



EN EL MES DE ENERO PASADO SE LLEVÓ A CABO LA REUNIÓN INFORMATIVA ANUAL 2011 DEL INSTITUTO DE INGENIERÍA. A PARTIR DE ESTE NÚMERO DE LA GACETA PRESENTAREMOS LOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN QUE AHÍ SE MOSTRARON.

GENERACIÓN DE MAPAS DE INTENSIDADES SÍSMICAS EN TIEMPO REAL PARA EL TERRITORIO NACIONAL

||||||| POR HÉCTOR SANDOVAL G., LEONARDO ALCÁNTARA N., DANNY ARROYO E., M. DEL ROSARIO DELGADO D., ||||||| MARIO ORDAZ S., CITLALI PÉREZ Y., ARTURO QUIROZ R. Y ANA L. RUIZ G., INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM

RESUMEN

Como parte de los productos creados por el sistema de información de la Red Sísmica Mexicana (RSM), se diseñó la aplicación de cómputo llamada GENMAPS. La finalidad de este programa es la generación de mapas nacionales de intensidades sísmicas en tiempo real. Dichos mapas hacen posible que las instancias gubernamentales cuenten con un panorama general de la severidad del movimiento sísmico poco tiempo después de ocurrido un evento, y que evalúen con mayor claridad las prioridades al ejecutar planes de respuesta y auxilio a la población.

INTRODUCCIÓN

El Instituto de Ingeniería de la UNAM opera una red acelerográfica que se localiza en regiones que pueden generar sismos intensos, y en otras que, sin tener dicho potencial, pueden ser seriamente afectadas. La red está integrada por 110 estaciones de campo libre y cubre la costa del Pacífico que va desde Tepic hasta Tapachula, y la del golfo de México en los estados de Veracruz y Tabasco. Además, en la región central del país se monitorea la actividad sísmica en los estados de Guanajuato, México, Puebla, Tlaxcala y el Distrito Federal (figura 1). Con los trabajos de ampliación y modernización del proyecto Red Sísmica Mexicana se logró la transmisión y la recepción de señales en tiempo real vía Internet bajo un protocolo de comunicación permanente TCP/IP, desde algunas de las estaciones (22) hasta el Puesto Central de Registro (PCR), ubicado en la planta baja del edificio 1 del Instituto de Ingeniería (figura 2). Las señales sísmicas se administran y monitorean con el *software* libre Earthworm. Durante la ocurrencia de un sismo de magnitud mayor o igual a 5, las señales de las estaciones agrupadas en diferentes regiones del país se utilizan para generar un mapa de intensidades en la región epicentral.

Cobertura actual de la Red Acelerográfica del Instituto de Ingeniería

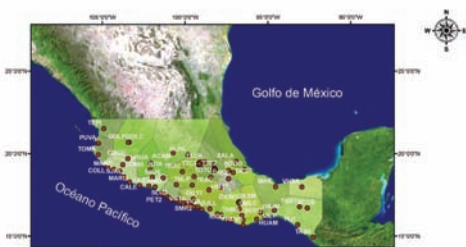


Figura 1. Red acelerográfica del Instituto de Ingeniería

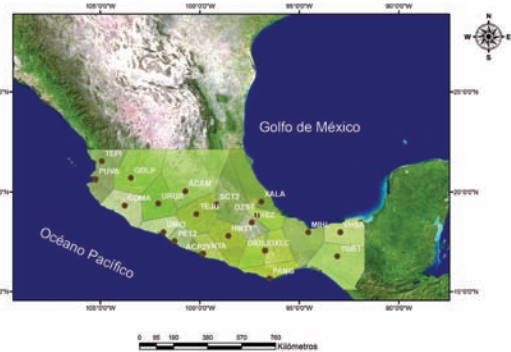


Figura 2. Estaciones con transmisión de datos en tiempo real hacia el PCR

GENERACIÓN DE MAPAS

Como parte de los productos creados por el sistema de información de la Red Sísmica Mexicana (RSM), se diseñó la aplicación de cómputo llamada GENMAPS, la cual es el resultado del trabajo conjunto de las coordinaciones de Instrumentación Sísmica, Ingeniería Sismológica y Servicios de Cómputo. La filosofía del programa estriba en la generación de eventos por disparo (*trigger*) con base en un algoritmo STA/LTA (Johnson *et al.*, 1995), que calcula de forma continua los promedios de las lecturas en cada estación con 4 criterios diferentes para estimar si existe un evento de disparo. La finalidad del programa es la generación de mapas nacionales de intensidades sísmicas en tiempo real.

El procedimiento de generación contenido en GENMAPS se divide en cuatro etapas, como se muestra en la figura 3.

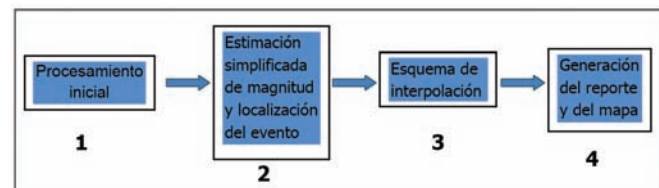


Figura 3. Etapas de cálculo del programa GENMAPS

Etapa 1. En esta etapa los acelerogramas recibidos son corregidos por línea base, se selecciona la componente horizontal con la máxima aceleración del terreno, y se eliminan los registros que pudieran contener datos erróneos.

Etapa 2. En esta etapa se hace una estimación aproximada de la magnitud y de la localización epicentral.

El método está inspirado en el trabajo de Kanamori (1993), quien a partir de aceleraciones máximas observadas y de un modelo de atenuación mostró que es posible estimar la ubicación del epicentro de un evento sísmico. Con la magnitud y la ubicación del epicentro como parámetros libres se ajustó un espectro de Fourier teórico de fuente puntual (modelo w^2) a los espectros de Fourier de los acelerogramas registrados (figura 4). Con el método utilizado es posible tener estimaciones de la magnitud, la cual se relaciona principalmente con el intervalo de frecuencias bajas de los espectros de Fourier registrados, mientras que la posición del epicentro es una función principalmente de frecuencias altas. Como parámetros del espectro teórico se utilizaron los datos reportados en Singh *et al.* (1989) para la zona de subducción mexicana con un parámetro de esfuerzo (D_s) de 150 bar.

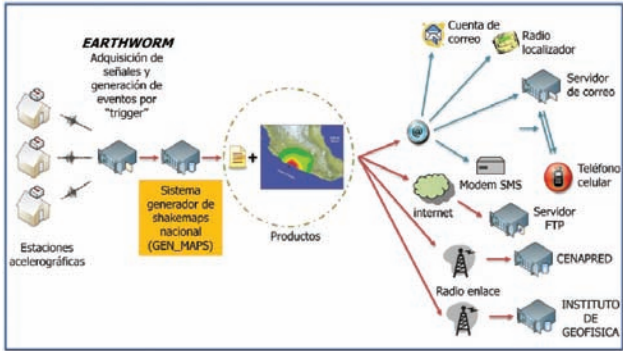


Figura 5. Esquema de generación de mapas de intensidad y su distribución

PRODUCTOS DEL PROGRAMA GENMAPS

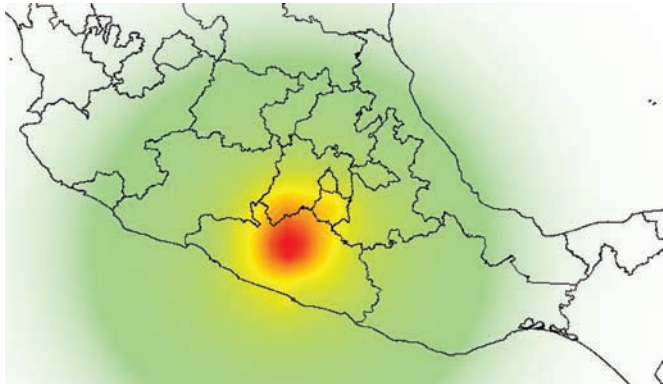


Figura 6. Mapa de intensidades sísmicas (PGA) para el sismo del 11 de diciembre de 2012 M=5.3, formato "jpeg"

Los mapas de intensidades en formato "shape" permiten la sobreposición de diferentes capas de información georreferenciada que es posible desplegar en un sistema de información geográfica; de esta forma el despliegue gráfico ofrece un mejor detalle de los posibles efectos del sismo en zonas habitadas o estructuras de vital importancia (figura 7).

Sismo del 11 de diciembre de 2011 (formato .shp)

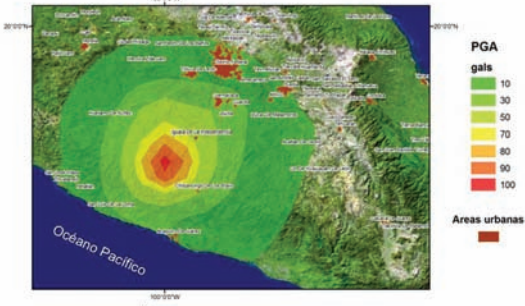
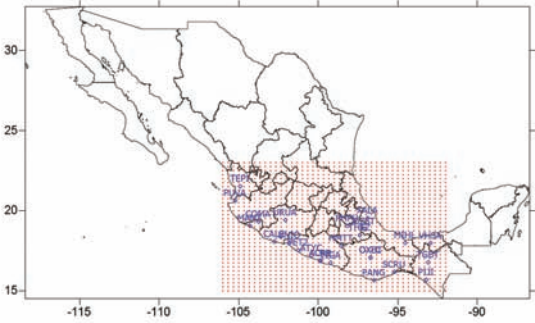


Figura 7. Mapa de intensidades sísmicas (PGA) para el sismo del 11 de diciembre de 2012 M=5.3, formato "shape", montado sobre un mapa de poblaciones con más de cien mil habitantes

SISMOS HISTÓRICOS

Al utilizar el programa GENMAPS es posible generar mapas de intensidades para sismos históricos. A continuación se presen-

Figura 4. Sitios en los que se estima el valor de las demandas espectrales del terreno



Etapa 3. En esta etapa se estima el valor de la aceleración máxima del terreno en otros sitios, con base en los valores observados en las estaciones consideradas y en los valores de magnitud y localización epicentral calculados en la etapa 2.

Como esquema de interpolación se utilizó la técnica conocida como *kriging* bayesiano, propuesta por Kitanidis (1986). La interpolación utiliza el modelo de atenuación propuesto por Arroyo *et al.* (2010) para los eventos sísmicos interplaca de subducción, y para los eventos intraplaca se considera el modelo de atenuación de García (2005).

Etapa 4. Finalmente, con los datos calculados para la malla de interpolación se dibujan los mapas de intensidades. El programa genera mapas en los formatos "jpeg" y "shape" (.shp) de los valores de PGA y PGV, y de aceleración espectral para diferentes periodos que pueden ser establecidos por el usuario, además de reportes de los valores calculados en formato "txt". La información es enviada de manera automática por diferentes medios de comunicación a diversas instancias gubernamentales relacionadas con la toma de decisiones en caso de desastre por sismo (figura 5).

tan los resultados para el sismo del 21 de septiembre de 1985, los cuales se despliegan en un mapa georreferenciado con información de asentamientos urbanos (figura 8).

Sismo del 21 de septiembre de 1985

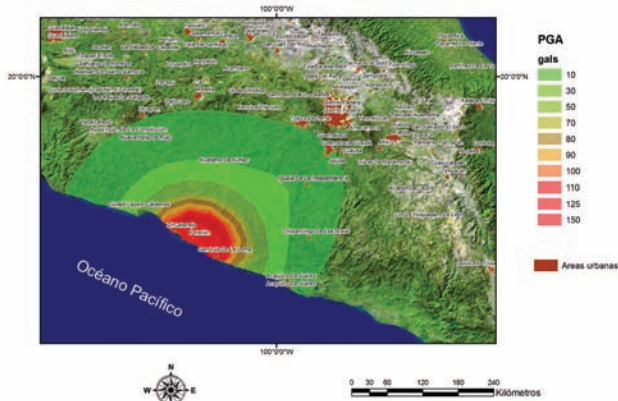


Figura 8. Sismo del 21 de septiembre de 1985 procesado con el programa GENMAPS

CONCLUSIONES

El proyecto Red Sísmica Mexicana permitirá que el país cuente con información suficiente y oportuna al ocurrir temblores, para la toma de decisiones en la gestión integral del riesgo sísmico.

Existe una dependencia importante de GENMAPS del número y la distribución de las observaciones recibidas en tiempo real, por lo que es necesario incrementar la cobertura instrumental, especialmente en núcleos de población que pueden ser afectados por sismos, y de los que se desconoce la respuesta del terreno y de las estructuras.

Los productos del sistema de generación de mapas de intensidad sísmica en tiempo real mejoran considerablemente la visualización, el análisis y el intercambio de información sísmica.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo de la Coordinación de Servicios de Computo, así como a los ingenieros David Almora, Miguel Torres, Ricardo Vázquez, Alejandro Mora, Luis Alberto Aguilar, Israel Molina, Gerardo Castro, Mauricio Ayala y Juan Manuel Velasco por la realización de las pruebas de calibración de datos, y por la operación y el mantenimiento a las estaciones. 🧑‍🔧

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

