



Estimación probabilista de riesgos naturales

Eduardo Reinoso, Mario Ordaz y Miguel Jaimes

Plataforma de visualización de daños

Los desastres naturales cada año causan en el país grandes pérdidas humanas y económicas. Si bien no podemos evitar los peligros naturales, sí podemos realizar una estimación del riesgo de éstos y adoptar medidas preventivas antes de que ocurra un desastre. Desde hace cinco años, aprovechando las herramientas actuales y los sistemas de información geográfica, hemos desarrollado una plataforma para visualizar los daños provocados por eventos naturales recientes y sobreponerlos en la información actual. Esto lo hemos desarrollado para varios huracanes y sismos en México georreferenciando la información de los daños y agregando datos que puedan ser útiles para al menos comprender por qué han ocurrido esos desastres.

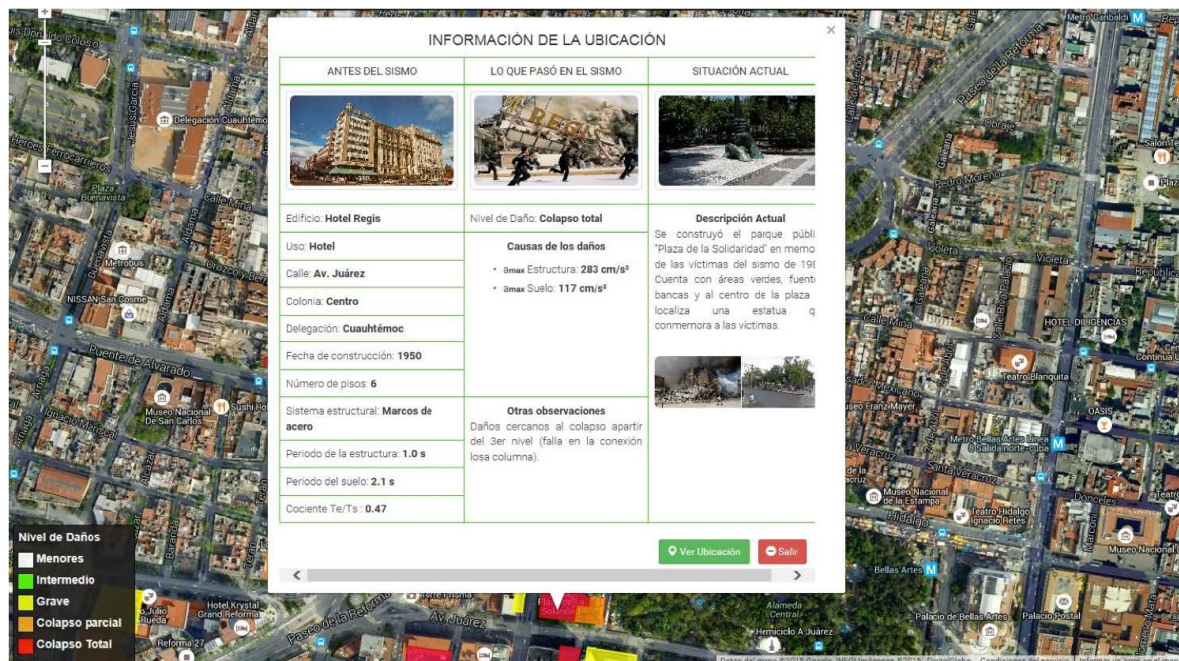


Figura 1. Imagen del sistema web donde se despliega la información de cada uno de los edificios que sufrieron daños mayores durante el sismo de 1985. Para cada edificio, en este ejemplo el Hotel Regis, se muestra como estaba antes del sismo, lo que pasó durante el mismo y como se encuentra el predio actualmente

De acuerdo a la concentración de daños visibles en la plataforma se pueden delimitar zonas vulnerables que impulsen acciones para mitigar los efectos en el futuro, en pro de la seguridad e integridad de la población y su entorno. Como ejemplo se muestra, en la figura 1, la imagen de un sistema de información geográfica cuyo fondo es la foto de Google Earth® disponible en internet y una capa con la información recopilada de los edificios con más daño durante el sismo de 1985; la figura muestra la información detallada de uno de ellos, el Hotel Regis, con tres columnas: a) antes del sismo, b) lo que pasó en el sismo y c) la situación actual. La información contenida en las distintas columnas es relevante para ilustrar la problemática del riesgo sísmico ya que se indican factores como el tipo estructural, número de pisos, factores relevantes de comportamiento (golpeteo, irregularidades en planta y elevación, fecha de construcción, entre otros). Asimismo, se indican en la segunda columna, una descripción detallada de los daños y otros parámetros que en ese momento no se conocieron y que con investigaciones recientes hemos podido estimar cómo el periodo del suelo y la aceleración espectral que estimamos se presentó durante el sismo. Finalmente, en la tercera columna, se describe lo que hoy existe en ese lugar, en este caso, el Parque de la Solidaridad, que honra a las víctimas y a la gran labor humanitaria que la población realizó espontáneamente después del sismo.



Figura 2. Mapa de la Ciudad de México que ilustra el riesgo de los edificios como si el día de hoy ocurriera de nuevo el sismo de 1985: color rojo, alto riesgo; naranja, medio riesgo y; blanco, riesgo bajo. Asimismo, se muestra en tonos de colores la intensidad que ese sismo produciría en las distintas zonas de la ciudad, siendo el azul el menos intenso y el rojo el más intenso

Este tipo de análisis nos permite mejorar las herramientas no sólo para el cálculo del riesgo sísmico sino para la visualización del mismo. En la figura 2 se muestra un detalle de la amenaza y riesgo sísmico del centro de la CDMX como si hoy volviera a ocurrir un sismo

como el de 1985. Los datos de los edificios corresponden al catastro de 2010, por lo que los edificios recientes, entre ellos las grandes torres, no aparecen allí. En la figura se aprecia la gran variación de la intensidad sísmica con los colores en el fondo de la misma: los tonos azules corresponden a la intensidad en la zona de lomas, mientras que los tonos amarillos y rojos corresponden a intensidades mucho más altas, propias de la zona de lagos. Nótese que la variación no es uniforme y presenta máximos en zonas que aparentemente son similares a otras con menos intensidad. Por otro lado, el riesgo de los edificios se indica con colores que van desde el blanco, correspondiente a riesgo bajo, hasta rojo, de alto riesgo. Es evidente que los edificios en alto riesgo no necesariamente están en las zonas de alta intensidad; esto es porque el riesgo es una medida que involucra muchos factores que no se pueden mostrar en un mapa así. Nótese también que los edificios altos en general muestran un riesgo medio (color ocre).

Estudio del riesgo sísmico del Sistema de Transporte Colectivo Metro

Si bien el Sistema de Transporte Colectivo Metro de la CDMX no ha tenido daños considerables durante sismos, incluyendo el de 1985, es conveniente revisar si ante los sismos que esperamos en el futuro, que no necesariamente son los mismos que se han presentado, seguirá teniendo un comportamiento aceptable. Pero además, algunas de las nuevas líneas, por tener tramos elevados, son mucho más vulnerables que las primeras. Es obvio que después de un sismo intenso el transporte público debe seguir siendo funcional, y los posibles daños deben evitarse para minimizar el daño del sismo a la ciudad.

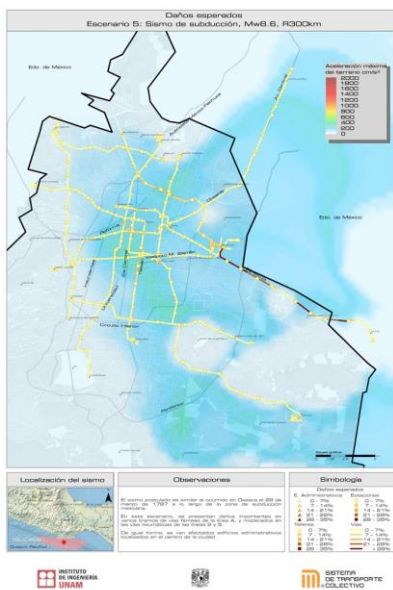


Figura 3. Mapa de daños esperados en la infraestructura del STC Metro ante un sismo de gran magnitud en las costas de Guerrero

Realizamos un estudio completo de riesgo sísmico de todas las líneas y de las centrales. La figura 3 muestra un mapa con resultados de daños esperados para todas las líneas y sus estaciones, ante un sismo de gran magnitud que podría ocurrir en las costas de Oaxaca. Los resultados muestran un riesgo relativamente bajo concentrándose principalmente en las líneas ubicadas en la superficie A y 2 del STC Metro. Respecto a las líneas subterráneas (aprox. 61% de la red del STC Metro) el riesgo sísmico resultó bajo debido a que las intensidades sísmicas a las que estarían sujetas esas líneas subterráneas son menores a que si estuvieran ubicadas en la superficie.

Por otro lado, calculamos el riesgo sísmico no sólo de las estructuras sino también de los contenidos dentro de las centrales de control, en este caso, equipos de comunicación, computadoras y sistemas desde donde se desarrollan actividades que involucran procesos de control de tráfico y seguridad de todas las líneas del STC Metro. En caso de fallar o sufrir daños los equipos o contenidos durante un evento sísmico pueden producir consecuencias adversas considerables (operativas o de seguridad) dentro de todo el STC Metro.

El procedimiento para calcular el riesgo de estos equipos es el siguiente: 1) se toman fotografías del equipo o contenido, 2) se digitaliza éste para poder modelar el comportamiento sísmico por volteo o deslizamiento de éste, 3) se obtiene, con programas que hemos elaborado, la probabilidad de falla del elemento ya sea por volteo y/o deslizamiento considerando su ubicación dentro del edificio (por ejemplo, planta baja, 2º piso) y, 4) se emiten recomendaciones para que, con base en los resultados anteriores, se minimice el riesgo de daño en caso de un sismo. La figura 4 muestra estos pasos utilizando como ejemplo un anaquel de la central de control.


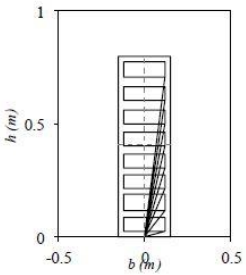
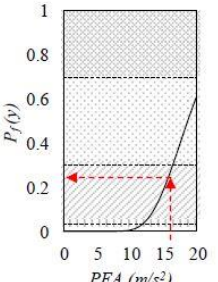
Fotografía	Digitalización	Función de distribución de probabilidad de falla	Descripción del objeto
			<p>Nombre: Repisa</p> <p>Ubicación: 2</p> <p>Cantidad: 1</p> <p>PFA 125 Años : 11.58</p> <p>Nivel de riesgo 125 Años: Bajo</p> <p>Recomendación</p> <p>NO HAY RECOMENDACIÓN</p>

Figura 4. Cuadro de resumen del proceso de evaluación del riesgo sísmico de cada equipo o contenido por volteo o deslizamiento

Agradecimientos

Agradecemos el patrocinio del Sistema de Transporte Colectivo Metro y a los ingenieros Faustino Ventura y Luis Manuel Buendía.