

# **RIESGO SISMICO EN MEXICO**

**PARTICIPACION  
DR. SHRI KRISHNA SINGH  
INVESTIGADOR DEL INSTITUTO DE GEOFISICA DE LA  
UNAM Y ASESOR DEL INSTITUTO DE INGENIERIA DE  
LA UNAM Y CENTRO NACIONAL DE PREVENCION  
DE DESASTRES**

## **INTRODUCCION**

*Los temblores de Michoacán del 19 y 21 de septiembre de 1985 dieron un gran ímpetu a la sismología y a la ingeniería sísmica en México. La importancia de entender los fenómenos de generación de los grandes temblores, la propagación de las ondas sísmicas y el efecto de sitio en el movimiento del terreno, quedó manifiesta a causa de los daños producidos por el terremoto del 19 de septiembre de 1985, cuyas características han sido estudiadas en detalle por diversos grupos de investigadores. Aunque la metodología y los datos usados por los grupos difieren, los resultados obtenidos son muy consistentes.*

*Aparte de los estudios relacionados con el terremoto de Michoacán, se han hecho avances significativos para entender: el proceso de ruptura de los grandes temblores mexicanos ( $M_s > 7$ ) que han ocurrido desde 1907; los sismos históricos de México; la extensión y potencial sísmico de la brecha de Guerrero; las características especiales de los grandes temblores mexicanos; el espectro sísmico en la fuente y su atenuación con la distancia; la predicción de la aceleración máxima esperada en la zona epicentral; la propagación de las ondas sísmicas hacia el Distrito Federal; la estimación del movimiento del terreno en el Distrito Federal (aceleración máxima, espectro de Fourier, espectro de respuesta, duración) debido a sismos de la costa del Pacífico; y la amplificación espectral de las ondas sísmicas en la zona del Valle de México. Se presenta aquí un breve resumen de los trabajos que sobre algunos de estos temas se han realizado a partir de septiembre de 1985.*

## **2. TECTONICA DE MEXICO Y LOS GRANDES TEMBLORES**

*Los grandes temblores ( $M_s > 7.0$ ) en México a lo largo de la costa del Pacífico, son causados por la subducción de las placas oceánicas de Cocos y de Rivera bajo la placa continental de Norteamérica. La placa de Rivera se desplaza a velocidad relativa de unos 2.5 cm. por año, y la de Cocos varía de 5 cm. por*

*año cerca de Manzanillo a 8 cm. en Tehuantepec. También ocurren, de forma no frecuente, grandes temblores en el continente con profundidades de unos 60 km, y mecanismo de fallamiento normal que refleja el comportamiento de la litosfera oceánica subducida ( Singh et al., 1985 b); pudiendo causar grandes daños. Aún menos frecuentes son los temblores que ocurren dentro de la placa continental ( $M_s < 7$ ), pero pueden ocasionar daños considerables. Existe también lo que se podría llamar sismicidad de fondo, consistente en temblores con  $M_s < 5.5$ , cuyo origen no puede asociarse a ninguna estructura geológica en particular. Asimismo, el elemento morfotectónico más característico de México es el Eje Neovolcánico, sin que sea paralelo a la trinchera, lo cuál es anormal; si bien probablemente se deba a la morfología de la placa subducida.*

*El estudio de la sismicidad proporciona respuestas en el sentido de qué tan frecuentes pueden ser los temblores de cierta magnitud y cuál es la máxima magnitud que puede generarse en una estructura geológica; cuya descripción se realiza en términos probabilísticos. Para alcanzar estos objetivos, además de la información geológica pertinente, se requiere contar con un catálogo de temblores confiable que cubra un lapso suficientemente grande. En vista de que la instrumentación sísmica se inicia a principios del presente siglo, la magnitud y localización de los eventos ocurridos en los siglos anteriores están basadas en la interpretación de las descripciones de daños, y aún siendo incompleto el catálogo histórico, es de gran importancia en la estimación del riesgo sísmico en México.*

*Los catálogos de grandes temblores correspondientes a este siglo y al anterior, junto con sus réplicas, han permitido estimar periodos de recurrencia para algunos segmentos de la zona de subducción que varían de 30 a 75 años, según determinaciones estadísticas.*

*Los tiempos entre grandes eventos del proceso de subducción, se pueden visualizar como constituidos por periodos de acumulación de energía y deformación, liberándose repentinamente durante un temblor, después del cuál habrá un nuevo periodo de acumulación de energía que culminará con un nuevo temblor. Así, al segmento o porción del área de contacto entre las placas, donde no se ha producido un temblor de importancia en un intervalo de tiempo relativamente grande, se le denomina "brecha sísmica"; correspondiendo los grandes temblores recientes a tramos de brechas*

sísmicas hasta ese momento, y destacó la de Guerrero (Petatlán -Acapulco) donde no se ha producido un gran temblor desde hace 80 años, creciendo el riesgo sísmico con el tiempo que ha transcurrido sin temblar.

El gran temblor del 19 de septiembre de 1985 (Ms 8.1) rompió la brecha de Michoacán, al que siguió otro de (Ms 7.6); siendo la primera vez que temblores de gran magnitud por subducción, se observan instrumentalmente con equipo digital y buena cobertura. La información de la red y de los acelerogramas en el Valle de México presenta peculiaridades sorprendentes, pues en la zona epicentral se registraron aceleraciones del terreno que pueden considerarse pequeñas (0.15 g.) para un temblor de gran magnitud, mientras que en el Valle de México y sus cercanías varían entre 0.03 y 0.20 g., lo cual es sorprendente para localizarse a casi 350 km. de la zona epicentral. Los daños ocasionados en la Ciudad de México, hicieron pensar que la irradiación del sismo pudo haber sido anormalmente energética en esa dirección, al menos en periodos cercanos a los de resonancia en los sitios con suelos lacustres (1.4 a 4.8 s), siendo esto confirmado por Singh et al. (1988 b) y recientemente (Singh et al. 1990 b) muestra que esta anomalía proviene de la fuente del terremoto.

El proceso de ruptura de los grandes temblores mexicanos (Ms > 7), ocurridos después de la instalación de la red mundial de sismógrafos estándar en 1962, ha sido estudiado por diversos autores con un método analítico; delimitándose a 99° W la existencia de dos regiones con diferentes características de ruptura; marcadas por los contornos de profundidad de la zona de Benioff, basados en la distribución de hipocentros. Se puede postular la segmentación de la placa de Cocos cerca de 99° W y de 96° W, sin conocerse aún la razón del cambio de la morfología de la zona de Benioff, pero dicha segmentación de la placa subdividida puede actuar como barrera para la extensión de una ruptura.

En lo concerniente a la brecha sísmica de Guerrero, la comunidad científica coincide en estimarla como la zona de más alto potencial sísmico en el País, donde ocurrieron grandes temblores en 1899, 1907, 1908, 1909 y 1911, después de los cuales han ocurrido pocos sismos en la región. La extensión máxima de la brecha de Guerrero es de 230 km. con un ancho de falla de 80 km., limitada al noroeste por el área de ruptura del sismo de Petatlán de 1979 y al sureste por la segmentación de la placa de Cocos en 99° W., siendo la magnitud máxima esperada de 8.3. Aunque actualmente el estado de

*conocimiento no permite predecir el instante de ocurrencia del temblor en la brecha, se lleva a cabo una serie de investigaciones que podrían proporcionar en el futuro, un avance en este sentido.*

*El estudio de los grandes temblores producidos en México, asociados a la zona de subducción del Pacífico, han proporcionado una serie de características importantes de los mismos. Así, los temblores de 1985 y otros, ocurrieron cerca de la costa a profundidades entre 16 y 20 km.; el ancho de ruptura no excede de 80 km. y la longitud es del orden de 220 km.; los temblores en México generan un número de réplicas pequeño; los temblores de Oaxaca son simples y en otras partes de la zona de subducción ocurren tanto simples como complejos; hay deficiencia de eventos en el rango de magnitudes  $6.4 < M_s < 7.4$ , principalmente en Oaxaca; en la zona de subducción, la interfase entre placas es homogénea en las longitudes de 3 a 30 km. Estos datos se irán ampliando en la medida que se avance en los estudios que se están generando.*

### **3. ESTIMACION DE MOVIMIENTOS FUERTES.**

*A partir de los sismos de 1985, se hizo evidente la importancia de predecir fuertes movimientos. Las conclusiones que pueden obtenerse de estudios de riesgo sísmico, incluyendo las fuerzas de diseño que se prescriban en un Reglamento de Construcción, descansan en la capacidad para estimar la naturaleza del movimiento del terreno, producido por un temblor con una magnitud y localización dadas; conociéndose como "Leyes de Atenuación" a estas relaciones, donde las características relevantes del movimiento del suelo son descritas en función de la magnitud del temblor, su localización y otros parámetros generalmente asociados a la fuente sísmica.*

*Si bien antes de 1985 ya se habían hecho esfuerzos en este sentido, se vió la necesidad de profundizar los estudios por disponer de un número mayor de estaciones sísmicas digitales, tanto en la Ciudad de México como en la costa del Pacífico, lo que permitió aumentar la base de datos sobre movimientos*

*fuertes; por otro lado, también el estudio de los registros de los años 60 y mediados de los 70, permitió contar con señales digitales de aceleración relativamente confiables; y finalmente, la amplificación de las ondas sísmicas por el subsuelo de la Ciudad de México, hicieron necesarios contar con descripciones detalladas del contenido de frecuencia de los movimientos que podrían esperarse en el futuro.*

*Son diversos los resultados de los estudios orientados a la predicción de movimientos fuertes en la cuenca de México y la costa del Pacífico, que son las regiones más vulnerables a la acción de los grandes temblores.*

*El avance ha sido considerable hasta el momento, habiéndose determinado incluso Reglamentos de Construcción, siendo el más reciente el relativo al Estado de Guerrero. Lo anterior es resultado de toda una serie de acciones que se emprendieron en un momento concreto, y que se siguen implementando.*

## **CONCLUSIONES**

*Se han expuesto algunos resultados obtenidos a partir de los sismos de 1985, con énfasis en ciertas características.*

*Se ha presentado el gran avance en la comprensión de los fenómenos sísmicos después de los temblores de 1985. Si tomamos en cuenta el reciente aumento en la instrumentación sísmica en México, es de esperarse que la investigación en la materia aumente muy rápidamente en el futuro, y llene las lagunas del conocimiento actual; lo cuál requerirá del concurso de un mayor número de investigadores de alto nivel, así como de la continuidad en el apoyo financiero para estos fines.*

*Los estudios e información descritos, se deben al concurso y esfuerzo de la Fundación ICA, Fundación Javier Barros Sierra, Instituto de Geofísica e Instituto de Ingeniería de la UNAM y Centro Nacional de Prevención de Desastres; así como otras Instituciones.*

## REFERENCIAS

*Singh, S.K., Suárez, G., y Domínguez, T. (1985 b).- "The Oaxaca, México earthquake of 1931: lithospheric normal faulting in the subducted Cocos plate". Nature, n.º. 317, pp 56-58*

*Singh, S.K., Mena, E., and Castro, R. (1988 b).- "Some aspects of the source characteristics and the ground motion amplifications in and near México City from the acceleration data of the september, 1985, Michoacán, México Earthquakes". Bull. Seism. Soc. Am., n.º 78, pp. 451-477.*

*Singh, S.K. , Mori, A., Mena, E., Krüger, F. y Kind, R. (1990 b).- "Evidence for anomalous body-wave radiation between 0.3 and 0.7 Hz from the 1985 september 19 Michoacán, México Earthquake". Geophys. J. Int., n.º 101, pp 37-48.*