

Tema 15. Sismicidad: origen de los terremotos. Tipos de ondas sísmicas, magnitud e intensidad de un terremoto. Distribución de los terremotos según la Tectónica de Placas. Riesgo sísmico y planificación, áreas de riesgo sísmico en España.

Sismicidad: origen de los terremotos.

Los terremotos o sismos son repentinos movimientos de la corteza terrestre y constituyen importantes manifestaciones superficiales de la energía geotérmica, pero no de manera directa sino en forma de energía elástica.

Se deben a una brusca liberación de energía que se transmiten en todas las direcciones de su origen, el foco sísmico o hipocentro en forma de onda sísmica. El punto de la superficie terrestre más cercano al pozo se denomina epicentro, donde la magnitud es máxima.

La gran mayoría de los terremotos están asociados a fallas, y su génesis se explica mediante la teoría del rebote elástico. Considera que los esfuerzos tectónicos derivados del movimiento de las placas debido a la energía geotérmica, actúan sobre las rocas que se van deformando lentamente y almacenando energía elástica. Cuando se supera su resistencia, las rocas se rompen súbitamente y la energía liberada se propaga provocando las vibraciones causantes del terremoto. En cuanto finaliza uno de estos fenómenos cómo el movimiento de las placas continúa se inicia la deformación de las rocas.

Tipos de ondas sísmicas.

Hay varios tipos de ondas sísmicas, cuya velocidad depende del medio por el que se propagan :

- **Ondas de cuerpo:** se transmiten por el interior de la Tierra por lo que pueden usarse para estudiar la estructura interna del planeta. Hay dos tipos de ondas de cuerpo: ondas P o primarias, que son las más rápidas y se propagan por sólidos y fluidos; y ondas S o secundarias, que son aproximadamente 1,7 veces más lentas que las P y sólo se transmiten por medios sólidos.
- **Ondas superficiales u ondas L:** son de menor velocidad pero muy destructivas, se originan en la interfaces tierra-aire o tierra-agua y se amortiguan rápidamente hacia el interior terrestre, por lo que están confinadas a una estrecha zona cercana a la superficie. Viajan al 90% de la velocidad de las S pero debido a su medio de propagación son más peligrosas.

Magnitud e intensidad de un terremoto.

En el caso de los terremotos, tanto el riesgo social como el económico son los mas altos entre todos los desastres naturales. Para cuantificar el tamaño de un seísmo, se utilizan dos referencias: intensidad y magnitud del mismo.

Las escalas de intensidad miden los efectos producidos y la más conocida es la escala de Mercalli modificada (escala MM), que identifica 12 niveles de intensidad mediante fenómenos observables como el derrumbamiento de muros, producción de grietas, etc.; En España se utiliza una semejante que es la escala de Medvedev, Sponheuer y Karnik. En ellas se basan el establecimiento de normas sismorresistentes y la cartografía de zonas sísmicas mediante isosistas, líneas circulares concéntricas que unen lugares geográficos de la misma intensidad sísmica.

En la actualidad se usan más las escalas de magnitud, que miden la energía liberada. En todo el mundo se utiliza la escala de Richter, que es logarítmica y cada grado corresponde a un incremento de la energía de unas 32 veces.

Distribución de los terremotos según la Tectónica de Placas.

Como ya hemos indicado, las zonas de riesgo sísmico coinciden, en líneas generales, con las de riesgo volcánico; se denomina índice de sismicidad al número de terremotos anuales que ocurren en una región por cada 100.000 km cuadrados de superficie.

La mayor parte de la energía se libera en el círculo circumpacífico y la franja mediterráneo-asiática, con focos progresivamente más profundos según aumenta la distancia a la fosa oceánica (zona de Wadati-Benioff). Otras áreas de alto riesgo son las fallas transformantes, donde los focos se localizan hasta 80 km de profundidad, mientras que los terremotos generados en las dorsales y rifts continentales son de focos somero y, aunque frecuentes, son de baja intensidad. Finalmente, cabe la posibilidad de terremotos en antiguas fallas intraplaca, que pueden canalizar la deformación, y en zonas de reajustes post-orogénicos.

La sismicidad en España.

En consecuencia de la interacción entre la microplaca ibérica y dos de las grandes placas tectónicas: euroasiática y africana. Por tanto, la mayoría de epicentros de terremotos recientes se concentran en dos zonas: una que coincide con el trazado de los Pirineos, orógeno de colisión resultante de una ligera subducción de la microplaca ibérica bajo la euroasiática; y otra que corresponde a las cordilleras Béticas y sus alrededores, resultantes de la interacción entre la microplaca ibérica, la placa africana y la microplaca de Alborán. Ambas cordilleras forman parte del cinturón alpino que se extiende de este a oeste desde Gibraltar al Himalaya.

También se detecta bastante actividad en la costa occidental de nuestra península y por debajo de ella, hacia el suroeste, existe otra línea de sismos que finalmente conecta con la dorsal centroatlántica y que corresponde a la falla transformante de Azores- Gibraltar, donde pueden producirse terremotos de magnitud superior a 7.

Así, en España cabe diferenciar varias zonas con relación a la actividad sísmica, las zonas de mayor peligrosidad son Andalucía Oriental, Murcia, Alicante y el Pirineo.

Riesgos derivados de los procesos sísmicos.

Podemos distinguir entre riesgos primarios y riesgos secundarios o asociados. Los riesgos primarios son consecuencia directa de la transmisión de ondas sísmicas, por lo que comprenden:

- **Vibración del suelo.** Es la fuerza destructiva más importante, debida a que la energía liberada produce movimientos del terreno hacia arriba y hacia abajo, así como de un lado a otro. El resultado es el desplome de edificios y la destrucción de presas, puentes... La importancia de los daños atribuibles a las vibraciones depende de varios factores: La intensidad de la vibración, que es mayor cuanto más cerca está del epicentro y mayor sea la magnitud del terremoto; duración de los temblores, que suelen ser inferiores a 1 minuto. Naturaleza del terreno, ya que los sedimentos blandos amplifican las vibraciones por lo que los daños son mayores que las rocas duras; y diseño de las estructuras, pues los edificios de estructura de acero resisten más vibraciones.
- **Licuefacción.** Fenómeno generado por las vibraciones consistentes en que los materiales no consolidados y saturados de agua se convierten en un fluido móvil, incapaz de soportar edificios y otras estructuras que, por tanto, se hunden.
- **Corrimiento de tierras.** Las vibraciones del suelo o la licuefacción son causa del deslizamiento de las laderas, fenómeno importante en zonas de relieve acusado.

Los riesgos asociados son:

- **Incendios:** causados por la destrucción de infraestructuras, como conducciones de gases y tendidos eléctricos, constituyen el riesgo asociado más importante. Por ejemplo, en el famoso terremoto de San Francisco los incendios fueron la principal causa de destrucción, pues se tardó tres días en controlarlo.

- **Modificaciones del terreno:** debidas al desplazamiento a lo largo de las fallas y al deslizamiento de las laderas, producen alteraciones en los acuíferos y desviaciones del cauce de los ríos, con sus consiguientes efectos sobre las poblaciones afectadas.
- **Seiches:** generadas por el movimiento del terreno, son oscilaciones rítmica del agua contenida en lagos, embalses y bahías. Pueden alcanzar varios metros de altura generando daños.
- **Tsunamis o maremotos:** suelen producirse por el deslizamiento vertical del suelo oceánico durante un terremoto. Se trata de olas, de pequeño tamaño y que se desplazan a grandes velocidades en el océano abierto pero que, al llegar a zonas costeras menos profundas se frenan y aumenta de altura. Precipitándose sobre la costa con mucha fuerza.

Planificación de los riesgos sísmicos.

Medidas predictivas:

Aunque actualmente no es posible predecir un terremoto con total fiabilidad se están realizando importantes esfuerzos al respecto pues, por las causas ya indicadas los sismos no se producen al azar, ni en el espacio ni en el tiempo.

- **Predicción espacial:** para establecer el lugar y la importancia de un posible terremoto, resulta útil la elaboración de mapas de peligrosidad, basados en sucesos anteriores, según la magnitud previsible o según la intensidad. También es importante la localización de fallas activas, método que es eficaz para aquellas situadas en los límites de las placas que son las causantes del 95% de los seísmos.
- **Predicción temporal:** la predicción sísmica a largo plazo es mas fiable que en el caso del vulcanismo y resulta útil para la adopción de las adecuadas medidas preventivas. Se realiza mediante estudios estadísticos (método histórico). Las predicciones a corto plazo implican la instalación de redes de vigilancia para detectar los precursores sísmicos, es decir, fenómenos que anteceden a un terremoto y que son consecuencia de la alteración de las propiedades físicas de las rocas sometidas a altas presiones.

Según la Teoría de la dilatación, la deformación de la roca determina que ésta quede plagada de innumerables microgrietas lo que aumenta su volumen. Este hecho daría lugar a una serie de fenómenos, que podrían considerarse precursores de un terremoto fuerte:

- Enjambres de terremotos, es decir, importante aumento de la frecuencia de pequeños seísmos.
- Variación en la conductividad eléctrica de las rocas, que, en principio disminuye por el agrietamiento.
- Cambios en la velocidad de las ondas sísmicas, ya que, al disminuir V_p , decrece la relación V_p - V_s .
- Comportamiento anómalo de los animales, que percibirían las vibraciones derivadas de la microfacturación de las rocas.

Además, y según la misma teoría, el agua subterránea se desplazaría hacia las microgrietas recién formadas, de modo que las rocas se hincharían y disminuiría su resistencia, desencadenando el terremoto. Dicho flujo de agua explicaría la causa de otros precursores:

- Elevaciones centimétricas del terreno, que se mantienen hasta que se produce el terremoto.
- Nuevas variaciones en la conductividad eléctrica de las rocas, que aumentaría por su contenido en agua.
- Nuevos cambios en la velocidad de las ondas sísmicas, recuperando las ondas P su velocidad normal anterior.
- Incremento en las emisiones de gas Radón, elemento traza radiactivo presente en toda agua freática, cuya cantidad aumentaría al llenarse de agua las grietas.

Sin embargo, la Teoría de la dilatación continúa siendo una hipótesis en discusión y, en las predicciones basadas en ella, los éxitos han alternado con fracasos espectaculares. Por tanto, actualmente, la predicción sísmica a corto plazo no es factible.

Medidas preventivas:

- **No estructurales:** elaboración de mapas de riesgo para una adecuada ordenación del territorio, con el objeto de reducir la exposición y restringir prácticas de riesgo inducido en zonas de alto riesgo, además de establecer las pertinentes medidas de protección civil.
- **Estructurales:** son especialmente eficaces las normas para construcciones sismorresistentes, con la finalidad de reducir la exposición, la vulnerabilidad. Cabe destacar las siguientes: construcciones separadas por amplios espacios, para evitar el hacinamiento de la población y el choque de edificios durante la vibración, cimientos no rígidos, capaces de absorber las vibraciones del suelo y permitir las oscilación del edificio.

Medidas correctoras:

Son prácticamente inexistentes, al no poder impedir que se produzca un terremoto ni disminuir su magnitud. Se está investigando en dos líneas:

- Inyección de fluidos, como agua o petróleo, para la lubricación de fallas activas y, al reducir el rozamiento en la superficie de contacto, inducir pequeños desplazamientos y evitar la acumulación de deformación.
- Extracción de fluidos, como agua subterránea natural, para facilitar que los labios de la falla se traben y conseguir su inmovilidad.