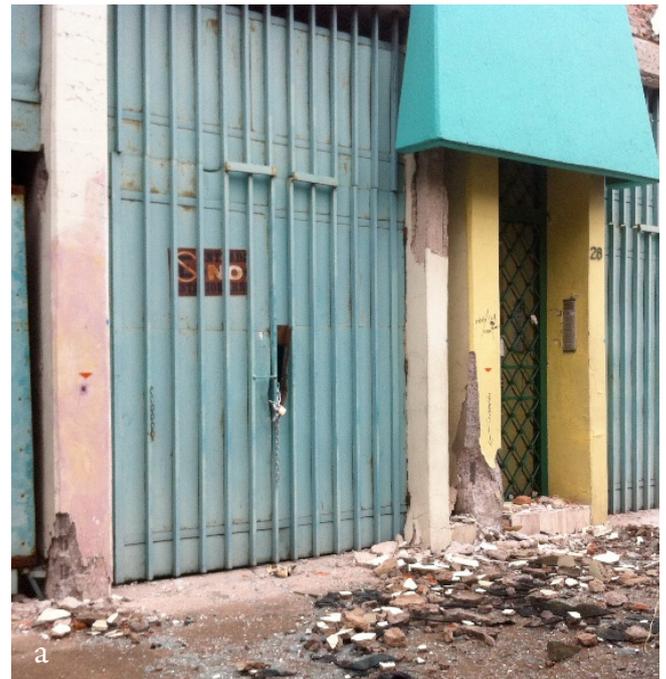


Figura 1 Daños en edificios CDMX, 19 de septiembre de 2017  
a. Daño estructural.  
b. Daño no estructural

pueden reducir las deformaciones en las estructuras de manera muy importante. Al estar las deformaciones ligadas directamente a los daños en ellas, estos se pueden mitigar de manera efectiva.

- Reducen la probabilidad de pérdida de funcionalidad y de colapso de las estructuras. Los estudios realizados demuestran que los disipadores reducen tanto la probabilidad de pérdida de funcionalidad como la de colapso [4].
- Fusibles estructurales. Una de las grandes ventajas que tienen los disipadores de energía es que funcionan como fusibles estructurales, es decir, después de un terremoto de gran magnitud, los dispositivos que puedan presentar algún deterioro o desgaste, pueden ser reemplazados a bajo costo y sin interrumpir la funcionalidad de las estructuras, lo que resulta muy conveniente. Algo muy similar al uso de balatas para los frenos de los automóviles que usamos a diario, que son reemplazables a bajo costo.

- Ahorros económicos. Un estudio realizado en 2017 [5] demuestra que las estructuras equipadas con disipadores de energía sísmica no cuestan más de 5% que las estructuras convencionales. Sin embargo, los beneficios que aportan en términos de desempeño ante movimientos sísmicos y la reducción de pérdidas probables son muy convenientes, sobre todo en el largo plazo.
- Reducen costos de reparación. Como los disipadores de energía sísmica disminuyen las deformaciones en las estructuras y concentran el daño en ellos mismos, los costos de reparación se minimizan. Esto ocurre porque la estructura principal tiende a tener daños menores mientras que, en caso de requerirse, los dispositivos de disipación se reemplazan a costos y tiempos reducidos.
- Reducen las pérdidas de rigidez en las estructuras. Experimentos en mesa vibradora demuestran que las estructuras equipadas con disipadores de energía sísmica permiten reducir la pérdida de rigidez en

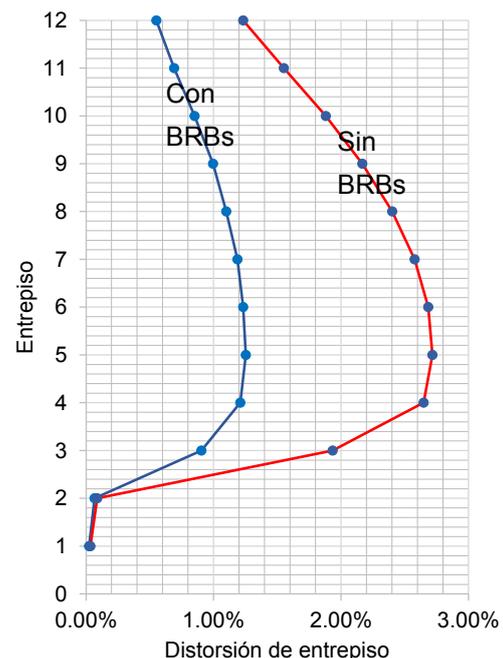
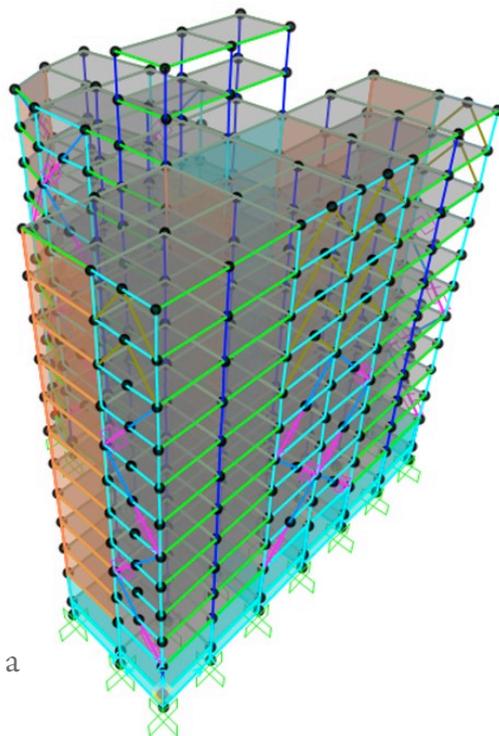


Figura 2. Respuesta media de una estructura reforzada con disipadores de energía sísmica ante movimientos de gran intensidad

a. Modelo numérico de la estructura

b. Media de la distorsión de entrepiso máxima en la dirección desfavorable

estructuras de concreto [3]. En otras palabras, el daño acumulado durante la vida útil de una estructura es mucho menor si ésta está equipada con disipadores de energía sísmica.

- En algunos casos, construir una estructura equipada es más barato que una estructura convencional. Desde la publicación del reglamento de construcciones de la Ciudad de México en 2017 [6], algunos desarrolladores han manifestado que construir estructuras convencionales se ha encarecido a consecuencia del alza de las ordenadas espectrales para diseño sísmico. El uso de dispositivos de disipación ha mostrado reducir los costos de construcción en varios casos.
- Rehabilitación y reforzamiento de estructuras existentes. Para el caso de estructuras existentes se encontró que los disipadores son muy convenientes porque no incrementan mucho las demandas a la cimentación pero sí incrementan la capacidad de disipación. Esto resulta muy atractivo desde el punto de vista económico porque la estructura no tiene que ser recimentada.

La figura 2a muestra una estructura existente reforzada con disipadores de tipo BRB (o buckling-restrained braces, por sus siglas en inglés). Después de realizar análisis dinámicos en la estructura, con y sin BRB, ante varios movimientos de gran intensidad, se encontró que los disipadores ayudan a reducir las distorsiones de entrepiso a niveles muy bajos (figura 2b), pasando de valores cercanos a 3% a valores cercanos a 1%, lo que sin duda evitaría daños significativos en la edificación.

Después de las experiencias obtenidas en los últimos años en la realización de investigaciones teóricas y experimentales de sistemas de protección sísmica, en el Instituto

de Ingeniería hemos desarrollado dos disipadores de energía 100% mexicanos que ayudan a las estructuras a reducir daños. En la figura 3 se muestra uno de ellos, cuya solicitud de patente ha sido enviada al Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), ya que presenta ventajas técnicas y económicas sobre otros disipadores disponibles en el mercado. El dispositivo propuesto se encuentra en la etapa de transferencia tecnológica al sector industrial y sin duda alguna estará en el mercado mexicano en el corto plazo. |

### Referencias

- [1] Taghavi S., Miranda E. (2003). Response Assessment of Nonstructural Building Elements. Berkeley, California: Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.
- [2] Guerrero-Bobadilla H., Ji T., Escobar-Sanchez J. A. (2017). Experimental studies of a steel frame model with and without buckling-restrained braces. *Ingeniería Sísmica*. 95:33-52.
- [3] Guerrero H, Ji T, Escobar J. A, Teran-Gilmore A. (2018). Effects of Buckling-Restrained Braces on reinforced concrete precast models subjected to shaking table excitation. *Engineering Structures*. 163:294-310.
- [4] Guerrero H, Ji T, Escobar J. A. (2016). On the Upgrading of Hospitals in Mexico City by Using Buckling-Restrained Braces. *Geotechnical and Structural Engineering Congress 2016*. p. 299-313.
- [5] Guerrero H, Terán-Gilmore A, Ji T, Escobar J. A. (2017). Evaluation of the economic benefits of using Buckling-Restrained Braces in hospital structures located in very soft soils. *Engineering Structures*. 136:406-19.
- [6] RCDI. Reglamento de Construcciones para la Ciudad de México y sus Normas Técnicas Complementarias (2017). Ciudad de México, México.

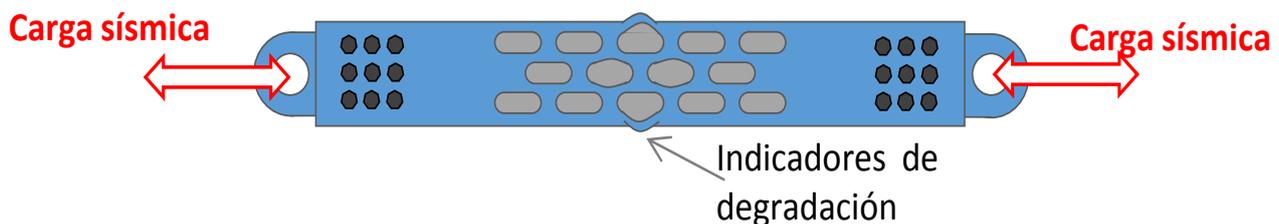


Figura 3. Disipador propuesto en el IUNAM (inicio de registro de patente núm: DIR/375/2018)

## ROBERTO MELI PIRALLA MEDALLA BELLAS ARTES DE ARQUITECTURA 2018

Roberto Meli Piralla, investigador emérito del IIUNAM recibió la Medalla Bellas Artes de Arquitectura 2018, por sus aportaciones a la ingeniería sísmica y su compromiso por el cuidado y restauración de edificios históricos y artísticos.

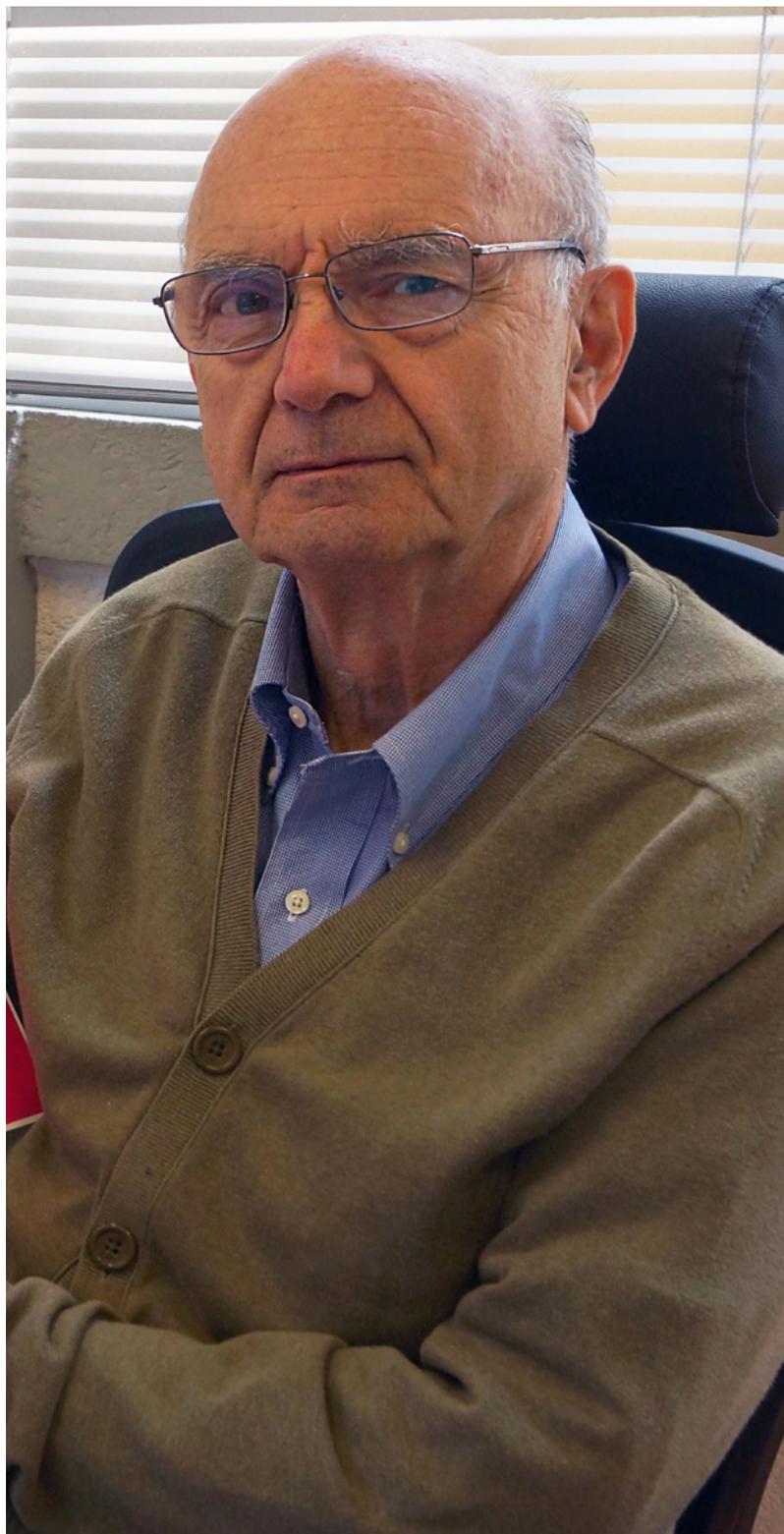
En la ceremonia, que tuvo lugar en el Palacio de Bellas Artes el pasado 5 de septiembre, María Cristina García Cepeda, Secretaria de Cultura del Gobierno de la República, resaltó el trabajo realizado por el Dr. Meli para atender la restauración del patrimonio cultural. En especial mencionó sus aportaciones en la rehabilitación de la Catedral Metropolitana, proyecto que tuvo una duración de 10 años y con el que se logró reducir el hundimiento diferencial de aproximadamente de un metro.

Al tomar la palabra Efraín Ovando, investigador del IIUNAM y subdirector del área de estructuras del mencionado Instituto, afirmó que Roberto Meli siempre se ha destacado no sólo por lo que sabe, sino por su rigor al abordar y resolver los problemas que se le presentan, así como por su firmeza gentil cuando tiene que lidiar con algunos colegas.

Como investigador emérito desde hace ya varios años, su trabajo ha trascendido y es de los que han tenido más influencia en la práctica de la ingeniería de nuestro país.

Me da un gusto enorme que Roberto Meli reciba la Medalla Bellas Artes este año. Me parece que es un reconocimiento cabal a su labor en la conservación de monumentos, un acto de justicia y me felicito yo por haber recibido la oportunidad de dirigir estas palabras. Finalmente considero que para el Instituto de Ingeniería de la UNAM es un honor contar con Roberto Meli como académico –concluyó–.

La entrega del reconocimiento le correspondió a la Secretaria de Cultura del Gobierno de la República, María Cristina García Cepeda y a la directora del Instituto Nacional de Bellas Artes, Lidia Camacho. Estuvieron presentes Arturo Balandrano, Coordinador Nacional de Monumentos Históricos del INAH, Xavier Cortés Rocha y Efraín Ovando Shelley, moderados por la directora de Arquitectura del INBA, Dolores Martínez, quienes reconocieron las aportaciones del galardonado en el campo de las ingenierías, así como en la restauración y conservación del patrimonio histórico y cultural de nuestro país. |



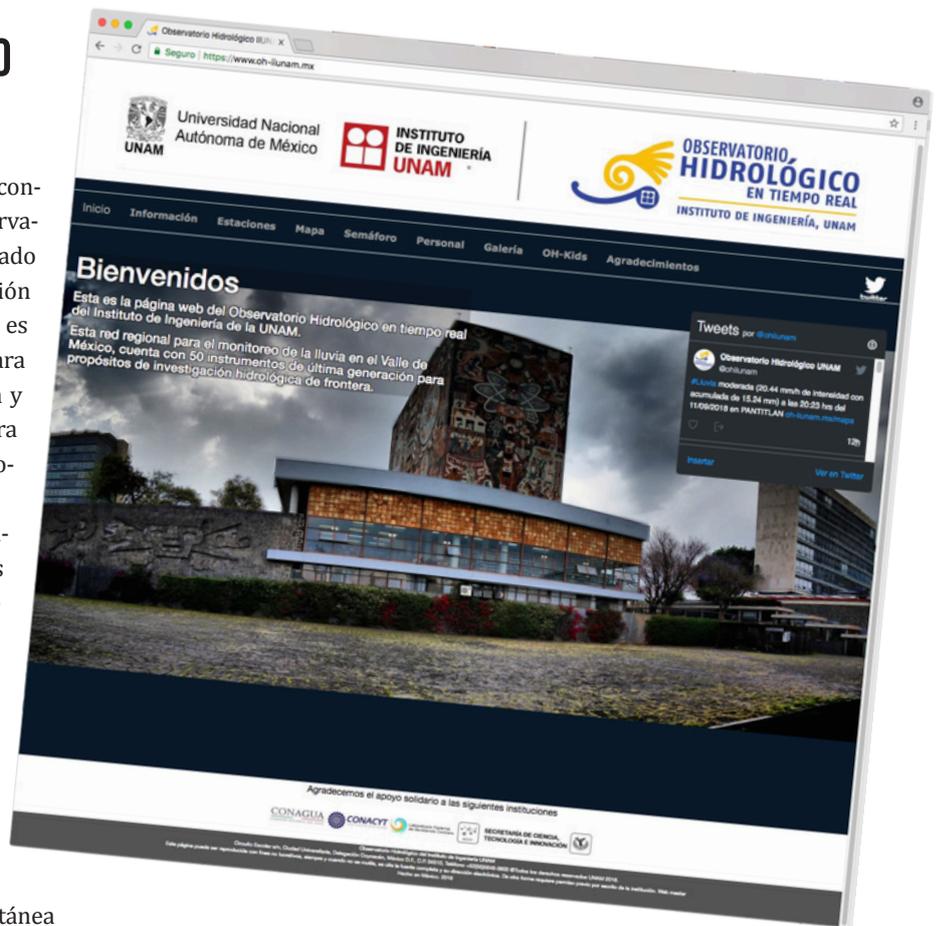
# OBSERVATORIO HIDROLÓGICO

El pasado 18 de junio se llevó a cabo una conferencia de prensa para presentar el Observatorio Hidrológico (OH), proyecto desarrollado en el Instituto de Ingeniería bajo la dirección del Dr. Adrián Pedrozo Acuña cuyo objetivo es informar cuánto y en qué lugares lloverá para prevenir desastres, proteger a la población y proporcionar información importante para que las autoridades puedan tomar las acciones correspondientes.

El Observatorio Hidrológico surge debido al impacto que han tenido las recientes lluvias en la zona de Iztapalapa y al norte de la Ciudad de México principalmente, afirmó Pedrozo Acuña. Es evidente –dijo– que el agua es un recurso vital, sin agua no hay seguridad alimentaria, ni seguridad energética. Hoy día se está presentando una intensificación en el ciclo hidrológico, es decir, tenemos más agua en lugares donde solíamos tener, y menos agua en regiones con escasez probada; tener de forma simultánea una condición natural difícil y una infraestructura que puede estar siendo rebasada implica varios retos a la ingeniería hidráulica. Existen varios problemas que tenemos que enfrentar con el agua, además de la distribución para su uso, está también el desalojo de las aguas servidas o residuales.

El OH tiene un sensor que mide la lluvia y que se comunica con una computadora de bajo costo. Es decir, la detección de los sitios afectados por la lluvia y el conocimiento de esta información por parte del tomador de decisiones es casi simultánea, lo que agiliza los procedimientos de las brigadas de emergencia para ayudar a los afectados. Todo esto se puede hacer gracias a que el OH al empleo de las técnicas de la información y comunicación, utilizando el cómputo en la nube, donde se almacenan algoritmos precargados que procesan los datos de manera inmediata.

El Observatorio puede emitir alertas de manera automática a través de twitter para avisar cuando estamos ante un evento de precipitación muy severo en algún punto del Valle de México, eso es por el lado de Comunicación Social, por otro, tenemos



comunicación con la Comisión Nacional del Agua, la Subdirección General Técnica y el Servicio de Aguas de la Ciudad de México. Adicionalmente es un sistema diseñado por ingenieros mexicanos, barato y fácil de instalar.

Además, con los datos que captamos estamos empezando a generar mapas de precipitación de manera instantánea. Esto también es importante para la operación del drenaje.

Hemos instalado nuestros aparatos en tres estaciones del metro, en varias estaciones del Heroico Cuerpo de Bomberos, así como en escuelas primaria ubicadas en toda la Ciudad. Este sistema está a la disposición de cualquier persona, empresa e institución, lo importante es que se utilice en beneficio de la sociedad.

Por su parte, Agustín Breña, quien participa también en este proyecto comentó que el OH cuenta con cincuenta y cinco estaciones de monitoreo que establecen un sistema de alerta temprana del caudal de ríos y drenaje, posteriormente se estudiará la calidad del agua.

Algo para resaltar es que junto con el OH, desde hace un año, tenemos un programa de educación y divulgación de la ciencia enfocado a la hidrología, al medio ambiente y a los desastres naturales. Estos programas se conocen como OH Kids y el OH académico. El OH Kids es una iniciativa en la que varios de nuestros estudiantes acuden principalmente a las escuelas primarias a dar pláticas sobre qué es la lluvia, cómo se mide, por qué es importante medirla, y esto prácticamente hace que los niños desde pequeños tengan conciencia del medio ambiente y de los recursos naturales.

El OH Académico está dirigido a estudiantes de licenciatura, principalmente de ingeniería a fin de otorgarles un aprendizaje contextualizado con una solución probada. Esta interacción les permite conocer de cerca cómo se hace el monitoreo, cómo ha

evolucionado la ingeniería civil y la ingeniería hidráulica, mostrándoles un ejemplo de lo que se puede hacer en la ingeniería moderna.

El Observatorio Hidrológico nació hace un par de años con un par de estaciones, en 2017 ya contaba con diez de ellas en el Valle de México. Hoy día, gracias al apoyo económico de la Secretaría de Ciencia y Tecnología e Innovación de la Ciudad de México, se obtuvieron cuarenta estaciones adicionales, lo cual incrementa la densidad de puntos de observación a un número de estaciones nunca antes visto, utilizando la resolución temporal de un minuto.

El equipo de trabajo está en pláticas para llevar esta solución a países de centroamérica en condiciones de instrumentación precarias y con condiciones climáticas similares a las de México. |

## LAS EMPRESAS DE BASE TECNOLÓGICA

La Dra. Candy Flores García, de la Secretaría de Vinculación de la Facultad de Ciencias de la UNAM, impartió la conferencia Convierte tu tesis de maestría o doctorado en una empresa de base tecnológica (EBT), con el propósito de desarrollar habilidades para que los investigadores y estudiantes de posgrado del Instituto de Ingeniería de la UNAM, conviertan sus ideas en productos, procesos o servicios que sean útiles al sector productivo a través de la creación de las EBT.

Lo primero que debe hacer un emprendedor –afirma Candy Flores– es identificar un problema, entender qué tan grande es ese problema, pensar de qué manera lo podemos solucionar y quién puede ser nuestro socio con el fin de darle vida al proyecto.

A veces pensamos que es muy difícil conseguir recursos económicos, pero en realidad hay muchas instancias federales, estatales y municipales que están apostando a estos cambios. Sin embargo, en mi opinión, la manera más fácil de alcanzar tu objetivo es cuando tienes al cliente porque son ellos los que aportan el dinero pues les interesa resolver el problema. Ahora bien, dependiendo de cada persona es el tipo de empresa que debes formar, hay quienes necesitan un socio que ponga únicamente su dinero, otros requieren que el socio además de poner el capital también dedique su tiempo para poder alcanzar el objetivo.

En cualquiera de los casos es fundamental seguir el método científico, debemos tener una hipótesis que parte de la observación, pero siempre hay que realizar las pruebas que se requieran para ver si la solución funciona. Es importante tener definido el problema que vamos a solucionar. Para quienes hacemos ciencia y tecnología seguir el método científico es una actividad natural, sólo debemos aplicarlo cuando desarrollemos nuestro modelo de negocio.

Nuestra intención es invitarlos a participar en la creación de EBT, es una buena oportunidad para que las tesis que ustedes están desarrollando vayan más allá y se conviertan en una *modus vivendi*. |



## DÍA DE LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL

Con el fin de institucionalizar el Día de la Ingeniería Estructural en México, el pasado 14 de agosto el Capítulo Estudiantil SMIE-IIUNAM te invita a celebrar el Día de la Ingeniería Estructural. Durante el evento se presentaron cuatro conferencias enfocadas al diseño de edificios altos en México y en el mundo, también a la importancia del ingeniero civil en la política, así como en los métodos de reestructuración de edificaciones antiguas. Las dos primeras estuvieron a cargo de Roberto Stark Feldman y Robert Sinn, P. E., directores de Stark+Ortiz S. C. y Thornton Tomasetti, respectivamente, mientras que la tercera y la cuarta estuvieron a cargo de Sergio Alcocer y Roberto Meli, investigadores del IIUNAM, todos ellos reconocidos por su trayectoria profesional y académica.

La idea fue inspirar a las nuevas generaciones de ingenieros. El 60% de los asistentes al evento eran estudiantes de Ingeniería Civil en la UNAM, el resto eran profesionistas y académicos.

Además de las cuatro conferencias que se impartieron, por la tarde realizaron actividades estudiantiles, donde se proyectaron ejercicios para ser resueltos por la audiencia. Posterior a eso, los ganadores eran candidatos para participar en la rifa realizada al final del día donde se sortearon varios premios, entre los cuales sobresalió la rifa de un iPhone X. |

EL CAPÍTULO ESTUDIANTIL SMIE-IIUNAM TE INVITA A CELEBRAR EL:

# DÍA DE LA INGENIERÍA ESTRUCTURAL

INSPIRANDO A LAS NUEVAS GENERACIONES

MARTES 14 AGOSTO 2018

PROGRAMA

- 8:30 a 09:00 h REGISTRO Y CAFÉ
- 9:00 a 9:30 h INAUGURACIÓN  
M.C. Francisco García Álvarez | Presidente de SMIE  
Dr. Luis Álvarez-Lago Longoria | Director del IIUNAM
- 9:30 a 09:45 h ACTIVIDADES ESTUDIANTILES
- 09:45 a 10:30 h DISEÑO DE EDIFICIOS ALTOS DE MÉXICO  
Dr. Roberto Stark Feldman | Director Stark+Ortiz S.C.
- 10:30 a 11:15 h THE JEDDAH TOWER AND THE DESIGN OF THE WORLD'S TALLEST BUILDINGS  
Robert Sinn, P.E. | Director Thornton Tomasetti
- 11:15 a 11:45 h PREGUNTAS Y RESPUESTAS  
Moderador: Dr. Hector Guerrero
- 11:45 a 12:00 h DESCANSO
- 12:00 a 12:45 h EL INGENIERO CIVIL EN LA POLÍTICA DE MÉXICO  
Dr. Sergio M. Alcocer | Ex Subsecretario de Relaciones Exteriores para América del Norte e Investigador del IIUNAM
- 12:45 a 13:30 h REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS ANTIGUOS  
Dr. Roberto Meli Peralta | Investigador Emérito IIUNAM
- 13:30 a 14:00 h PREGUNTAS Y RESPUESTAS  
Moderador: Dr. Hector Guerrero
- 14:00 a 16:00 h COMIDA
- 16:00 a 17:50 h ACTIVIDADES ESTUDIANTILES
- 17:50 a 18:00 h CLAUSURA  
Dr. José Alberto Escobar Sánchez | Investigador del IIUNAM

SALÓN DE SEMINARIOS EMILIO ROSENBLUETH EDIFICIO 1 DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM

ENTRADA LIBRE | CUPO LIMITADO  
Registro previo al correo FCuenta@ingen.unam.mx

Logos: SMIE, Instituto de Ingeniería UNAM, CEMEX, TISA, etc.

## SEGUNDO TORNEO DE FÚTBOL MIXTO CHAMPIONS ING BRENDA HERNÁNDEZ CHÁVEZ LILIA MARINA RAMÍREZ PONCE

Recién terminado el mundial de fútbol Rusia 2018, la pasión futbolística llegó al IIUNAM el pasado mes de agosto con el “Segundo Torneo Mixto Champions ING”.

La convocatoria fue lanzada el viernes 26 de julio mediante la Cuenta de Avisos, el interés fue inmediato y en solo cuatro días, ocho equipos de las áreas de Ingeniería Estructural, Sismológica, Ambiental, de Procesos Industriales y Ambientales, Lingüística y la Secretaría de Telecomunicaciones e Informática respondieron al llamado.

Becarios, honoristas y académicos integraron los equipos: Interstorey Drifts F. C., Sismotroncos, Los Dinamita F. C., Los Perros Salvajes, IIDEA F. C., Los Leopardos, SiGILosos y Obes F. C., con un total de 64 jugadores.

Gracias al apoyo brindado por la Deporteca de la Facultad de Química y FUTSAL UNAM la actividad deportiva tuvo lugar

del 13 al 17 de agosto por lo que los encuentros se desarrollaron bajo los lineamientos de juego limpio.

Este torneo además de promover la integración de la comunidad del IIUNAM, destacó por la inclusión y mayor participación de mujeres al tener entre sus filas a 19 jugadoras, siendo la revelación femenina Joanna Gutiérrez Morales, becaria de Ingeniería Sismológica.

Previo sorteo, los encuentros quedaron definidos con dos partidos por día hasta clasificar a la final. El éxito del Torneo se vio reflejado con una asistencia aproximada de 250 personas, además, las condiciones climáticas permitieron que los equipos inscritos sólo se preocuparan por el marcador.

La estrategia de Interstorey Drifts F. C y Sismotroncos los colocaría en el último partido. La final fue animada por -el

descubrimiento de la leyenda de la narración deportiva- el Mtro. Oscar Inti Ehécatl Ramos Campos, mejor conocido en la cancha como "Inti", ante los demás equipos que participaron en esta ocasión como espectadores del Torneo.

Después de un empate 2-2 el ganador se definió con penales cuyo resultado dejó campeón al equipo de Ingeniería Estructural Interstorey Drifts F. C. al imponerse 3-1 sobre Sismotroncos de Ingeniería Sismológica.

Los campeones del segundo torneo de fútbol recibieron un trofeo y su bien merecida playera, además del aplauso y reconocimiento del público, por lo que se alcanzó el objetivo de convivencia entre las diferentes áreas que integran al Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. |



**PATENTE MX 312544**

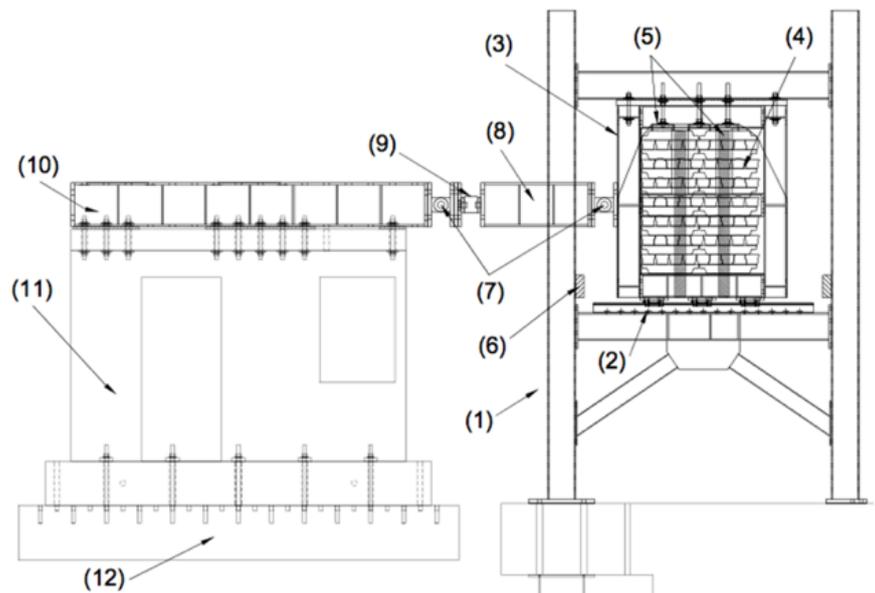
**Dispositivo externo  
de aplicación de  
masa inercial para ensayo  
en mesa vibradora**

**Inventores:**

Sergio M. Alcocer Martínez de Castro  
y Wilmer Julián Carrillo León



La invención se refiere a un dispositivo externo para transmitir fuerzas inerciales a los modelos durante ensayos dinámicos de mesa vibradora. Utiliza un sistema guía de movimiento lineal con el que se obtienen valores medios del coeficiente de fricción cercanos a cero. Por tanto, el amortiguamiento inducido a los modelos por el sistema también es despreciable y, de esta manera, no se observan distorsiones en la respuesta esperada de los modelos. Con este dispositivo se aprovecha al máximo la capacidad de la mesa, se tiene un mejor control de la masa adicional al momento de la falla del modelo, se incrementa la seguridad del ensayo, se disminuyen los ruidos que se pueden presentar en las señales de respuesta adquiridas y se disminuye apreciablemente el tiempo de preparación entre ensayos consecutivos. Esta invención incrementa las posibilidades de uso de la mesa vibradora que simula los efectos dinámicos a los que están sometidos diversos tipos de estructuras y elementos.



Informes sobre licenciamiento

MGT. Rodrigo Arturo Cárdenas y Espinosa  
RCardenasE@ingen.unam.mx  
M en I. Margarita Moctezuma Riubí  
mmr@pumas.ii.unam.mx

## “COSISMO”, VICIO DEL LENGUAJE QUE SE DEBE EVITAR

Esta Cápsula Ortográfica está dedicada a uno de los vicios del lenguaje más utilizados en nuestro tiempo, el “cosismo”.

Pero ¿Qué es el cosismo? Es el empleo excesivo del término “cosa” que se utiliza ya sea de forma oral o escrita.

El uso y abuso de este comodín nos impide apreciar la riqueza de expresiones que conforman nuestro idioma, ya que, como dice Martín Vivaldi “es la palabra de sentido más vago, más impreciso, el vocablo más vulgar y trivial de la lengua”.

La realidad es que mientras menos expresiones ambiguas utilicemos más elegante será nuestra redacción y más elocuente el acto comunicativo que se lleve a cabo; por tanto, no es que esté prohibido utilizarlo, el problema radica en que como a todo le llamamos cosa, ya sea una persona, un objeto o una acción, empobrecemos nuestra redacción.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de cosismos y los términos con los que podemos reemplazarlo

COSISMO	FRASE CORRECTA
Pásame esa cosa	Pásame esa (objeto que queremos) pluma, caja, hoja, etc.
A Juan se le cayó la cosa esa	A Juan se le cayó (objeto) la goma, la taza, la caja, etc.
No me cuentes esas cosas	No me cuentes esas (acciones) mentiras, verdades, tonterías, etc.
Los trabajadores se llevaron cosas para trabajar	Los trabajadores se llevaron (objetos) herramientas, utensilios, escaleras, etc. + complemento
Trajeron muchas cosas para jugar	Trajeron muchas (objeto) estampas, cartas, muñecas, etc.
Guarda tus cosas en la mochila	Guarda tus (objetos) útiles, colores, cuadernos, etc. + complemento

En resumen, para que nuestra redacción sea profesional y nuestra comunicación fluya de la mejor manera posible es necesario:

- Emplear el nombre específico del objeto, de la acción o de la persona.
- Evitar el uso de términos rebuscados.

- Reemplazar con sinónimos las palabras que se repitan para tener un vocabulario variado.
- Utilizar nexos (pero, sin embargo, de tal modo, etc.) entre una idea y otra.
- Redactar nuestro texto de forma clara, breve y precisa. |

### Referencias

<https://www.lifeder.com/cosismo/>  
<https://sites.google.com/site/danielanavarrock/vicios-del-lenguaje-3---que-es-metopleonasmovicios-del-lenguaje-4---que-es-cosismo>  
<https://www.ortografias.com/2018/01/ejemplos-de-cosismo.html>  
<https://es.slideshare.net/juancflores752/qu-escosismo>  
<http://miestiloreal.blogspot.com/2015/10/el-cosismo.html>  
<https://periodismojosemarti.wordpress.com/2017/08/23/2-2-no-siempre-es-4-el-cosismo/>  
<https://www.blasita.com/el-cosismo-da-cosa/>  
<http://udep.edu.pe/castellanoactual/duda-resuelta-la-palabra-cosa/>  
<https://www.ortografias.com/2018/01/ejemplos-de-cosismo.html>  
<http://www.educacionyculturaaz.com/recursos/como-tener-una-buena-redaccion-10-consejos-basicos>

# Realiza tu registro en

# ORCID

Connecting Research  
and Researchers

Son las siglas del proyecto **Open Research and Contributor ID**. Se trata de un proyecto abierto, sin ánimo de lucro por iniciativa de Nature Publishing Group y Thomson Reuters, con el objetivo de crear un identificador único de investigadores, aceptado por organizaciones y editores científicos tan importantes como *Nature, Elsevier, Thomson-Reuters, CrossRef, Springer, Wiley, etc.*

**ORCID** permite al investigador una identificación inequívoca y constante además de distinguir claramente su producción científico-técnica. De esta manera, se evitan confusiones relacionadas con la autoría de actividades de investigación llevadas a cabo por investigadores con nombres personales homónimos o similares.

Se pretende que **ORCID** permita a cada investigador conectar directamente con sus IDs de *Scopus, Web of Science, CrossRef, Redalyc, etc.* y transferir los datos de sus publicaciones de manera automática desde estos portales hacia **ORCID**.

La clave **ORCID** puede incorporarse como parte del perfil público en su cuenta de correo, *Google Scholar, ResearchGate, CONACyT*, en las solicitudes de proyectos nacionales e internacionales y en todo lo relacionado con su producción y actividad investigadora.

Al realizar su registro, se recomienda el perfil público para mayor visibilidad y certeza de la afiliación del autor.

**REGÍSTRATE  
AQUÍ**

**[www.orcid.org](http://www.orcid.org)**

O con gusto el personal  
de la **USI-Biblioteca**  
te brindará apoyo en el registro.  
[usi@pumas.ii.unam.mx](mailto:usi@pumas.ii.unam.mx)  
5623-3613



Unidad de Servicios  
de Información  
(BIBLIOTECA)



INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
**UNAM**