



LA RED ACELEROGRÁFICA DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA Y SU INTEGRACIÓN A LA RED SÍSMICA MEXICANA

||||| POR LEONARDO ALCÁNTARA NOLASCO, MARIO ORDAZ SCHROEDER, DAVID ALMORA MATA Y CITLALI PÉREZ |||||

Uno de los fenómenos naturales que mayor impacto causa en nuestra sociedad es el sísmico, y para entender su origen y sus consecuencias es fundamental contar con una infraestructura de medición y observación adecuada que permita, a partir de los registros obtenidos, precisar el área donde ocurre y las intensidades a las que se someten las estructuras. Derivado de ello, podrán hacerse las recomendaciones sobre el uso del suelo y de una edificación segura, y finalmente, implementar las medidas preventivas que permitan tanto mitigar su efecto como atender la emergencia provocada por un terremoto.

La situación expuesta siempre ha sido un asunto de interés de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), por lo que gran parte de los esfuerzos realizados en nuestro país, para estudiar el fenómeno sísmico, han tenido su origen en esta casa de estudios. Tal es el caso de la observación sísmica en México, la cual se inicia con la fundación del Servicio Sismológico Nacional (SSN) en 1910 y su incorporación a la UNAM nueve años más tarde. Posteriormente, en los años sesenta, en pleno auge de la construcción de los grandes proyectos hidroeléctricos, el Instituto de Ingeniería de la UNAM (IIUNAM) se convierte en el gran referente al promover la instrumentación acelerográfica de temblores fuertes como fue conocida en su época, y cuyo objetivo, aún vigente, es estudiar la respuesta dinámica de dichas estructuras cuando son sometidas a la acción sísmica. A partir de entonces, la UNAM ha mantenido un esfuerzo sostenido para mejorar la cobertura de la observación sísmica en el país a un grado tal que, sin duda, hoy en día cuenta con la infraestructura más importante para tal fin.

Desde sus inicios, la implementación de la red del SSN ha permitido determinar la localización epicentral y la magnitud de los eventos sísmicos en territorio nacional; no obstante, dicha información no es suficiente para entender el tipo de daños que ocurren en las estructuras cuando son sometidas a este tipo de sollicitaciones. Sin embargo, es hasta después del sismo de San Marcos de 1957 ($M=7.5$) cuando los ingenieros mexicanos reconocen la necesidad de medir y estudiar las ondas sísmicas generadas por temblores fuertes, desde su origen hasta su arribo a importantes núcleos de población, para analizar la respuesta del suelo y especialmente la de las estructuras.

Así, en 1960, se inicia la instrumentación para el registro de temblores fuertes al instalarse los dos primeros acelerógrafos en la ciudad de México, uno en la Alameda Central y otro en Ciudad Universitaria. Posteriormente, en 1978, se establece la importancia del potencial sísmico de la denominada brecha de Guerrero; es así que, el IIUNAM y la Universidad de San Diego, California, deciden poner en marcha el proyecto llamado Red Acelerográfica de Guerrero. Tal hecho resultó totalmente afortunado, ya que permitió registrar los sismos del 19 y 21 de septiembre de 1985 ($M=8.1$ y 7.6). Si bien se registró por primera vez un evento de gran magnitud a unos cuantos kilómetros del área de ruptura, también se perdió una excelente oportunidad de obtener información sobre el comportamiento de suelos y estructuras, tanto en regiones muy próximas al epicentro como en la ciudad México, fuertemente afectada y localizada a 400 km de la fuente sísmica.

Lo anterior establece una nueva cultura de la instrumentación sísmica en México, y varias instituciones se dan a la tarea de instalar estaciones acelerográficas en sitios que pueden ser severamente afectados por los eventos sísmicos. En particular, el IIUNAM implementa un proyecto constante de expansión de su red que permite mejorar la cobertura del registro sísmico, especialmente en la región costera del Pacífico mexicano y en algunas otras hacia el interior del continente que pueden verse seriamente afectadas por sismos intensos. Posteriormente, y como parte de ese continuo esfuerzo, la UNAM y la Secretaría de Gobernación (SEGOB), celebraron posteriormente un convenio de colaboración en materia de protección civil con el objeto de establecer las bases de una coordinación entre ambas instituciones que les permita coadyuvar en el ámbito de sus respectivas competencias a organizar y desarrollar actividades de investigación científica y tecnológica destinadas a la prevención y protección de la población; a mitigar riesgos frente a fenómenos naturales y antropogénicos; y a impulsar y llevar a cabo los proyectos, estudios e inversiones necesarios para ampliar y modernizar la cobertura de los sistemas de alerta temprana y prevención de los distintos fenómenos naturales entre otros. Para ello, se estableció como medida la implementación del proyecto denominado Red Sísmica Mexicana (RSM), cuyo objetivo princi-

pal es reforzar y modernizar la infraestructura de observación de sismos con que cuenta el país e integrarla mediante un sistema de información y procesamiento de datos en tiempo real.

En la primera etapa del proyecto, la UNAM participa por medio de sus institutos de Geofísica (IGEOF) e Ingeniería (IIUNAM); por parte de la SEGOB, colaboran la Coordinación Nacional de Protección Civil y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), y complementa el grupo el Centro de Instrumentación y Registro Sísmico AC (CIRES).

La propuesta de integración de la RSM, en su primera etapa, se basa en la implementación de las siguientes acciones:

- Ampliar la cobertura del Servicio Sismológico Nacional del IGEOF con 9 estaciones de banda ancha y los sistemas de comunicación satelital.
- Instalar un Sistema de Información Sísmica en tiempo real
- Reforzar y modernizar las redes acelerográficas del CENAPRED, el IIUNAM y el CIRES, así como la instalación de nuevas estaciones para mejorar la cobertura actual.
- Reforzar los sistemas de comunicación de las estaciones acelerográficas para contar con información oportuna de las intensidades producidas por un sismo.

- Integrar la información generada por las redes sísmicas en una Base Nacional de Datos sobre Sismos ocurridos en México.

Para el caso del IIUNAM, lo anterior implicó ampliar la cobertura sísmica por medio de la instalación y puesta en operación de 35 nuevas estaciones. Esto permitió mejorar la cobertura de registro en la costa del Pacífico, desde Nayarit hasta Tapachula, en la costa del golfo de México, en la región central del país y en algunas ciudades, como Oaxaca, Puebla y Acapulco. Actualmente la red está integrada por 110 estaciones de las denominadas de campo libre.

Como parte de las acciones del proyecto de la RSM se consideró la integración de las redes de registro sísmico entre el IGEOF, el IIUNAM y el CENAPRED, mediante la implementación del Sistema de Información de la RSM. Para tal efecto, fue necesario reforzar o en su caso dotar de la infraestructura de comunicación requerida para transmitir, en tiempo real, tanto las señales del SSN a la Estación Central del IGEOF, como los datos acelerográficos al Puesto Central de Registro del IIUNAM. Para ello, como ya se mencionó, se utilizaron enlaces satelitales, transmisión mediante señales de radio, microondas, líneas telefónicas privadas y comunicación vía Internet. Contar con esta infraestructura de comunicación en tiempo real ha permitido a la UNAM generar los siguientes productos:



Estaciones acelerográficas en diversas zonas del país

1. Por parte del SSN, la realización de reportes de la actividad sísmica

Debido al monitoreo que se realiza durante las 24 horas del día, los 365 días del año, se realizan reportes diarios de rutina de la actividad sísmica en el país. También se publican reportes extraordinarios al ocurrir un sismo de magnitud mayor a 5, o de algún otro que sin alcanzar dicho valor haya sido sentido notablemente por los pobladores de una determinada región. Tal actividad ha permitido registrar y catalogar en el periodo enero-septiembre de 2011 la cantidad de 3163 sismos de magnitud mayor o igual a 3.5.

Los reportes preliminares se publican, en un tiempo no mayor a 5 minutos, en el sitio web del IGEOF <http://www.ssn.unam.mx>, e incluyen el valor de la magnitud, la localización epicentral y la profundidad del sismo, así como la fecha y la hora en que ocurrió.

2. Por parte del IIUNAM la realización de mapas de intensidad sísmica

EN EL VALLE DE MÉXICO

Para estimar las intensidades que produce un temblor en el valle de México, se desarrolló el Sistema Automático de Publicación de Mapas de Intensidad Sísmica (SAPS-II), el cual se activa de manera automática al finalizar el registro de la estación acelerográfica ubicada en Ciudad Universitaria (CU). Se generan 4 mapas; el primero representa las intensidades que un observador sentiría al estar ubicado al nivel del terreno natural; y los siguientes 3 representan las intensidades que se experimentarían en las azoteas de estructuras de 2 a 3, 8 a 12 y 15 a 20 niveles.

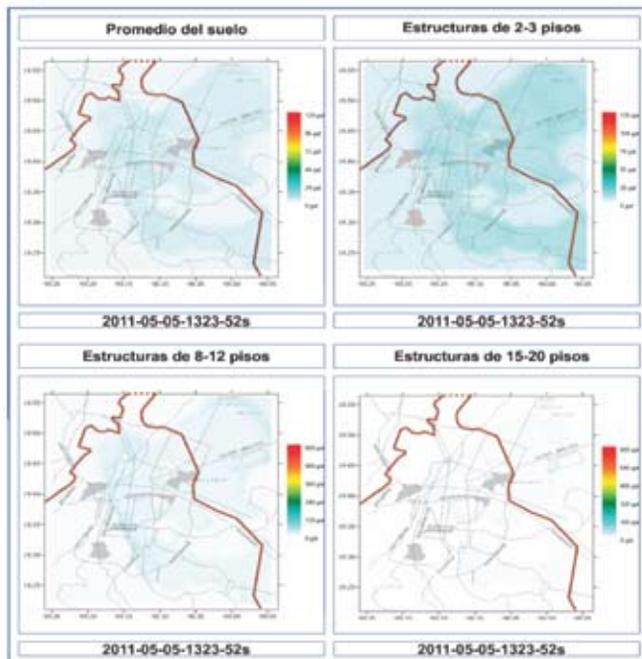
Una vez generados los mapas, el SAPS-II realiza su notificación y envío a los usuarios autorizados, utilizando la red Internet, los sistemas de telefonía celular y de radiolocalización. El tiempo que al sistema le toma realizar estas actividades es de aproximadamente 10 minutos una vez terminado el registro en CU.

A manera de ejemplo, se muestran los mapas generados durante el sismo del 5 de mayo de 2011 ($M=5.5$) cuyo epicentro fue localizado a 55 km al oeste de Ometepepec, Guerrero. Se observa que al nivel del terreno natural las intensidades alcanzaron valores máximos de 20 cm/s^2 ; dicho mapa es congruente con la información que posteriormente se recabó de los diferentes acelerógrafos instalados en el valle de México. Los 3 mapas restantes presentan como se indicó, las intensidades para estructuras que tienen de 2 a 20 niveles.

Sismo registrado en Ciudad Universitaria:

05/05/2011 08:23:52 hrs. tiempo local GMT: 05/05/2011 13:23:52 hrs.
Aceleración promedio (gal): 1.9 Aceleración espectral para 1s (gal) : 4.0

Datos epicentrales(tiempo local) 05/05/2011 13:24:07 hrs.			
Localización: Costas de Michoacán			
Magnitud : 5.5	Latitud : 16.61	Longitud : -96.91	Prof. (km) : 11.0
Fuente de información: SSN			



Mapas de aceleración estimada para el valle de México

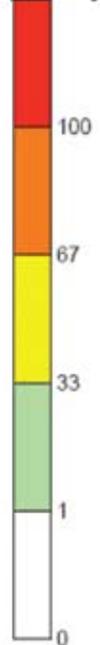
A NIVEL NACIONAL

Para la generación de este mapa, y a diferencia del producido en el valle de México, se requiere utilizar tanto las estaciones sismológicas como las acelerográficas, que se encuentran ubicadas en roca y que además transmiten su información en tiempo real, ya sea a la Estación Central del IGEOF o al Puesto Central de Registro del IIUNAM. Para el proceso de la información, se da prioridad a los datos registrados en las estaciones más cercanas al epicentro, como en el caso del sismo del 5 de mayo de 2011. Posteriormente, se realiza una interpolación para estimar la intensidad del movimiento en sitios sin registro instrumental. Los valores de intensidad máxima en las proximidades del epicentro fueron del orden de 40 cm/s^2 superiores a los experimentados en el valle de México. Finalmente, la distribución del mapa se realiza mediante mecanismos similares a los utilizados para el caso de los correspondientes al valle de México. Sin embargo, su generación y difusión requiere de un tiempo mayor, debido a que es necesario el arribo de la información de varias estaciones a los centros de proceso.

El esfuerzo realizado por la UNAM para observar y estudiar el fenómeno sísmico durante más de 100 años, así como las re-

Intensidad

[cm/s²]



Mapa de intensidades a nivel nacional

cientos actividades de colaboración con el Gobierno Federal, han hecho posible consolidar el proyecto de la Red Sísmica Mexicana. Actualmente, el Instituto de Geofísica de la UNAM está desarrollando sistemas automatizados para determinar en forma rápida y confiable la magnitud y la localización epicentral de un temblor; por su parte, el IIUNAM proporciona una visión general, tanto a nivel nacional como en el valle de México, de la severidad del movimiento sísmico mediante la generación de los

correspondientes mapas de intensidad sísmica, lo que ha permitido coadyuvar con los sistemas de Protección Civil para atender la emergencia producida por un evento telúrico. 🏠

Para más información sobre este proyecto, contacta a los autores dentro de la página del Instituto de Ingeniería: www.ii.unam.mx.