



MEMORIAS



TALLER INTERNACIONAL VIRTUAL

**AVANCES RECIENTES  
EN EL INCREMENTO DE LA  
RESILIENCIA Y LA SUSTENTABILIDAD  
DE LA INFRAESTRUCTURA  
FÍSICA EDUCATIVA**



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**

## Directorio INIFED

### SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

Delfina Gómez Álvarez  
*Secretaria de Educación Pública*

### INSTITUTO NACIONAL DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA, EN LIQUIDACIÓN

Jorge Javier Jiménez Alcaraz  
*Director General*

Gabriela Quiroga García  
*Coordinadora Técnica*

Ildelfonso González Morales  
*Director de Infraestructura*

Alberto Israel Sánchez López  
*Gerente de Asuntos Jurídicos*

Se agradece la participación del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos S.N.C., en su carácter de Institución Fiduciaria en el Fideicomiso Número 1936, denominado Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN), por haber otorgado los recursos necesarios para realizar este Taller.





Taller Internacional Virtual  
24 al 26 de febrero de 2021

---

# AVANCES RECIENTES EN EL INCREMENTO DE LA RESILIENCIA Y LA SUSTENTABILIDAD DE LA **INFRAESTRUCTURA** **FÍSICA EDUCATIVA**



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



**INSTITUTO  
DE INGENIERÍA  
UNAM**

# PRESENTACIÓN

Con el propósito de fortalecer el diseño y la ejecución de los programas del INIFED y la Secretaría de Educación Pública en relación con la seguridad estructural, la resiliencia y la sustentabilidad de la Infraestructura Física Educativa (INFE) sujeta a fenómenos naturales, como son los sismos e inundaciones, y en el marco del Convenio de colaboración suscrito entre el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (II-UNAM) y el Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa, en Liquidación (INIFED) cuyo objeto es continuar con el diagnóstico de la infraestructura escolar, los pasados días 24, 25 y 26 de febrero se celebró el Taller Internacional Virtual "Avances Recientes en el Incremento de la Resiliencia y la Sustentabilidad de la Infraestructura Física Educativa".

Este evento gratuito, estuvo dirigido a las autoridades educativas y personal técnico del INIFED, y a sus homólogos a nivel estatal y municipal, así como a los profesionales interesados en la INFE pertenecientes a colegios, asociaciones y sociedades de ingenieros y arquitectos, directores responsables de obra y corresponsables, instituciones técnicas y educativas relacionadas con el tema, entre otros interesados en la seguridad estructural y el incremento de la resiliencia y sustentabilidad de la INFE, así como de otro tipo de edificaciones, como son las de uso habitacional o comercial.

Los más de 1,200 asistentes que se recibieron en los 3 días del evento tuvieron la oportunidad de conocer experiencias internacionales en el incremento de la seguridad, resiliencia y sustentabilidad de escuelas en países con alta sismicidad, de propia voz de conferencistas invitados de Taiwán, Estados Unidos de América, Portugal, Italia, Colombia, Canadá, Perú y Singapur. Asimismo, escucharon de un grupo de expertos de México, los avances y resultados de proyectos de rehabilitación de la INFE tras los sismos de 2017 y 2018, los lineamientos técnicos para la revisión de la seguridad estructural de planteles educativos después de un sismo en la CDMX. Además, se realizó la presentación de las publicaciones de evaluación postsísmica de la INFE y de la guía técnica de rehabilitación sísmica de edificios escolares, documentos que serán de uso obligatorio para la prevención y atención de daños causados en la infraestructura física educativa, ocasionados por desastres naturales y, sobre los cuales, se hará una extensa difusión y se dará amplia capacitación y certificación a un amplio número de inspectores de daño.

Agradezco al Instituto para la Seguridad de las Construcciones de la Ciudad de México, al Banco Mundial, al Instituto de Ingeniería de la UNAM, así como a las asociaciones, instituciones y colegios de profesionales por sus contribuciones para avanzar en el diseño e implantación de una Estrategia Nacional de Incremento de la Resiliencia y la Sustentabilidad de la INFE en México.

**ING. JORGE JAVIER JIMÉNEZ ALCARAZ**  
*Director General del INIFED*



# OBJETIVOS

Los objetivos del taller fueron:

- Conocer las experiencias internacionales sobre el mejoramiento de la seguridad estructural, así como sobre el incremento de la resiliencia y sustentabilidad de la infraestructura física educativa.
- Difundir los resultados y avances de proyectos desarrollados en México, en su mayoría con el patrocinio del INIFED, sobre la rehabilitación de la Infraestructura Física Educativa (INFE) después de los sismos de 2017 y 2018, el desarrollo de una metodología de evaluación postsísmica de edificios escolares, el comportamiento detallado de edificios ante distintos niveles de peligro sísmico y el diseño sísmico por resiliencia de la INFE.
- Identificar las actividades por desarrollar para implantar una Estrategia Nacional de Incremento de la Resiliencia y de Sustentabilidad de la INFE.

# PROGRAMA

## Miércoles 24 de febrero

### EXPERIENCIAS INTERNACIONALES EN EL INCREMENTO DE LA SEGURIDAD, RESILIENCIA Y SUSTENTABILIDAD DE ESCUELAS

9:00 a 9:15 h

#### Inauguración

Ing. Jorge Jiménez Alcaraz

*Director General, Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa, en Liquidación (INIFED).*

9:15 a 9:45 h

#### Conferencia invitada

**Seismic Retrofitting Programs of School Buildings in Taiwan**

Dr. Shyh-Jiann Hwang, *Director General, National Center for Research on Earthquake Engineering, Taiwán.*

9:45 a 10:15 h

#### Conferencia invitada

**Performance-Based Engineering Approach to Design for Community Resilience**

Dr. Greg Deierlein, *Profesor, Universidad de Stanford, Estados Unidos de América.*

10:15 a 10:45 h

#### Conferencia invitada

**Desarrollo de estrategias de inversión eficientes para escuelas más seguras en Asia central**

Dra. Carina Fonseca, *Especialista, Banco Mundial, Estados Unidos de América.*

10:45 a 11:15 h

#### Conferencia invitada

**Towards a National Plan for Integrated Seismic and Energy Efficiency Rehabilitation of Schools: Raising the Bar to Enhance Community Resilience and Sustainability**

Dr. Stefano Pampanin, *Profesor, Universidad de Roma "La Sapienza", Italia.*

11:15 a 11:45 h

#### Conferencia invitada

**Propuesta de Mejoramiento Estructural de Centros Educativos en Perú**

Dr. Carlos Zavala, *Director, Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.*

11:45 a 12:15 h

#### Conferencia invitada

**Mi Comunidad es Escuela: Resiliencia educativa en Cali, Colombia**

Mtra. Vivian Argueta, *Consultora internacional, Colombia.*

12:15 a 13:00 h

**Mesa redonda: Retos a nivel mundial sobre el binomio resiliencia y sustentabilidad.**

Moderador: Dr. Sergio M. Alcocer, *Investigador, II-UNAM.*



## Jueves 25 de febrero

### **AVANCES Y RESULTADOS DE PROYECTOS SEP-INIFED Y GOBIERNO DE LA CIUDAD DE MÉXICO**

- 9:00 a 10:00 h      Programa de reconstrucción de escuelas tras los sismos de 2017 y 2018  
Dr. Ildefonso González, *Director de Infraestructura, INIFED.*
- 10:00 a 10:30 h      Lineamientos técnicos para la revisión de la seguridad estructural de planteles educativos después de un sismo  
Dr. Renato Berrón, *Director General, Instituto para la Seguridad de las Construcciones de la Ciudad de México.*
- 10:30 a 10:55 h      Acompañamiento en el proceso de reconstrucción de escuelas  
Dr. David Murià, *Investigador, II-UNAM.*
- 10:55 a 11:20 h      Metodología de evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México  
Dr. Sergio M. Alcocer, *Investigador, II-UNAM* e Ing. Rubén Bautista, *Becario, II-UNAM.*
- 11:20 a 11:45 h      Guía técnica para la rehabilitación sísmica de la infraestructura física educativa de México  
Dr. Sergio M. Alcocer, *Investigador, II-UNAM.*
- 11:45 a 12:10 h      Avances en el estudio del comportamiento detallado de edificios escolares ante sismos  
Mtra. Gianella Valencia y Mtro. Santiago Rodríguez, *Becarios, II-UNAM.*
- 12:10 a 13:00 h      Mesa redonda: *Experiencias de las entidades federativas en la evaluación, rehabilitación (diseño, construcción), operación y mantenimiento de la INFE en México.*  
Moderador: Dr. Luciano Fernández, *Profesor-investigador, UAM-Azacapotzalco.*



## Viernes 26 de febrero

### **HACIA UNA ESTRATEGIA NACIONAL DE INCREMENTO DE LA RESILIENCIA Y DE SUSTENTABILIDAD DE LA INFE**

9:00 a 9:30 h	<p>Marco de referencia y propuesta de procedimientos para el reforzamiento y diseño sísmico por resiliencia de la infraestructura física educativa en México Dr. Gustavo Ayala, <i>Investigador, II-UNAM.</i></p>
9:30 a 10:00 h	<p>Conferencia invitada Oportunidades de apoyo del Banco Mundial a SEP/INIFED para la reducción de la vulnerabilidad sísmica de la infraestructura educativa en México Mtro. Fernando Ramírez, <i>Especialista senior, Banco Mundial, Singapur.</i></p>
10:00 a 10:30 h	<p>Conferencia invitada Performance-Based Seismic Retrofit Guideline for Schools in British Columbia, Canada Dr. John Sherstobitoff, <i>Director, Sismos y Estructuras, Ausenco Engineering, Vancouver, Canadá</i></p>
10:30 a 11:00 h	<p>Mitigación de riesgos por fenómenos naturales en escuelas: tareas pendientes Dr. Mario Ordaz, <i>Investigador, II-UNAM.</i></p>
11:00 a 12:00 h	<p><i>Mesa redonda: Sigüientes pasos a seguir para implantar una Estrategia Nacional de Incremento de la Resiliencia y de Sustentabilidad de la INFE.</i> Moderadora: Mtra. Gabriela Quiroga, <i>Coordinadora Técnica, INIFED.</i></p>
12:00 a 12:15 h	<p>Conclusiones del Taller Internacional Dr. Sergio Alcocer y Dr. David Murià, <i>Investigadores, II-UNAM</i> y Mtra. Gabriela Quiroga, <i>Coordinadora Técnica, INIFED.</i></p>
12:15 a 12:30 h	<p><b>Presentación de los documentos</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa. Metodología.</li><li>• Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa. Manual de campo.</li><li>• Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa. Introducción al comportamiento sísmico de estructuras para fines de evaluación.</li><li>• Rehabilitación sísmica de la infraestructura física educativa de México. Guía Técnica.</li></ul>
12:40 a 13:00 h	<p><b>Ceremonia de clausura</b> Palabras del Dr. Pablo Saavedra, <i>Director para México, Banco Mundial.</i> Intervención del Ing. Jorge Jiménez Alcaraz, <i>Director General, INIFED.</i> Mensaje de clausura de la Dra. Rosa María Ramírez, <i>Directora, II-UNAM.</i></p>



# Día 1

24 de febrero



*EXPERIENCIAS INTERNACIONALES EN  
EL INCREMENTO DE LA SEGURIDAD,  
RESILIENCIA Y SUSTENTABILIDAD  
DE ESCUELAS*

## CONFERENCIAS INVITADAS

01

### *Seismic Retrofitting Programs of School Buildings in Taiwan*

**Dr. Shyn-Jiann Hwang**

*Director General, Centro Nacional de Investigación en Ingeniería Sísmica (NCREE), Taiwán.*



#### RESEÑA BIOGRÁFICA

Profesor de Ingeniería Civil en la Universidad Nacional de Taiwán, Taipei, Taiwán. Es Director General del Centro Nacional de Investigación en Ingeniería Sísmica (NCREE) en Taiwán. Recibió sus grados de maestría y doctorado en la Universidad de California, Berkeley, EUA.

Ha sido galardonado con la Cátedra Distinguida de la Universidad Nacional de Taiwán. Es miembro del Comité del Código Sísmico en Taiwán y participa activamente en la Sociedad del Concreto de Taiwán. Sus investigaciones se centran en el comportamiento de edificios de concreto reforzado y en el diseño sísmico y la rehabilitación de estructuras.

Fue responsable a nivel nacional del apoyo técnico al proyecto de evaluación y rehabilitación de edificios escolares que no cumplían con el código en Taiwán. Actualmente está a cargo del proyecto de rehabilitación sísmica incremental del Ministerio de Asuntos del Interior, el cual tiene como objetivo eliminar las deficiencias sísmicas de los edificios habitacionales.

#### RESUMEN

Estudios recientes han revelado que los edificios escolares en Taiwán son estructuras particularmente vulnerables. El gobierno ha lanzado un proyecto para mejorar el desempeño sísmico de los edificios escolares entre 2009 y 2022 con una inversión de \$2.5 mil millones de dólares. La adopción de una estrategia eficaz que utilice técnicas de rehabilitación de bajo costo y una adecuada priorización de los edificios que serán rehabilitados, es esencial para que este proyecto de rehabilitación tenga éxito.

La metodología de priorización se dividió en tres etapas: un reconocimiento general, una evaluación preliminar y una evaluación detallada. En el reconocimiento general, estudiantes de licenciatura realizaron visitas de campo a 3,721 escuelas y un total de 25,843 edificios. La evaluación preliminar se realizó a partir del cálculo de un índice sísmico. En la evaluación detallada se realizaron análisis estáticos no lineales evaluando el desempeño sísmico del edificio. La modelación de las columnas y los muros

se calibró con resultados obtenidos de experimentos. Adicionalmente, se han realizado pruebas ante cargas laterales *in situ* en algunos edificios escolares existentes en los cuales se optó por su demolición.

Las técnicas comúnmente utilizadas son el encamisado de las columnas con concreto reforzado y la adición de muros de concreto (muros de cortante y muros patín). También se han realizado pruebas *in situ* de estas técnicas en edificios escolares existentes. En el proceso de revisión del diseño de la rehabilitación participan el ingeniero estructural, tres revisores y personal de la escuela. Para el control de la calidad de la rehabilitación se realizan talleres en donde participan tanto ingenieros como personal de la escuela. Finalmente, con el objetivo de dar seguimiento al proceso de rehabilitación se utiliza un sitio web y una base de datos. En general el costo de la rehabilitación ha sido alrededor de 10% del costo de la construcción de un edificio nuevo. Se concluyó promover los sistemas de rehabilitación tradicionales y desalentar los basados con aisladores o disipadores sísmicos de patente por su alto costo.

02

## Performance-Based Engineering Approach to Design for Community Resilience

### Dr. Greg Deierlein

Profesor, Universidad de Stanford, Estados Unidos de América



#### RESEÑA BIOGRÁFICA

Profesor "John A. Blume" en Ingeniería Civil y Ambiental en la Universidad de Stanford. Es Codirector del Centro de Modelado y Simulación Computacional para Riesgos Naturales apoyado por la Fundación Nacional para la Ciencia (NSF). Ha sido Director del Centro de Investigación en Ingeniería Sísmica "John A. Blume" en la Universidad de Stanford. Es ex Director Adjunto del Centro de Investigación en Ingeniería Sísmica del Pacífico (PEER). Sus investigaciones se centran en la ingeniería sísmica basada en el desempeño de edificios e infraestructura civil con énfasis en el análisis no lineal, el diseño y el comportamiento de las estructuras.

Ha dirigido equipos en los que participan investigadores de Estados Unidos, Japón y Taiwán para desarrollar y probar sistemas innovadores de estructuras compuestas acero/concreto, sistemas de rehabilitación y construcciones metálicas de elementos de lámina doblada en frío. Asimismo, trabaja en el desarrollo de estándares y códigos de construcción dirigidos a promover la resiliencia sísmica de comunidades. Es miembro de la Academia Nacional de Ingeniería de los Estados Unidos y miembro distinguido de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles, ASCE.

#### RESUMEN

Las tecnologías de ingeniería sísmica basadas en el desempeño permiten una evaluación cuantitativa del riesgo sísmico de los edificios y la infraestructura. Esto permite mejorar el diseño y la rehabilitación de las estructuras, así como ayudar a elaborar reglamentos y políticas de construcción más eficaces. Esta presentación proporciona una descripción general de los métodos basados en desempeño que se están empleando para evaluar la seguridad estructural y la recuperación después de un sismo de edificios y comunidades.

Se realizó un análisis de la mitigación del riesgo sísmico de casas de madera de uno y dos niveles a partir de la rehabilitación de su estructura. Con el desempeño sísmico de las casas se pudo determinar el beneficio económico de la rehabilitación y con esto incentivar su implantación.

Adicionalmente, con el objetivo de conocer el riesgo de una ciudad, se desarrolló una metodología considerando diversos factores. Se estudió la aplicación de esta metodología con una simulación de un sismo en la bahía de San Francisco. Para realizar el levantamiento de los edificios se utilizaron nuevas tecnologías como el uso de imágenes satelitales. Esta metodología permite mejorar la resolución del mapa de riesgo simulando la respuesta de cada edificio en la zona urbana. Se estudió el tiempo de recuperación después de un sismo de los edificios altos de San Francisco, observando que la respuesta de la ciudad no cumple con los objetivos establecidos para una ciudad resiliente. Se mencionan distintas opciones para reducir el tiempo de recuperación, incluyendo la rehabilitación estructural de los edificios. El uso de esta metodología además de evaluar el riesgo de una ciudad, permite definir las políticas y estrategias de rehabilitación de las ciudades.

03

## Desarrollo de estrategias de inversión eficientes para escuelas más seguras en Asia Central

### **Dra. Carina Fonseca**

*Especialista, Banco Mundial, Estados Unidos de América*



#### RESEÑA BIOGRÁFICA

Es especialista en gestión de riesgos de desastres del Banco Mundial y codirectora del Programa Global para Escuelas Más Seguras del Banco Mundial. Colabora con gobiernos de todo el mundo en la implantación de inversiones para reducir el riesgo e incrementar la seguridad y resiliencia de escuelas. Tiene un doctorado en Ingeniería Sísmica de la University College London.

#### RESUMEN

Kirguistán está expuesto a un riesgo sísmico elevado con posibles pérdidas anuales de hasta 4% del PIB. Se estima que 56% de las muertes esperadas por sismos ocurrirían en escuelas. Hay 4,000 escuelas en Kirguistán, la mayoría construida entre 1920 y 1991. El gobierno inició un proyecto para mejorar la infraestructura educativa entre 2019 y 2025 con una inversión de \$75 millones de dólares. El proyecto abarca 40 escuelas con el objetivo mejorar su resiliencia, sustentabilidad e instalaciones sanitarias.

El Banco Mundial realizó un análisis para elaborar soluciones eficientes y priorizar el financiamiento del proyecto. La mayoría de las escuelas está estructurada con un sistema denominado mampostería compleja. Esta estructuración tiene un comportamiento cercano al de la mampostería no confinada. Otro sistema estructural observado consistió de marcos y muros de concreto reforzado prefabricado. Se evaluaron diferentes esquemas de reforzamiento incremental con un análisis estático no lineal evaluando su costo y beneficio. El costo de la intervención de las escuelas incluyó la rehabilitación sísmica y el mejoramiento de la eficiencia energética y las instalaciones sanitarias. El costo de intervención más bajo fue en los edificios con mampostería compleja.

En la priorización del financiamiento fue muy importante considerar el número de estudiantes beneficiados. El gobierno ha adoptado un criterio en el cual el costo de la intervención no debe ser mayor que 50% del costo de una construcción nueva. Esto implicaría que la mayor parte de la infraestructura educativa sería reemplazada. Este criterio va a ser evaluado para los planes futuros. Actualmente se están desarrollando nuevos modelos de escuelas más resilientes buscando lograr un entorno de aprendizaje óptimo.

## *Towards a National Plan for Integrated Seismic and Energy Efficiency Rehabilitation of Schools: Raising the Bar to Enhance Community Resilience and Sustainability*

### **Dr. Stefano Pampanin**

*Profesor, Universidad de Roma "La Sapienza", Italia*



#### **RESEÑA BIOGRÁFICA**

Desde 2015, es profesor de Ingeniería Estructural en el Departamento de Ingeniería Estructural y Geotécnica de la Universidad de Roma "La Sapienza". De 2002 a 2015 fue profesor de Diseño Estructural e Ingeniería Sísmica y Presidente del Grupo de trabajo de Estructuras y Geotecnia de la Universidad de Canterbury en Christchurch, Nueva Zelanda.

Fue presidente de la Sociedad Neozelandesa de Ingeniería Sísmica, NZSEE (2012-2014); es miembro del Instituto de Ingenieros Profesionales de Nueva Zelanda, IPENZ (desde 2015) y miembro de NZSEE (desde 2017).

En los últimos 25 años ha dedicado un esfuerzo significativo en la investigación y el desarrollo, codificación e implantación práctica de soluciones innovadoras para el diseño sísmico de sistemas de construcción de concreto y madera, así como para la evaluación y rehabilitación sísmica de las estructuras de concreto existentes. Ha participado en diversos comités nacionales e internacionales de códigos, estándares y normas. Es autor de más de 450 publicaciones científicas en el campo de la ingeniería estructural y sísmica, y recibido varios premios por sus actividades de investigación.

Después de los terremotos de Canterbury de 2010-2011, ha tenido un rol clave en las actividades de recuperación e investigación posteriores al terremoto, apoyando e informando sobre el desarrollo de la formulación de políticas relacionadas con el diseño civil y construcción, así como el desarrollo y actualización de nuevos códigos, estándares y normas de diseño y evaluación.

#### **RESUMEN**

En esta presentación se vincularon conceptos importantes relacionados con la resiliencia sísmica, la evaluación y la rehabilitación de escuelas existentes, el riesgo sísmico y el diseño basado en desempeño.

Hace notar la urgencia de un plan nacional coordinado para una rehabilitación integral (sísmica, energéticamente eficiente y arquitectónica) del inventario de edificios existentes en la mayoría de los países del mundo, priorizando los edificios escolares, que finalmente se están reconociendo como un factor sociopolítico crítico a nivel nacional e internacional.

Exhorta a los sectores involucrados a que antes de la ocurrencia de un evento sísmico, se mejore la seguridad sísmica y se incrementen los niveles de desempeño de los edificios existentes ya que, en caso de postergar estas acciones, estas se convertirían en el principal desencadenante de una intervención de rehabilitación o en su defecto reconstrucción.

Independientemente del desencadenante o los desencadenantes motivacionales, una rehabilitación integral holística e integral del inventario de edificios (escolares y residenciales) a nivel nacional, representa una oportunidad única y una inversión a largo plazo para todos los países y comunidades.

Se proporciona una descripción general de los avances recientes y las oportunidades para mejorar la resiliencia y la sostenibilidad de la comunidad, basada en el desarrollo y la implantación de tecnologías y políticas socioeconómicas para el desarrollo, como: a) tecnología de próxima generación para un sistema de construcción integrado (esqueleto más elementos no estructurales) de bajo daño, avanzando hacia el concepto de un "edificio a prueba de sismos" y b) políticas socioeconómicas / financieras proactivas únicas para sustentar programas nacionales a largo plazo para la rehabilitación integral sísmica-energética de todo el conjunto de edificios, con especial énfasis y prioridad en los edificios e infraestructuras escolares.

05

## Propuesta de Mejoramiento Estructural de Centros Educativos



### Dr. Carlos Zavala

*Director, Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.*

#### RESEÑA BIOGRÁFICA

Ha sido Director del Centro Peruano Japonés de Investigación de Ingeniería Sísmica y Mitigación de Desastres en tres ocasiones: 1999, 2007 y 2018. Tiene una amplia experiencia en estudios de vulnerabilidad sísmica y riesgo sísmico en áreas urbanas. Entre 2010 y 2015 fue investigador principal de la contraparte peruana del proyecto JST-JICA SATREPS "Fortalecimiento de tecnologías para terremotos y tsunamis en Perú" que se desarrolló en convenio con la Universidad Chiba de Japón. En la actualidad ha gestado un nuevo Proyecto JST-JICA SATREPS denominado "Proyecto para el Desarrollo de un Sistema Experto Integrado para Estimación y la Observación del Nivel de Daño de la Infraestructura en el Área de Lima Metropolitana", que permitirá la investigación conjunta entre el Perú y Japón en el periodo 2021-2025.

En la actualidad está trabajando en proyectos de reforzamiento de hospitales en la ciudad de Lima en el marco del convenio entre Ministerio de Salud y la UNI. Asimismo, se encuentra realizando trabajos de asesoría en el convenio entre CISMID y la SBS, sobre las pérdidas por terremotos debidos a sismos y tsunamis.

Obtuvo un doctorado en la Universidad de Tokio, Japón, en la especialidad de estructuras de edificios y su maestría en ciencias con especialización en ingeniería estructural en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), donde también se tituló de la Facultad de Ingeniería Civil. Desde 1987 es docente en la Facultad de Ingeniería Civil de la UNI.

#### RESUMEN

En esta presentación se describe un proyecto que se realizó en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), a través del Ministerio de Educación, con iniciativa del gobierno del Perú y con el auspicio del Banco Mundial, donde se realizó una evaluación estructural de los denominados Centros Educativos 780 PRE, que fueron diseñados con la norma de 1977 y tienen vulnerabilidad estructural a causa de columnas cortas. Hace hincapié en que existe un alto número de edificios escolares que tienen esta particularidad. Adicionalmente, evidencia que 40% del inventario de edificios escolares son construidos por la asociación de padres de familia donde se ha podido observar deficiencias estructurales.

A fin de ser reforzados, se realizaron propuestas por parte de la UNI y la Pontificia Universidad Católica de Perú (PUCP), las que trabajaron conjuntamente a fin de realizar la experimentación con tres alternativas diferentes para incrementar la resiliencia de los módulos escolares designados: ACMAC, MARM y P780-IMACA. La propuesta ACMAC consistió en adicionar marcos de acero y contraventeos concéntricos de acero, la propuesta MARM consistió en la construcción de muros de mampostería reforzados con malla de alambre soldado y la propuesta P780-IMACA consistió en la adición de muros de concreto armado. Para tales fines, se realizaron ensayos en tamaño real (UNI) y también a escala reducida (PUCP) reflejando un comportamiento aceptable en las tres opciones. Se comentaron los resultados encontrados, así como los problemas en su implantación. La conclusión fue que la opción con marcos y contraventeos de acero resultó ser la menos invasiva y más rápida en ejecución.

06

## *Mi Comunidad es Escuela: Resiliencia educativa en Cali, Colombia*

**Mtra. Vivian Argueta,**

*Consultora internacional, Banco Mundial, Colombia*



### RESEÑA BIOGRÁFICA

Consultora internacional del Banco Mundial para el Programa Global de Escuelas Seguras y el Ministerio de Educación Nacional de Colombia. Es especialista en desarrollo y resiliencia, y cuenta con más de 15 años de experiencia en tres continentes. Se ha desempeñado como Directora de Resiliencia de Cali, en el marco de la participación en el programa de 100 Ciudades Resilientes de la Fundación Rockefeller, liderando la estructuración de un plan de infraestructura educativa a 12 años para mejorar la calidad de los colegios del municipio y reducir su vulnerabilidad ante sismos, inundaciones y movimientos en masa, entre otras amenazas.

De 2012 a 2014, fue parte del equipo de proyecto del Banco Mundial, liderando la reconstrucción tras el terremoto de Wenchuan, China, enfocándose en el restablecimiento de los servicios de salud y educación, así como en la construcción de infraestructura esencial. Ha trabajado en proyectos de desarrollo urbano y rural, y resiliencia con el Banco Interamericano de Desarrollo y otros organismos multilaterales. Realizó sus estudios en Desarrollo y Gobernabilidad en las universidades de Harvard (EEUU) y Landegg International University (Suiza) y cuenta con una maestría en Administración Pública de la Universidad de Tsinghua (China).

### RESUMEN

En esta presentación se describió el proceso de gestión, tanto a nivel administrativo como técnico, que realizó la ciudad de Cali para incrementar la resiliencia de la infraestructura física educativa. Se describió la experiencia local de Cali, la tercera ciudad más grande de Colombia, y la ciudad más grande dentro de la zona sísmica conocida como el "Anillo de Fuego" del Pacífico, en la que ocurren alrededor de 80% de los eventos sísmicos del mundo. Cali se ha visto afectada por fuertes sismos a lo largo de su historia.

Pone énfasis en que alrededor de 53% de los edificios escolares en Cali, se construyeron antes de 1984, cuando se introdujeron por primera vez las normas de construcción para la resistencia sísmica por lo que únicamente 20% del inventario de estos edificios cumple con las normas técnicas vigentes.

Estas estructuras incluyen gran parte de los 1,550 edificios que son parte de las escuelas públicas en las que estudian 183,000 estudiantes. Como resultado, Cali identificó la infraestructura escolar como

una de sus prioridades clave. Como primera iniciativa para atender las necesidades en infraestructura escolar, Cali lanzó el programa Mi Comunidad, Mi Escuela en 2017 con una inversión estimada de US \$170 millones para mejorar la calidad y relevancia de la educación y contar con escuelas dignas, seguras y resilientes. Resaltó la importancia de mejorar el estado de las instalaciones escolares ya que muchos de los edificios escolares no tienen ambientes propicios para un aprendizaje adecuado.

Esta ponencia se centró en compartir la metodología empleada para contribuir al incremento de la resiliencia de la infraestructura escolar de Cali y se presentaron los resultados más relevantes de esta iniciativa.

# MESA REDONDA

## *Retos a nivel mundial sobre el binomio resiliencia y sustentabilidad*

### **MODERADOR: DR. SERGIO ALCO CER**

*Investigador, Instituto de Ingeniería de la UNAM.*



Investigador del Instituto de Ingeniería y profesor del Posgrado en Ingeniería de la UNAM. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores. También es profesor de tiempo parcial en la Universidad de Texas en San Antonio. Ha sido presidente de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural y de la Academia de Ingeniería de México. Es miembro extranjero de la Academia de Ingeniería de los Estados Unidos. Es miembro del Comité Asesor en Seguridad Estructural del Distrito Federal y preside el Comité Científico Asesor en Sismos y Resiliencia de la Ciudad de México. Además, es miembro del comité técnico 318 del Instituto Americano del Concreto. El Dr. Alcocer es Ingeniero Civil de la Facultad de Ingeniería, UNAM, y Doctor en Ingeniería de la Universidad de Texas en Austin.



### **PARTICIPANTES**

Dr. Greg Deierlein, Universidad de Stanford, EUA.

Dra. Carina Fonseca, Banco Mundial, EUA.

Dr. Stefano Pampanin, Universidad de Roma "La Sapienza", Italia.

Dr. Carlos Zavala, Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, UNI, Perú.

Mtra. Vivian Argueta, Consultora internacional, Colombia.

Mtra. Gabriela Quiroga, INIFED, México.

### **TEMÁTICA**

- Mantenimiento de la INFE.
- Comunicación y participación de la comunidad escolar en proyectos de rehabilitación.
- Sustentabilidad energética de la INFE.

### **RESUMEN**

En un inicio se abordó el tema del mantenimiento de la infraestructura escolar. En el caso de Perú depende de las asociaciones de padres de familia provocando un mantenimiento insuficiente en la mayoría de los casos. A nivel internacional se están diseñando las escuelas del futuro con edificios con costos de mantenimiento bajos. En Asia Central los recursos se asignan de acuerdo con el número de estudiantes; sin embargo, este enfoque ha provocado que muchas escuelas en zonas rurales no cuenten con un financiamiento adecuado. En países como Kirguistán el costo relacionado con el uso de energía es muy elevado. Encontrar soluciones energéticamente sustentables permitiría reducir el costo del financiamiento de estas escuelas.

Se planteó el reto que implica la comunicación entre los distintos actores que participan en la rehabilitación de la infraestructura educativa. El riesgo sísmico no siempre es considerado una prioridad, particularmente cuando existen otras problemáticas dentro del entorno educativo. Se debe considerar incluir a expertos del área de la comunicación en los proyectos para informar y convencer a los tomadores de decisiones. En Nueva Zelanda la comunicación del riesgo sísmico ha sido fundamental. En Colombia cuando se presentó el proyecto de rehabilitación de las escuelas en Cali se enfocó hacia la modernización de las escuelas para tener una infraestructura digna y segura. Esto fue fundamental para su aprobación. Cuando el proyecto de rehabilitación se presenta ante una institución financiera es necesario resaltar la eficiencia de la inversión. Por lo tanto, se deben considerar las prioridades de cada institución para poder comunicar mejor el proyecto.

Adicionalmente, se mencionó la importancia de involucrar a la comunidad escolar (padres de familia y maestros) en el proyecto de rehabilitación. En el caso de Cali la comunidad escolar se ha convertido en la principal defensora del plan de rehabilitación. Se ha observado que es necesario tener un proceso transparente que permita a las comunidades comprender la priorización de las escuelas que serán rehabilitadas. En los presupuestos financiados por el Banco Mundial hay un rubro que considera la inclusión de la comunidad de padres de familia. En Asia Central se han establecido comités en cada escuela en donde las mujeres participan en la toma de decisiones. En México no hay una participación activa de las comunidades escolares dando seguimiento a la rehabilitación de las escuelas.

Finalmente se comentó sobre la implantación de un plan de rehabilitación incremental. Este proceso requiere de un compromiso a mediano y largo plazo para que la rehabilitación alcance su objetivo final y para esto es necesario que existan instituciones sólidas que le den continuidad y una coordinación integral al proyecto.

# Día 2

25 de febrero

A circular inset image on the left side of the page shows a modern building with a white facade and dark brown horizontal accents. The building is partially obscured by a large, leafy tree. The scene is set outdoors with a clear blue sky. The image is framed by a dark green circular border with several concentric lines and small black dots along the inner edge.

*AVANCES Y RESULTADOS  
DE PROYECTOS SEP-INIFED  
Y GOBIERNO DE LA CIUDAD  
DE MÉXICO*



07

## *Programa de reconstrucción de escuelas tras los sismos de 2017 y 2018*



**Dr. Ildefonso González**

*Director de Infraestructura, INIFED*

### RESEÑA BIOGRÁFICA

Ingeniero Civil, egresado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México. Maestro y doctor en Administración Pública, grado otorgado por el Instituto Nacional de Administración Pública. Ha prestado sus servicios en el Gobierno de México, como Coordinador General de Proyectos Especiales de Abastecimiento y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua, encargo que le permitió dirigir la ejecución de Proyectos Emblemáticos y de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento. Actualmente es Director de Infraestructura en el Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa, en Liquidación.

En el Gobierno del Estado de México, fue Subsecretario del Agua y Obra Pública, Director General del Instituto Mexiquense de la Infraestructura Física Educativa, Director General de Inversión y Gestión, Director General de Programación, Control y Normatividad de Obra Pública, Director General del Programa Hidráulico y Director General de Administración de Obra Pública, entre otros.

### RESUMEN

Derivado de los sismos del 7 y el 19 de septiembre del 2017, así como del 16 de febrero del 2018, un gran número de edificios escolares sufrieron daños de diversa índole. Ante estas condiciones, se realizó un levantamiento observando que las entidades federativas en las que la infraestructura física educativa (INFE) sufrió mayores afectaciones fueron: Chiapas, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, Veracruz y la Ciudad de México. El proceso temprano de levantamiento de daños careció de planeación estratégica y rigor técnico, determinando 19,194 planteles dañados. Para atender la infraestructura dañada, se creó el Programa Nacional de Reconstrucción, con la participación de diversas secretarías y distintos niveles de gobierno, en el cual se incluye a la INFE. En 2019 se publicaron los lineamientos específicos para la INFE dentro del Programa Nacional de Reconstrucción para los planteles que aún no habían sido atendidos, considerando la posibilidad de que las acciones de reconstrucción pudieran ser ejecutadas por los Comités Escolares de Administración Participativa (CEAP) conformados por directores, padres de familia, alumnos, maestros y otros representantes de las comunidades escolares.

El Programa Nacional de Reconstrucción considera diversas fuentes de fondeo adicionales al presupuesto federal, como son: el Fondo Nacional de Desastres Naturales (2,958 millones de pesos), el cobro de seguros (1,530 millones de pesos), Fondo de Aportaciones Múltiples Potenciado (3,276 millones de pesos) y Fundaciones Privadas (1,376 millones de pesos). El presupuesto federal asignado al programa se modificó de alrededor de 1,200 millones de pesos en 2019 a 9 millones de pesos en 2020 que se reducirá a 4.5 millones de pesos en 2021, debido a la introducción del programa "La Escuela es Nuestra", en el cual los recursos se asignan directamente a los CEAP. A la fecha existen 372 planteles sin fondeo en siete entidades federativas, que requieren una inversión total estimada de 864 millones de pesos, la mayoría con daños menores.

El programa "La Escuela es Nuestra" consiste en la participación de padres de familia, alumnos y autoridades escolares por medio de los CEAP, quienes deciden las mejoras a realizar. Mediante el programa se han ejercido un total de 10,013 millones de pesos para 51,799 planteles de educación básica. El INIFED da acompañamiento técnico en caso de que los CEAP lo soliciten. Entre 2019 y 2020 se han impartido solamente 190 asesorías. Se han documentado varios casos en los cuales, debido a la falta de acompañamiento técnico, se han presentado fallas por no cumplir los requerimientos técnicos.

Se han impulsado diversos proyectos y herramientas para mejorar la INFE como son: el Certificado de Calidad de la INFE, Normas Mexicanas y Guías de diversa índole, el impulso del uso de tecnologías, el Archivo Documental Normativo (ADN) de los planteles y el Sistema Nacional de Información de la Infraestructura Física Educativa (SNIIFE).

08

## *Lineamientos técnicos para la revisión de la seguridad estructural de planteles educativos después de un sismo*



### **Dr. Renato Berrón**

*Director General, Instituto para la Seguridad de las Construcciones de la Ciudad de México*

#### **RESEÑA BIOGRÁFICA**

Cursó la licenciatura en Ingeniería Civil en la Facultad de Ingeniería de la UNAM y la maestría en Estructuras en la División de Estudios de Posgrado en la misma Universidad; obtuvo el Doctorado en Estructuras en la Universidad "Pierre et Marie Curie" en París, Francia. Cuenta con el Registro de Perito en Seguridad Estructural desde el año de 1999. Tiene más de 20 años de experiencia en el campo del diseño estructural y ha sido profesor de estructuras a nivel maestría. A partir del año 2008, fue el Coordinador Técnico de la Secretaría de Obras y Servicios y, desde el 1° de septiembre de 2012, es el Director General del Instituto para la Seguridad de las Construcciones del Distrito Federal.

#### **RESUMEN**

El programa del Gobierno de la Ciudad de México para la revisión estructural de los planteles educativos, tiene como objetivo establecer los niveles de seguridad de todos los edificios escolares en la ciudad con base en su revisión numérica. Existen 5,561 planteles educativos de nivel básico, con un promedio estimado de cuatro edificios por plantel, generando un universo de alrededor de 22,000 edificios escolares. El objetivo final del programa es que el cien por ciento de los edificios sean revisados numéricamente para establecer el nivel de cumplimiento de los requerimientos del reglamento vigente. Se ha realizado una priorización para la revisión de los planteles de acuerdo con la zona geotécnica en la que se encuentran y el año de construcción, dando una mayor prioridad a aquellos edificios diseñados y

construidos antes de 1985. Con esta priorización se han establecido 7,723 edificios de prioridad muy alta, 3,999 de prioridad alta, 2,069 con prioridad media, 4,734 con prioridad media baja, 2,451 con prioridad baja y 1,268 con prioridad muy baja.

Los criterios para determinar si es necesario realizar la revisión estructural de los planteles educativos después de la ocurrencia de un sismo, se han definido con base en la medición de la aceleración máxima del terreno registrada. En este momento se inicia el proceso de revisión de los edificios escolares, dependiendo la intensidad del movimiento sísmico.

Este proceso de revisión consta de cinco etapas, las cuales difieren ligeramente entre los planteles educativos privados y los públicos. Para el caso de los planteles privados, el proceso inicia con la determinación de los tiempos límite que se otorgarán a los propietarios para llevar a cabo las acciones definidas como prioritarias que consisten en la revisión numérica, el proyecto de rehabilitación en caso de ser necesario y su ejecución. Las acciones prioritarias siempre deberán estar avaladas por un Corresponsable en Seguridad Estructural o un Director Responsable de Obra. Estos tiempos pueden definirse ya sea por la zona geotécnica y el año de construcción del plantel o mediante un levantamiento físico realizado por un especialista. En el caso de los planteles públicos, los tiempos de realización de las acciones prioritarias se han determinado de acuerdo con el nivel de exposición al peligro sísmico. Finalmente, el proceso en ambos casos culmina con la etapa del registro de la Constancia en Seguridad Estructural. Actualmente, el gobierno de la Ciudad de México tiene listos 625 proyectos de rehabilitación, con un costo estimado de 1,500 millones de pesos. Estos proyectos de rehabilitación han sido realizados por despachos de diseño estructural particulares.

09

## Acompañamiento en el proceso de reconstrucción de escuelas



### Dr. David Murià

*Investigador, Instituto de Ingeniería de la UNAM*

#### RESEÑA BIOGRÁFICA

Realizó sus estudios de licenciatura de Ingeniería Civil y de maestría en estructuras en la Facultad de Ingeniería de la UNAM. En el *Institut National des Sciences Appliquées* de Lyon, Francia, obtuvo el título de Doctor.

Es Investigador Titular de tiempo completo en el II-UNAM, donde cuenta con una antigüedad de 39 años. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Entre 1990 y 2015 fue coordinador de Estructuras y Materiales del II-UNAM. Ha producido 181 informes técnicos, 145 artículos en congresos, 52 artículos en revistas, 15 capítulos de libros y 13 libros. Las investigaciones que realiza son sobre temas de dinámica estructural de edificios y puentes.

Fue comisionado por el II-UNAM para coordinar la inspección de los daños producidos por los sismos (p. ej.: Chile en 2010, de Mexicali 2010 y Japón 2011), así como comisionado por el II-UNAM y la Academia de Ingeniería en la inspección de los efectos del huracán Odile (2014).

#### RESUMEN

El Instituto de Ingeniería de la UNAM realizó un acompañamiento técnico al INIFED en el proceso de reconstrucción de escuelas afectadas por los sismos del 7 y 19 de septiembre del 2017, el cual se realizó en colaboración con el Banco Mundial. Dentro de los daños reportados a la Infraestructura Física Educativa

(INFE) pública, se observaron 19,194 planteles dañados sin pérdidas de vidas (69% con daños menores, 36% con daños moderados y severos, y 1% con daños que requirieron reconstrucción). El acompañamiento tuvo como objetivo generar conocimiento basado en las observaciones del comportamiento de la INFE para informar y documentar el proceso de recuperación.

Para alcanzar este objetivo se realizó el estudio estadístico de una base de datos de 12,322 edificios escolares, utilizando las cédulas de inspección recabadas por el personal tanto del INIFED como de los organismos estatales. La calidad de la información de estas cédulas fue muy heterogénea: 46% de los edificios analizados se clasificó como atípicos ya que no correspondían a ninguno de los prototipos establecidos por INIFED y en alrededor de 50% de los edificios prototipo se desconoce el año de construcción. Los edificios mayormente afectados fueron los prototipos regionales de mampostería y los urbanos de marcos de concreto. Los daños son atribuibles a deficiencias en los diseños (detallado no dúctil y baja resistencia), deficiencia en la calidad constructiva, falta de inspección, a modificaciones inadecuadas, así como falta de mantenimiento. El año de construcción influyó en el nivel de daño en los edificios de concreto y acero, con mejores desempeños en aquellos construidos después de 1985. La mayor cantidad de daños se concentraron en los muros de mampostería tanto de carga como divisorios.

Se llevaron a cabo inspecciones de campo en los estados de Oaxaca, Morelos y en la Ciudad de México, en las que se observaron los distintos tipos de falla, algunas deficiencias en el mantenimiento e inclusive algunas deficiencias en los procedimientos de reconstrucción y rehabilitación.

Como complemento, se analizó numéricamente el comportamiento de los prototipos regionales de una y cuatro aulas sin y con rehabilitación, así como el comportamiento de los prototipos U1C y U2C diseñados en 1970 (pre-85) y en 2011 (post-85) sin y con rehabilitación, bajo distintos escenarios de peligro sísmico. Se caracterizó la eficiencia de los esquemas de rehabilitación para limitar los daños a niveles de desempeño de ocupación inmediata.

Las edificaciones con buena calidad constructiva o modificaciones al sistema estructural revisadas por especialistas calificados en ingeniería, exhibió un buen comportamiento. Se recomienda que para reducir gradualmente el riesgo sísmico se establezca una estrategia integral, sistemática y multianual. Se debe hacer énfasis en la infraestructura existente construida antes de 1985 y de los edificios atípicos. Elaborar manuales y guías de observación obligatoria para diseño, rehabilitación, construcción, inspección, mantenimiento y conservación de escuelas. Además, de un programa de capacitación y certificación de personal para contar con los especialistas calificados requeridos, y difundir ampliamente las estrategias y acciones.

## Metodología de evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México



### Dr. Sergio Alcocer

Investigador, Instituto de Ingeniería de la UNAM

#### RESEÑA BIOGRÁFICA

Veáse en página 17



### Ing. Rubén Bautista

Becario, Instituto de Ingeniería de la UNAM

#### RESEÑA BIOGRÁFICA

Becario en el Instituto de Ingeniería. Ha colaborado en proyectos de evaluación de daños por los sismos de 2017 en México. Es coautor de la serie de publicaciones: "Evaluación postsísmica de la infraestructura física educativa de México". Actualmente, labora en proyectos relacionados con la evaluación y revisión estructural de edificios escolares. Es ingeniero civil de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, titulado con Mención Honorífica.

#### RESUMEN

Se presentó la metodología de evaluación postsísmica de la INFE elaborada para estandarizar y homogenizar las campañas de levantamiento de daños dentro de la etapa de auxilio. La metodología está organizada en tres niveles de evaluación con distintos objetivos, alcances y tiempos de ejecución. El primer nivel denominado Metodología de Evaluación Rápida (MER) está considerado para desarrollarse en los primeros días posteriores al evento, durante la etapa de auxilio. El segundo nivel, denominado Metodología de Evaluación Intermedia (MEI) está previsto para realizarse durante las primeras semanas y se contextualiza durante la etapa de recuperación. El último nivel, denominado Metodología de Evaluación Profunda (MEP), se realiza durante la etapa de reconstrucción. Cada uno de los niveles tiene distintos alcances; mientras que la denominada MER busca determinar si el inmueble puede utilizarse, informando mediante una identificación basada en colores (verde, amarillo o rojo), la MEI tiene como objetivo determinar si la estructura requiere o no rehabilitación o si debe ser demolida y el fin de la MEP es que sirva de herramienta para el diseño de la rehabilitación.

La metodología se ha plasmado en tres documentos técnicos disponibles para su consulta en la página del INIFED. El primer documento se refiere a la descripción detallada de la metodología y las características y recomendaciones de los niveles de evaluación MER y MEI, incluyendo gráficos de apoyo y tablas para facilitar su implantación. El segundo documento se refiere a un manual de campo para apoyar a los inspectores en el trabajo de levantamiento de daños en sitio, con recomendaciones generales y referencias gráficas. El tercer documento contiene información con respecto al comportamiento sísmico de las estructuras, para coadyuvar en el entendimiento de los inspectores de daños en relación con las posibles razones de los daños observados en las edificaciones. Es un documento de carácter didáctico útil para cursos de licenciatura y posgrado.

El conjunto de los tres documentos constituye un material autocontenido que incluye los conocimientos básicos necesarios para la capacitación y habilitación para asegurar que se cuente con un procedimiento de levantamiento y clasificación del daño consistente y homogénea.

## Guía técnica para la rehabilitación sísmica de la infraestructura física educativa



### Dr. Sergio Alcocer

*Investigador, Instituto de Ingeniería de la UNAM*

#### RESEÑA BIOGRÁFICA

Veáse reseña en página 17

#### RESUMEN

Debido a la necesidad de contar con información robusta y técnicamente sólida con respecto a los procesos de rehabilitación de la Infraestructura Física Educativa, se desarrolló una guía de rehabilitación sísmica que contiene aspectos generales y detalles de los diversos esquemas y procesos de rehabilitación utilizados en México. La finalidad de esta guía es orientar a aquellos profesionales que desarrollen, ejecuten y supervisen los diversos proyectos de evaluación, y a los propietarios en el caso de escuelas privadas. Su uso está considerado en un nivel de evaluación profunda en el cual se considera el desarrollo de los proyectos de rehabilitación. Este documento es de observancia obligatoria para el Sistema Educativo Nacional y debe utilizarse como complemento de la normatividad local aplicable.

Se establecen recomendaciones para los diversos tipos de edificación, sugiriendo distintos esquemas de rehabilitación dependiendo el tipo de estructura que se trate, ya sean de concreto, acero, mampostería o una combinación de ellos. Se explican los contenidos mínimos considerados tanto para los informes de evaluación de los inmuebles como para el proyecto ejecutivo.

En la guía se exploran y explican las diversas estrategias de rehabilitación, así como las diversas etapas que deben seguirse para la evaluación de un inmueble y la información mínima que se requiere. Se incluyen apartados específicos de las consideraciones de análisis que deben hacerse para las estructuras existentes y la determinación de las propiedades de los materiales. También recomendaciones generales del tipo y cantidad de información que debe integrarse en la evaluación profunda de la estructura. Se incluyen detalles constructivos de muy diversos esquemas de rehabilitación, con elementos gráficos detallados para facilitar su interpretación en el momento de la ejecución de la obra, así como recomendaciones para el aseguramiento de la calidad. Se realiza una descripción de las obligaciones y responsabilidades de los distintos actores involucrados en el proceso de rehabilitación, con un énfasis en los procedimientos constructivos y sus detalles como pueden ser las características del apuntalamiento.

## Avances en el estudio del comportamiento detallado de edificios escolares ante sismos



### Mtra. Gianella Valencia

Becaria, Instituto de Ingeniería de la UNAM

#### RESEÑA BIOGRÁFICA

Titulada de Ingeniería Civil por la Escuela Superior Politécnica del Litoral de Ecuador (ESPOL) y graduada de maestra en Ingeniería por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Actualmente es estudiante de doctorado en el área de estructuras del Instituto de Ingeniería de la UNAM.



### Mtro. Santiago Rodríguez

Becario, Instituto de Ingeniería de la UNAM

#### RESEÑA BIOGRÁFICA

Ingeniero Civil por la Universidad Autónoma de Baja California y maestro en Ingeniería por la UNAM. Actualmente es becario *Fulbright*-García Robles para realizar estudios de doctorado en Estados Unidos. Participa en el proyecto "Acompañamiento técnico del proceso de rehabilitación sísmica de la infraestructura escolar de la Ciudad de México".

#### RESUMEN

Se presenta un estudio numérico del comportamiento de edificios escolares urbanos de concreto tipo UC, de acuerdo con el catálogo de estructuras CAPFCE-INIFED para determinar su comportamiento estructural, establecer recomendaciones de solución de rehabilitación y determinar su posible comportamiento ante eventos futuros. Se utilizan los conceptos de desempeño estructural, considerando que la Infraestructura Física Educativa (INFE) debe permanecer operacional después de un evento sísmico, según la normatividad mexicana. Se ha observado que un gran porcentaje de la INFE existente no tiene las cualidades para cumplir con este nivel de desempeño, por lo que debe ser rehabilitada, incluso aunque no hayan sufrido daños.

Se estudiaron edificios de 1 a 3 niveles con diseños de 1982, 1988 y 2011. En general, son estructuras con una planta rectangular con relaciones de aspecto mayores que 2, estructuradas a base de marcos de concreto con losas macizas y la presencia de muros divisorios de mampostería en los prototipos de 1982 y con algunos muros de concreto en prototipos posteriores. Aún y cuando en los planos se indica que los muros y muretes divisorios deben estar correctamente desligados, se ha observado en campo que en muchas ocasiones este detalle no se respeta, generando problemas de columna corta. Las propiedades de los materiales se determinaron de acuerdo con lo observado en estructuras de este mismo tipo como función del año de construcción. Para el nivel de peligro sísmico, se consideró lo estipulado tanto en el Norma de Seguridad de escuelas del INIFED como en las NTC-Sismo de la Ciudad de México.

Se estudiaron modelos elásticos de los cuales se identificaron los periodos fundamentales de vibrar para todos los prototipos, observando que los prototipos de 1982 son los más flexibles. Las distorsiones de entrepiso en los prototipos de 1982 sobrepasan significativamente las distorsiones permisibles establecidas en las NTC-Concreto, mientras que en los prototipos de 1988 se cumplen cabalmente

con dichas distorsiones, y para los prototipos de 2011. La eliminación de algunos muros de concreto respecto al prototipo de 1988, por cuestiones de funcionalidad, produce que las distorsiones sean superiores a las permisibles. Se observó también que al considerar los muros divisorios ligados a la estructura principal, las distorsiones se reducen significativamente, pero se introducen problemas de columna corta en aquellas columnas en contacto con los muretes bajo ventana. Estas reducciones en la distorsión son significativas en los prototipos y direcciones en las cuales no existen muros de concreto.

Cuando los modelos numéricos de los prototipos se sometieron a las acciones de diseño correspondientes a la Ciudad de México, se observaron niveles de distorsión satisfactorios; sin embargo, las revisiones por capacidad resistente de los elementos estructurales manifestaron comportamientos inadecuados en ciertos elementos. En general, ninguno de los prototipos de 1982, tiene un comportamiento satisfactorio, mientras que los prototipos de 1988 manifiestan un mejor comportamiento que los prototipos del 2011, sobre todo, para los edificios de un solo nivel.

# MESA REDONDA

## *Experiencias de las entidades federativas en la evaluación, rehabilitación (diseño, construcción), operación y mantenimiento de la INFE en México.*

### **MODERADOR: DR. LUCIANO FERNÁNDEZ**

*Profesor de la Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Azcapotzalco.*



Ingeniero Civil por la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del Instituto Politécnico Nacional. Maestro en Ingeniería en 2007 y Doctor en Ingeniería en 2011 por la UNAM. Miembro del SNI nivel I. Miembro del comité de Interacción Suelo Estructura de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica y del subcomité revisor de las NTC - Sismo de la Ciudad de México.



### **PARTICIPANTES**

Dr. Ildelfonso González, INIFED.

Dr. Renato Berrón, Instituto para la Seguridad de las Construcciones de la Ciudad de México.

Ing. Eduardo Gutiérrez, Instituto Colimense de la Infraestructura Física Educativa (Panelista invitado).

Mtro. Rafael Navas, Instituto Mexiquense de la Infraestructura Física Educativa (Panelista invitado).

Ing. Jorge Alcocer, Instituto Guerrerense de Infraestructura Física Educativa (Panelista invitado).

Lic. Adolfo Maldonado, Instituto Oaxaqueño Constructor de Infraestructura Física Educativa (Panelista invitado).

Mtra. Gabriela Quiroga, INIFED.

### **TEMÁTICA**

- Experiencias en los procesos de levantamiento de daños y reconstrucción de la infraestructura física educativa.
- Propuestas para mejorar el proceso de respuesta (levantamiento de daños y de reconstrucción).
- Propuestas y comentarios para incrementar la resiliencia de las comunidades educativas en los planteles escolares.

### **RESUMEN**

Dr. Ildelfonso González. Se debe mejorar la planeación y el rigor técnico en los levantamientos de daño y censos de las escuelas. Es muy importante contar con estrategias que permitan mejorar la seguridad de las escuelas, así como la profesionalización de las empresas constructoras y de supervisión de obras, y la responsabilidad que llevan en el proceso de reconstrucción y construcción de escuelas.

Mtro. Rafael Navas. Después de los sismos de 2017, se presentaron problemas en los diagnósticos de las escuelas debido a datos erróneos de los CCT, escuelas cerradas, falta de conocimiento técnico, etc. Se debe trabajar en crear conciencia de la importancia de la seguridad en la comunidad de padres de familia y en la capacitación de los revisores y constructores de escuelas. Adicionalmente, debe mejorar la supervisión de obras dada su importancia.



Lic. Adolfo Maldonado. Es necesario tomar en consideración las características propias de cada estado al momento de exigir la información de los levantamientos de daños de las escuelas, después de un sismo. En el caso de Oaxaca esto es muy importante pues se dificulta en muchas ocasiones llegar hasta los planteles. La respuesta del FONDEN fue tardía, una vez que se compartieron los datos de los levantamientos de daños y esto se debe mejorar. Se debe ampliar la comunicación entre los padres de familia, los profesores y la dirección de la escuela, y los presidentes municipales y de gobierno. Es fundamental elaborar y contar con atlas de riesgo de las escuelas, así como continuar trabajando con los gremios de profesionales (colegios), las instituciones, los padres de familia y lograr la comunicación entre todos estos grupos.



Ing. Jorge Alcocer. Se ha ganado experiencia debido a los riesgos a los que está sometido el estado de Guerrero (sismos y huracanes), lo que ha permitido identificar áreas de oportunidad y poder distribuir los recursos donde más se necesitan. Existe una buena relación entre el INIFED y el IGIFE, así como con los colegios que ofrecen su apoyo para el levantamiento de los daños cuando ocurre un evento. El apoyo del INIFED con la normatividad y documentos técnicos ha sido fundamental. Es muy importante la comunicación entre las comunidades y las autoridades locales. Como áreas de oportunidad se identifica la necesidad de elaboración de un atlas de riesgo para las escuelas y planes de protección civil, además de contar con un sitio que tenga la información general y técnica de las escuelas. Para lograr la resiliencia de las escuelas es imprescindible garantizar la seguridad, la recuperación en un tiempo corto, crear cultura en las comunidades y fomentar las relaciones de todas las partes interesadas. Sería de gran ayuda que los estados se apoyen en las investigaciones existentes sobre los diferentes temas y el conocimiento disponible así como en las instituciones a nivel nacional y local.



Ing. Eduardo Gutiérrez. En el estado de Colima ya se tienen atlas de riesgo y diagnóstico de las escuelas, distribuidas por municipios, esto se logró gracias a la designación de un técnico responsable de hacer los levantamientos por cada municipio. El trabajo del ICIFE se apoya mucho de Protección Civil y la comunicación entre ellos permite no solapar esfuerzos a la hora de realizar los levantamientos de daño.



Dr. Renato Berrón. Existen deficiencias en las cédulas de Evaluación Rápida, después de un sismo, principalmente por falta de organización, y porque muchas veces los grupos de trabajo no cuentan con los especialistas necesarios. Con respecto a los estudios más detallados que realiza el ISC, el inconveniente es la falta de personal. La existencia de la Comisión de Reconstrucción y Rehabilitación es una fortaleza, en ella se revisan a detalle los proyectos de rehabilitación, que se llevan a mesas técnicas y se discuten con la participación de varios especialistas (arquitectos, ingenieros estructurales y de geotecnia). El tema de los fondos para la ejecución de los proyectos de rehabilitación y reconstrucción ha sido muy complicado. Se debe fortalecer la supervisión, ya que a pesar de contar con un reglamento que incluye los temas de control de calidad, existen muchas deficiencias en este tema, producidos por la competencia entre los Corresponsables en Seguridad Estructural, así como conflictos de intereses entre estos y los propietarios de edificios, falta de personal para revisión y poco control en obra. Se debe de aprovechar el momento (gobierno de turno) y las posibilidades de seguir creando conciencia además de continuar trabajando en la rehabilitación de las escuelas con tal de que en próximos eventos, no se presenten colapsos.

## CONCLUSIONES

Se requiere urgentemente establecer protocolos y metodologías estandarizadas para llevar a cabo los levantamientos de daños producidos por fenómenos naturales en la infraestructura educativa que consideren las particularidades de las distintas regiones del país. La falta de planeación y organización previa derivó en dificultades y falta de calidad en la información recabada. Dentro del esfuerzo de

planeación, se requiere del desarrollo de atlas de riesgo y la preparación de un mayor número de especialistas capacitados en labores de supervisión y reconocimiento de daños. Se debe desarrollar una coordinación para integrar todas las acciones de mejoramiento, reconstrucción, rehabilitación y construcción de escuelas públicas y privadas para lograr cumplir con el criterio de desempeño de ocupación inmediata. Siendo fundamental generalizar una política de prevención y, para tal fin, es crucial no descuidar los programas de conservación y mantenimiento de las escuelas existentes, así como el desarrollo de estrategias eficientes para la comunicación del riesgo a las comunidades escolares (padres de familia, profesores, alumnos, etc.)

# Día 3

26 de febrero

A circular inset image on the left side of the page shows a modern building with a white facade and dark brown horizontal accents. The building is partially obscured by a large, leafy tree. The sky is blue. The image is framed by a dark green circular border with several concentric lines and small black dots along the inner edge.

## *HACIA UNA ESTRATEGIA NACIONAL DE INCREMENTO DE LA RESILIENCIA Y DE SUSTENTABILIDAD DE LA INFE*



13

## Marco de referencia y propuesta de procedimientos para el reforzamiento y diseño sísmico por resiliencia de la infraestructura física educativa en México



**Dr. Gustavo Ayala**

*Investigador, Instituto de Ingeniería de la UNAM*

### RESEÑA BIOGRÁFICA

Investigador por 52 años del Instituto de Ingeniería UNAM y visitante frecuente de universidades prestigiosas. Egresado de licenciatura y maestría de la UNAM, de Doctorado de la Universidad de Southampton y de un diplomado de diseño por viento del Instituto Von Karman. Sus temas de investigación incluyen el desarrollo y aplicación de modelos y métodos numéricos a problemas de ingenierías estructural, sísmica, geotécnica y eólica. Es miembro numerario de la Academia de Ingeniería, miembro honorario de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Estructural y honrado con la medalla Luis Esteve por sus contribuciones a la Ingeniería Sísmica, una cátedra *Marie Curie* de la Comisión Europea y recientemente con el *Hypatia International Award* (ΥΠΙΑ) del Centro Internacional para la Conservación del Patrimonio Arquitectónico.

En la actualidad, su investigación se ha centrado en el desarrollo de métodos y herramientas computacionales novedosas para el análisis de construcción histórica y la evaluación y diseño sísmico basado en desempeño de edificaciones, así como de líneas vitales involucrando aspectos de resiliencia y recuperación de funcionalidad. Sus actividades como profesional independiente incluyen consultorías en diversos problemas de modelación y análisis de estructuras importantes y con frecuencia estudios de monitoreo y determinación de la salud estructural de infraestructura existente.

### RESUMEN

Se desarrolla un procedimiento que permite evaluar el desempeño sísmico y la resiliencia de edificios escolares existentes y, con base en sus resultados, proponer su reforzamiento o diseño y construcción de edificios nuevos. Se ha observado que en México, la INFE ha presentado pérdidas de funcionalidad como consecuencia de diferentes fenómenos naturales, lo que muestra la importancia de desarrollar procedimientos basados en desempeño y conceptos de resiliencia, como enfoque a seguir en el reforzamiento y diseño de la infraestructura educativa.

El método de evaluación propuesto aborda el problema desde un punto de vista integral considerando elementos estructurales, no estructurales, contenidos, pérdidas económicas, tiempo de recuperación, reparación, número de trabajadores, entre otros. La técnica calcula la pérdida de funcionalidad a partir del área no útil, que se define a partir de los elementos dañados y la cantidad de usuarios de la estructura. Para la recuperación de funcionalidad se usa el método de la ruta crítica, así como la técnica de evaluación y revisión de proyectos PERT (*Project Evaluation and Review Techniques*).

El método propuesto se ejemplifica por medio de su aplicación en un edificio de concreto reforzado. El ejemplo utiliza métodos de análisis no lineal; sin embargo, se menciona que es posible el uso de métodos análisis simplificados.

Como reflexiones finales se sugiere la consideración de la pérdida y tiempo de recuperación de la funcionalidad de los edificios como base para los futuros métodos de diseño y evaluación de los edificios escolares.

13

## Oportunidades de apoyo del Banco Mundial a SEP/INIFED para la reducción de la vulnerabilidad sísmica de infraestructura educativa en México

**Mtro. Fernando Ramírez**

*Banco Mundial, Singapur*



### RESEÑA BIOGRÁFICA

Ingeniero Civil, con maestría en Ingeniería Geotécnica de la Universidad Nacional de Colombia. Cuenta con 25 años de experiencia como ingeniero y con 15 años en el campo de la gestión del riesgo de desastres. Como jefe de proyecto en el Instituto Colombiano de Geología y Minería (Ingeominas) dirigió numerosos estudios científicos en amenazas, vulnerabilidad y riesgo. Como titular de la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE) de Bogotá, fue responsable de las políticas de gestión del riesgo de desastre de la ciudad, desde identificación y reducción de riesgo hasta atención de emergencias y recuperación posdesastre.

Fue consultor del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y de la Estrategia Internacional de Reducción de Desastres para América Latina de Naciones Unidas (UN-ISDR). Fue asesor del Programa de Apoyo a la Prevención de Desastre en la Comunidad Andina (Predecán). En la actualidad es Especialista Senior en Gestión de Riesgos de Desastres en el Banco Mundial y coordinador de la Iniciativa de Modelamiento Probabilista de Riesgo (CAPRA).

### RESUMEN

En 2018 se llevó a cabo el estudio para recabar información sobre del comportamiento de la infraestructura escolar afectada durante los sismos de 2017 en México. En este estudio se identificó la necesidad de una estrategia nacional para mejorar el comportamiento sísmico de los edificios escolares, además de la necesidad de llevar a cabo actualizaciones del marco regulatorio para la gestión de la infraestructura escolar.

Para la mejora de la infraestructura educativa es necesario el conocimiento actualizado y sistemático de la condición y capacidad de la infraestructura existente, procurando tener una buena calidad de la información. Además, también es necesario identificar y evaluar la condición de construcciones atípicas.

El Banco Mundial creó el "Programa Global de Escuelas Seguras" con la finalidad de desarrollar herramientas que faciliten la toma de decisiones en temas de infraestructura escolar. Se propone como estrategia para la reducción del riesgo sísmico de los edificios escolares: el uso de tecnología e innovación para la gestión de información eficiente, la toma de decisiones basadas en estudios de riesgo, la optimización de las soluciones ingeniería, y la maximización de beneficios a través de estrategias adecuadas de intervención.

El Banco Mundial desarrolló un proceso de planificación a gran escala para lograr escuelas seguras y resilientes, con el objetivo de planificar una estrategia de inversión y una estrategia de implantación. Es necesario proporcionar indicadores cuantitativos de riesgo para que los tomadores de decisiones puedan desarrollar estrategias de intervención óptimas.

Concluyó que el Banco Mundial cuenta con alternativas de apoyo financiero y asistencia técnica al INIFED.

15

## *Performance Based Seismic Retrofit Guidelines for Schools in British Columbia, Canada*

**Dr. John Sherstobitoff**

*Director, Sismos y Estructuras, Ausenco Engineering, Vancouver, Canadá*



### RESEÑA BIOGRÁFICA

Ha dirigido durante los últimos 10 años, el Comité Permanente de Diseño de Terremotos (SCED), desde donde se establecen las disposiciones sísmicas para el Código Nacional de Construcción de Canadá. Preside el Grupo de Trabajo dentro de SCED sobre aislamiento sísmico y la disipación de energía suplementaria, y también coordina un grupo de trabajo que aborda el diseño basado en el desempeño y la resiliencia. Ha sido coordinador del proyecto de reforzamiento sísmico basado en desempeño de la INFE en la provincia de Columbia Británica, Canadá.

### RESUMEN

La presentación aborda el proceso que se llevó a cabo para el desarrollo de guías de reforzamiento sísmico basadas en desempeño aplicadas a la infraestructura escolar en la región de Columbia Británica, Canadá. Las guías desarrolladas se hicieron con la finalidad de garantizar que en el reforzamiento de una estructura se alcance por lo menos un nivel de desempeño asociado a la seguridad de vida, tratando de garantizar una implementación eficaz en función de los costos. Además, otro de los principales objetivos de las guías es proporcionar métodos y técnicas normalizadas para que todos los agentes involucrados en el reforzamiento de estructuras escolares tengan un acercamiento semejante.

Para el desarrollo de las guías, el comité encargado congregó a diferentes grupos de expertos en el tema, donde se destacan cuatro grupos: ingenieros e investigadores de la Universidad de *British Columbia*, un comité revisor con expertos locales, un comité revisor externo independiente conformado por expertos en ingeniería de Estados Unidos, y un comité técnico encargado de la implantación del programa.

Para cada publicación de las diferentes versiones de las guías, se organizaron talleres de capacitación donde se convocan a ingenieros estructurales, autoridades escolares locales, y autoridades gubernamentales clave. Con la información de estos talleres se crean bases de datos con los ingenieros o firmas de ingeniería que asistieron a los talleres, los cuales son los únicos capaces de aplicar la metodología.

El camino a seguir en Columbia Británica es con base en las normas de construcción y seguridad para adoptar requisitos para edificios existentes para 2024. Se espera que los nuevos requisitos para edificios existentes utilicen la eficiencia energética, el clima y la resiliencia ante desastres. En Canadá se ha establecido un grupo de trabajo para evaluar opciones, por ejemplo, relativas a un código nacional para edificios existentes; quizás para su implementación a partir de 2025, se pretende incluir los requisitos de factor sísmico.

Los objetivos a futuro del programa son: considerar diferentes intensidades sísmicas, conseguir mejores niveles de desempeño como el de ocupación inmediata, proponer objetivos de desempeño basados en resiliencia para diferentes niveles de riesgo sísmico. Crear guías aplicables a cualquier estructura, no sólo a la infraestructura escolar.

16

## Mitigación de riesgos por fenómenos naturales en escuelas: tareas pendientes

### Dr. Mario Ordaz

*Investigador, Instituto de Ingeniería de la UNAM.*



#### RESEÑA BIOGRÁFICA

Ingeniero civil (1983), Maestro en Ingeniería (1986) y Doctor en Ingeniería (1992) por la UNAM. Desde 1987, es investigador en el Instituto de Ingeniería de la UNAM. Autor de más de 100 trabajos publicados en revistas con circulación internacional, más de 60 publicados en memorias de congresos y 4 capítulos de libros. Más de 2,000 citas a su trabajo publicado.

Ha participado en el desarrollo de casi todas las normas de diseño por sismo que se han hecho en México desde 1985, así como en la elaboración de normas de otros países. También ha participado en la elaboración de estudios de riesgo sísmico, con fines de diseño estructural, en alrededor de 30 proyectos importantes, incluyendo la planta nuclear de Laguna Verde y los puentes de la Autopista del Sol.

Es autor del programa CRISIS, ampliamente usado en el mundo para llevar a cabo cálculos de peligro sísmico. Encabezó el desarrollo de los sistemas usados por el gobierno de México para evaluar la solvencia de las compañías de seguros (terremoto en 1998 y riesgos hidrometeorológicos en 2008). Ha asesorado a los gobiernos de Perú y Colombia en estas materias. Encabezó el desarrollo de la plataforma CAPRA, patrocinada por el Banco Mundial, que incluye software para evaluaciones de riesgo multi-amenaza. Encabezó el desarrollo de la plataforma R-FONDEN usada por el gobierno de México para la cuantificación del riesgo por desastres naturales de la infraestructura federal.

#### RESUMEN

Los aspectos técnicos del comportamiento, técnicas de reconstrucción y reforzamiento de escuelas están, en general, bien entendidos, por lo que se debe proceder a planear el diseño y ejecución de actividades de mitigación de riesgos en la infraestructura escolar, las cuales deben estar basadas en las diferentes experiencias internacionales. Lo anterior nos lleva a la necesidad de evaluar cuantitativamente el riesgo para tomar mejores decisiones. Estas tareas deben ser a largo plazo, y quizás deban ser de carácter permanente, y no estar asociadas a reconstrucciones de emergencia después de eventos intensos.

Como se sabe, no es posible reforzar todas las escuelas al mismo tiempo, sería ideal empezar por las escuelas con mayor relación beneficio/costo. La medición del costo está bien definida, lo que deja la

interrogante de cómo medir el beneficio. En este trabajo se propone una metodología para medir el beneficio y así priorizar el refuerzo de escuelas por áreas geográficas y tipos, así como, para determinar los montos óptimos de intervención.

Se deben priorizar las actividades de refuerzo y reconstrucción, que son las únicas actividades que mitigan el riesgo. En la planeación de construcciones nuevas se debe tener en cuenta el costo de daños futuros como condicionante de los criterios de diseño. Incluir explícitamente los costos de las pérdidas futuras en la decisión puede conducir a estructuras menos riesgosas.

Además, se deben financiar las actividades de mitigación de riesgos. La transferencia del riesgo financiero es necesaria para poder llevar a cabo las actividades de mitigación con un sobresalto menor; debe verse como un instrumento para estabilizar el errático flujo de pagos que enfrentan los gobiernos a consecuencia de la ocurrencia de eventos naturales que produzcan pérdidas, incluyendo los desastres.

Recientemente ha habido diversos desarrollos técnicos, metodológicos y de mercado que han impulsado el crecimiento y la aceptación del seguro paramétrico. En el seguro paramétrico, las indemnizaciones ocurren no como consecuencia de un ajuste detallado de las pérdidas que realmente ocurrieron, sino como consecuencia de que ciertos índices tomen ciertos valores predeterminados. Hay ya una gran variedad de instrumentos de este tipo. El Gobierno de México cuenta, en principio, con toda la información necesaria (amenaza, exposición) para estructurar un seguro paramétrico adecuado para la infraestructura escolar.

# MESA REDONDA

## *Siguientes pasos a seguir para implantar una Estrategia Nacional de Incremento de la Resiliencia y Sustentabilidad de la INFE*

**MODERADORA: MTRA. GABRIELA QUIROGA**

INIFED



Es egresada con mención honorífica de la Licenciatura en Urbanismo de la Facultad de Arquitectura de la UNAM. Cuenta con el grado de Especialista en Gestión Pública por la Escuela de Administración Pública del Gobierno de la Ciudad de México y con la "Maestría en Gestión Pública para la Buena Administración". Cuenta con los diplomados en Desarrollo de Habilidades Directivas, de Administración de Proyectos de Desarrollo Inmobiliario y el de Ciudades Seguras a través del Espacio Público y la Convivencia. En 2018, se le otorgó el Reconocimiento y medalla como Mujer Profesional destacada de Iberoamérica.

Ha ocupado diversos cargos en el sector público, entre ellos, fue Directora de Desarrollo Urbano en la Delegación Miguel Hidalgo, Coordinadora General de Desarrollo y Administración Urbana en la SEDUVI, Directora General de Gestión, Vinculación y Asuntos Jurídico-Normativos de la Extinta Autoridad del Espacio Público del GDF, Órgano Desconcentrado de la SEDUVI y Asesora en temas de Desarrollo Urbano de la Jefatura de Gobierno. Actualmente es Coordinadora Técnica en el Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa, Órgano descentralizado de la SEP.

### **PARTICIPANTES**

Dr. Gustavo Ayala, Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Dr. John Sherstobitoff, Ausenco Engineering.

Dr. Mario Ordaz, Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Mtro. Joaquín Toro, Banco Mundial.

(Panelista invitado)



### **TEMÁTICA**

- Bancos de información sobre INFE.
- Estrategias de incremento de la resiliencia y sustentabilidad.
- Herramientas y modelos de transferencia de riesgo.

## RESUMEN

Se inició la discusión con el manejo de datos e información de la infraestructura escolar en México. Se partió del supuesto de que el país tiene resueltos la mayoría de los aspectos referentes a la información y datos de la infraestructura. Sin embargo, se debe entender que, incrementar las capacidades para lograr mejorar el desempeño de la infraestructura del país, es un asunto de largo plazo, por lo que es necesario definir un programa de mejoramiento basado en una metodología clara, verificar y, en su caso, completar los datos de la infraestructura, y tener bases técnicas sólidas. México tiene la capacidad técnica para llevar a cabo un programa de esta magnitud, pero requiere tomar la decisión política para emprenderlo.

Un buen ejemplo es el programa de mejoramiento de escuelas que se lleva a cabo en Columbia Británica, que está en curso desde hace unos años y se estima completar en diez años más. Para tal fin, fueron claves varios factores, por un lado, se tenía la preocupación y la presión de los padres de familia para que sus hijos acudieran a escuelas seguras y, por otro lado, la decisión del gobierno para evaluar los datos disponibles, recaudar fondos del programa y llevar a las escuelas de mayor riesgo sísmico a un nivel de desempeño de seguridad de vida.

Por otra parte, se habló de cómo estimar las pérdidas futuras en un país sujeto a un gran riesgo sísmico como lo es México. Se concluyó que el país tiene gran experiencia y capacidad técnica para el desarrollo de modelos de estimación de pérdidas, donde los principales usuarios son las aseguradoras. Sin embargo, en general, hay y ha habido falta de interés del gobierno en este tipo modelos.

Se dijo que la única manera de salvar vidas es mediante la intervención y el mejoramiento de la infraestructura escolar; es decir, lograr la disminución del riesgo. Además, de las mejoras en la seguridad estructural también se podrían integrar mejoras en la funcionalidad de las escuelas, con el objetivo de lograr una mejor educación en un lugar seguro para la población.

Una de las mejores herramientas para disminuir el riesgo es la normatividad. En México, existen normas de gran calidad. Sin embargo, el sistema para la revisión y cumplimiento de las mismas es deficiente.



# *CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES*



## *Experiencias internacionales en el incremento de la seguridad, resiliencia y sustentabilidad de escuelas*

832 asistentes

1. Diseñar e implantar una Estrategia Nacional de Escuelas Sustentables, Resilientes y Seguras (ENESRS), de alcance integral y de mediano plazo (más de 10 años) que incluya atributos de:
  - Confort y habitabilidad.
  - Sustentabilidad (energía, p. ej.).
  - Seguridad de los edificios.
2. Priorizar las intervenciones con base en criterios técnicos (y ponderar decisiones políticas), entre ellos:
  - Eficiencia de la inversión.
  - Pérdidas a largo plazo (económicas y sociales).
  - Población objetivo atendida y protegida.
  - Atención a zonas marginadas.
3. Incorporar en la ENESRS criterios de:
  - Obligatoriedad: uniformización.
  - Tecnología (Inteligencia artificial, p. ej.).
  - Administración y transparencia.
  - Seguimiento.
4. Involucrar a la comunidad escolar (padres de familia y maestros), a las autoridades locales (estatales, municipales) y a todos los sectores interesados en el diseño, toma de decisiones y supervisión de la Estrategia:
  - Dejar la aplicación a expertos en ingeniería y construcción.
  - Desincentivar la autoconstrucción de escuelas.
5. Lograr que la ENESRS incluya el universo de edificios escolares en zonas de mayores peligros naturales.
6. Incorporar a expertos en ciencias sociales y comunicación en el diseño y ejecución de la ENESRS.
7. Desarrollar manuales y guías unificados de apoyo para la implantación de la ENESRS y la capacitación en ellos para todas las partes involucradas (ingenieros, arquitectos, maestros, directivos, servidores públicos, entre otros).
8. Establecer criterios de evaluación por niveles de aplicación y alcance.
9. Impulsar la adopción de tecnologías costo-eficientes (beneficios sociales, pérdidas a largo plazo) para la rehabilitación de edificios y consistentes con la práctica local.
10. Establecer a la rehabilitación incremental como un mecanismo para aprovechar los periodos vacacionales para mejorar el confort, mantenimiento y seguridad de planteles educativos.
11. Establecer repositorios digitales abiertos con la información de cada plantel intervenido.
12. Para escuelas privadas, implantar un mecanismo de estímulos fiscales para promover el mejoramiento de escuelas.
13. Apoyar proyectos de investigación y desarrollo para sustentar la ENESRS.



## Avances y resultados de proyectos SEP- INIFED y Gobierno de la Ciudad de México

785 asistentes

1. Difundir los lineamientos, criterios, metodologías y protocolos estandarizados para:
  - El levantamiento y clasificación de daños.
  - La asignación de recursos para la reconstrucción.
2. Consolidar, robustecer y modernizar los bancos de información que contienen las características de los distintos planteles educativos:
  - Información estructural.
  - Datos de número de ocupantes.
  - Antigüedad.
  - Peligros a los que está expuesto el plantel (Atlas de Riesgo).
3. Mejorar sustancialmente los procesos de supervisión y control de la calidad en la ejecución de la construcción:
  - Mecanismos de control.
  - Asignación de responsabilidades.
  - Calidad uniforme.
  - Mecanismos de sanción.
4. Promover el uso de tecnologías para incrementar la resiliencia y sustentabilidad de las comunidades escolares:
  - Paneles solares.
  - Recolección de agua.
  - Instrumentación sísmica.
  - Dispositivos de control de la respuesta sísmica.
5. Capacitar y certificar a un amplio número de inspectores de daño utilizando la metodología de evaluación de daños desarrollada por el INIFED y el Instituto de Ingeniería de la UNAM (II-UNAM).
6. Realizar una evaluación de las condiciones estructurales de todos los planteles a nivel nacional que permita establecer un esquema de priorización de intervención con sustento técnico, con apoyo de la metodología desarrollada por el INIFED y el II-UNAM.
7. Implantar una estrategia integral, sistemática y multianual de reducción del riesgo, con énfasis en la prevención que abarque edificios más vulnerables, como los anteriores a 1985 y los atípicos.
8. Establecer programas de conservación y mantenimiento, así como de capacitación en el tema.
9. Evaluar diversos esquemas de financiamiento para la rehabilitación de la INFE existente, con la participación de diversos expertos.
10. Incorporar en los puntos anteriores a:
  - Autoridades federales y locales responsables de la INFE.
  - Instituciones financieras.
  - DRO, corresponsables, peritos, constructores y proyectistas.
  - Directores de escuela, maestros.
  - Padres de familia.



## *Hacia una Estrategia Nacional de Incremento de la Resiliencia y de Sustentabilidad de la INFE*

713 asistentes

1. Contar con un "campeón" del tema del Taller al más alto nivel en el gobierno.
2. Explorar colaboraciones con colegas de otros países para adoptar lecciones aprendidas.
3. Establecer al diseño por desempeño para lograr comunidades escolares resilientes.
4. Explorar un programa de Asistencia Técnica del Banco Mundial para fortalecer el diseño e implantar una estrategia nacional para mejorar el comportamiento sísmico de edificios escolares.
5. Desarrollar documentos y herramientas de apoyo para la evaluación (pre y post), diseño y seguimiento de escuelas por ser rehabilitadas.
6. Implantar la toma de decisiones a partir de estudios costo-beneficio que incorporen pérdidas esperadas en el futuro.
7. Establecer seguros paramétricos para la INFE y otros mecanismos de transferencia de riesgo.
8. Lograr la participación activa de los distintos sectores en el diseño, implantación y seguimiento de la estrategia sugerida.
9. Revisar la información disponible sobre escuelas para decidir si se requiere mejorar y profundizarla. Temas relevantes: decisiones locales y escuelas atípicas.
10. Organizar encuentros con autoridades locales de la INFE, de manera regular, para compartir experiencias y acordar lineamientos.
11. Establecer como obligatoria la aplicación de la Metodología de Evaluación Postsísmica de la INFE y la Guía Técnica de Rehabilitación Sísmica de la INFE desarrolladas por el INIFED y el II-UNAM.
12. Insistir en que las decisiones y la implantación de rehabilitación y mantenimiento deben ser hechas con criterios técnicos y aplicadas por expertos en el tema.
13. Establecer equipos de trabajo con integrantes de la academia, en colaboración con autoridades.

El material videográfico de las conferencias y mesas redondas, las presentaciones de los ponentes y las publicaciones sobre evaluación postsísmica y rehabilitación sísmica, se pueden consultar en los repositorios digitales:

<https://www.gob.mx/inifed/articulos/taller-internacional-virtual?idiom=es>

<https://www.resilienciasismica.unam.mx/TIV-INFE2021.html>

## AGRADECIMIENTOS

**INSTITUTO NACIONAL DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA EDUCATIVA, EN LIQUIDACIÓN**

Maricela Gómez | Claudia Trejo | Diana Salamanca

**DIRECCIÓN GENERAL DE CÓMPUTO Y DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN  
Y COMUNICACIÓN (DGTIC), UNAM**

Héctor Benitez, director general | José Luis Rodríguez | Wilfrido Vázquez

**INSTITUTO DE INGENIERÍA (II), UNAM**

Rubén Bautista | Mercedes Gallardo | Amalia García

Yaneivy Martínez | Gianella Valencia

**ASOCIACIÓN MEXICANA DE DIRECTORES RESPONSABLES DE OBRA Y CORRESPONSABLES**

**ARQUITECTOS DIRECTORES RESPONSABLES DE OBRA, CORRESPONSABLES Y PERITOS  
EN DESARROLLO URBANO DEL DISTRITO FEDERAL**

**CEMEX**

**COLEGIO DE ARQUITECTOS DE MÉXICO**

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE MÉXICO**

**SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**



