



## MAGNITUD DEL SISMO

Es una medida que tiene relación con la cantidad de energía liberada en forma de ondas. Se puede considerar como un tamaño relativo de un temblor y se determina tomando el logaritmo (base 10) de la amplitud máxima de movimiento de algún tipo de onda (P, Superficial) a la cual se le aplica una corrección por distancia epicentral y profundidad focal. En oposición a la intensidad, un sismo posee solamente una medida de magnitud y varias observaciones de intensidad. Los tipos de magnitudes que se utilizan en forma más común son Richter o local ( $M$ ), ondas P ( $m_b$ ), superficial ( $M_s$ ).

### ¿Qué es la Magnitud de un sismo ?

Es la energía real liberada en el foco o hipocentro del sismo. Se trata de una medida absoluta de la energía del temblor o terremoto expresada en movimiento o aceleración de las partículas del suelo. Se mide con instrumentos, es decir, es una valoración objetiva, instrumental, del sismo y se usa en este caso la escala de Richter, cuyos grados representan cantidades progresivamente multiplicadas de energía. Esta escala no tiene límite superior.

Los instrumentos adecuados: sismógrafos, acelerógrafos y otros, dondequiera que se ubiquen con respecto a la ubicación del sismo, registran el mismo rango de magnitud. Puede decirse entonces, que un terremoto tiene una sola magnitud y muchas intensidades; estas últimas normalmente decrecen al alejarse del epicentro sísmico.

Se consideran sismos destructores, en general, aquellos que tienen una magnitud mayor que 6.5 (dependiendo de la calidad de la construcción y del suelo).

## ESCALA DE RICHTER

Corresponde a la escala de magnitud de un sismo. Es una escala abierta por ambos lados, sin embargo el terremoto más grande registrado hasta el momento alcanzó una magnitud de 9.5 correspondiendo a una ruptura del orden de 1000 km de longitud, 200 km de ancho con un desplazamiento promedio de 20 m. En el otro extremo de la escala, magnitudes negativas se logran en laboratorios con rupturas milimétricas.

$$M_L = \log_{10} A_m$$

Ej: Para una amplitud máxima de un sismo:

$$A_m = 0.03 \text{ mm} \rightarrow 30 \text{ m} \rightarrow \log_{10} \approx 1.48 \rightarrow M = 1.5$$

$$A_m = 30 \text{ mm} \rightarrow 30000 \text{ m} \rightarrow \log_{10} \approx 4.48 \rightarrow M = 4.5$$

Richter definió la magnitud cero como aquella que proporciona una amplitud máxima de vibración del suelo de una micra a una distancia de 100 km, así la magnitud local o de Richter,  $M$ , es la diferencia entre el logaritmo decimal de la amplitud y el logaritmo decimal de la amplitud patrón.

$$M_L = \log_{10} A - \log_{10} A_0$$

Donde  $A$  es la amplitud del movimiento del suelo registrada en un sismógrafo tipo Wood-Anderson a una distancia dada y  $A_0$  corresponde a la curva patrón que fue aportada por Richter y tiene la expresión:

$$\log_{10} A_0 = 6.37 - 3 \times \log_{10} \Delta$$

Donde  $D$  es la distancia epicentral en Km.

Por tratarse de magnitudes logarítmicas, hay que hacer notar que para elevar un punto la magnitud de un terremoto haría falta multiplicar por 33 la energía liberada, y para elevarla dos puntos sería necesario liberar 1000 veces más energía.

La energía liberada por el sismo se ha correlacionado con la magnitud por medio de la ecuación siguiente:

$$\log_{10} E = 4.8 + 1.5 M_s$$

Otros autores toman:

$$\log_{10} E = 11.8 + 1.5 M$$

$$\log_{10} E = 9.9 + 1.9 M - 0.024 M^2$$



Ej: Para una magnitud de un sismo de:

$$M = 3 \begin{cases} \log_{10} E \approx 9.3 \rightarrow E = 2.0 \times 10^9 \text{ ergios} \\ \log_{10} E \approx 16.3 \rightarrow E = 2.0 \times 10^{16} \text{ ergios} \\ \log_{10} E \approx 15.4 \rightarrow E = 2.4 \times 10^{15} \text{ ergios} \end{cases}$$

## INTENSIDAD DEL SISMO

La intensidad sísmica está íntimamente relacionada con los efectos producidos por un terremoto en las reacciones de las personas, el grado de destrozos producidos en las construcciones y las perturbaciones provocadas en el terreno (grietas, deslizamientos, desprendimientos, etc.). Describiendo de manera subjetiva el potencial destructivo del mismo. Se han propuesto varias escalas para medir la intensidad, la escala oficial en España es la M.S.K., que está dividida en 12 grados. Los destrozos empiezan a ser importantes a partir del grado VII.

### ¿Qué es la Intensidad Sísmica?

Es la violencia con que se siente un sismo en diversos puntos de la zona afectada. La medición se realiza observando los efectos o daños producidos por el temblor en las construcciones, objetos, terreno y el impacto que provoca en las personas.

Su valor depende de la distancia del epicentro, tipo de construcción, calidad del suelo o roca de la localidad y del lugar que ocupan las personas (por ejemplo, en un piso en altura u a nivel del suelo, etc.)

En la actualidad, para medir la intensidad, se emplea (desde el 9 de Julio de 1961) la Escala de Intensidades Modificada de Mercalli. Esta es una escala descriptiva de 12 grados. Los daños comienzan a partir del grado VI (seis).

### ESCALA DE INTENSIDADES DE MERCALLI MODIFICADA

I - No se advierte sino por unas pocas personas y en condiciones de perceptibilidad especialmente favorables.

II - Se percibe sólo por algunas personas en reposo, particularmente las ubicadas en los pisos superiores de los edificios.

III - Se percibe en los interiores de los edificios y casas. Sin embargo, muchas personas no distinguen claramente que la naturaleza del fenómeno es sísmica, por su semejanza con la vibración producida por el paso de un vehículo liviano. Es posible estimar la duración del sismo.

IV - Los objetos colgantes oscilan visiblemente. Muchas personas lo notan en el interior de los edificios aún durante el día. En el exterior, la percepción no es tan general. Se dejan oír las vibraciones de la vajilla, puertas y ventanas. Se sienten crujir algunos tabiques de madera. La sensación percibida es semejante a la que produciría el paso de un vehículo pesado. Los automóviles detenidos se mecen.

V - La mayoría de las personas lo perciben aún en el exterior. En los interiores, durante la noche, muchas personas despiertan. Los líquidos oscilan dentro de sus recipientes y aún pueden derramarse. Los objetos inestables se mueven o se vuelcan. Los péndulos de los relojes alteran su ritmo o se detienen. Es posible estimar la dirección principal del movimiento sísmico.

VI - Lo perciben todas las personas. Se atemorizan y huyen hacia el exterior. Se siente inseguridad para caminar. Se quiebran los vidrios de las ventanas, la vajilla y los objetos frágiles. Los juguetes, libros y otros objetos caen de los armarios. Los cuadros suspendidos de las murallas caen. Los muebles se desplazan o se vuelcan. Se producen grietas en algunos estucos. Se hace visible el movimiento de los árboles y arbustos, o bien, se les oye crujir. Se siente el tañido de las campanas pequeñas de iglesias y escuelas.

VII - Los objetos colgantes se estremecen. Se experimenta dificultad para mantenerse en pie. El fenómeno es percibido por los conductores de automóviles en marcha. Se producen daños de consideración en estructuras de albañilería mal construidas o mal proyectadas. Sufren daños menores (grietas) las estructuras corrientes de albañilería bien construidas. Se dañan los muebles. Caen trozos de estuco, ladrillos, parapetos, cornisas y diversos elementos arquitectónicos. Las chimeneas débiles se quiebran al nivel de la techumbre. Se producen ondas



en los lagos; el agua se enturbia. Los terraplenes y taludes de arena o grava experimentan pequeños deslizamientos o hundimientos. Se dañan los canales de hormigón para regadío. Tañen todas las campanas.

VIII - Se hace difícil e inseguro el manejo de vehículos. Se producen daños de consideración y aún el derrumbe parcial en estructuras de albañilería bien construidas. En estructuras de albañilería especialmente bien proyectadas y construidas sólo se producen daños leves. Caen murallas de albañilería. Caen chimeneas en casas e industrias; caen igualmente monumentos, columnas, torres y estanques elevados. Las casas de madera se desplazan y aún se salen totalmente de sus bases. Los tabiques se desprenden. Se quiebran las ramas de los árboles. Se producen cambios en las corrientes de agua y en la temperatura de vertientes y pozos. Aparecen grietas en el suelo húmedo, especialmente en la superficie de las pendientes escarpadas.

IX - Se produce pánico general. Las estructuras de albañilería mal proyectadas o mal construidas se destruyen. Las estructuras corrientes de albañilería bien construidas se dañan y a veces se derrumban totalmente. Las estructuras de albañilería bien proyectadas y bien construidas se dañan seriamente. Los cimientos se dañan. Las estructuras de madera son removidas de sus cimientos. Sufren daños considerables los depósitos de agua, gas, etc. Se quiebran las tuberías (cañerías) subterráneas. Aparecen grietas aún en suelos secos. En las regiones aluviales, pequeñas cantidades de lodo y arena son expelidas del suelo.

X - Se destruye gran parte de las estructuras de albañilería de toda especie. Se destruyen los cimientos de las estructuras de madera. Algunas estructuras de madera bien construidas, incluso puentes, se destruyen. Se producen grandes daños en represas, diques y malecones. Se producen grandes desplazamientos del terreno en los taludes. El agua de canales, ríos, lagos, etc. sale proyectada a las riberas. Cantidades apreciables de lodo y arena se desplazan horizontalmente sobre las playas y terrenos planos. Los rieles de las vías férreas quedan ligeramente deformados.

XI - Muy pocas estructuras de albañilería quedan en pie. Los rieles de las vías férreas quedan fuertemente deformados. Las tuberías (cañerías subterráneas) quedan totalmente fuera de servicio.

XII - El daño es casi total. Se desplazan grandes masas de roca. Los objetos saltan al aire. Los niveles y perspectivas quedan distorsionados.

### **ESCALA DE INTENSIDAD M.S.K. (1964)**

Efectos que definen los grados de intensidad M.S.K.

Los efectos sentidos por las personas y percibidos en su medio ambiente.

Los daños producidos en las construcciones según sus diversos tipos.

Los cambios advertidos en la naturaleza. Efectos sobre el terreno.

### **Tipos de construcciones**

Tipo A: Con muros de mampostería en seco o con barro, de adobes, o de tapial.

Tipo B: Con muros de fábrica de ladrillo, de bloques de mortero, de mampostería con mortero, de sillarejo, entramados de madera.

Tipo C: Con estructura metálica o de hormigón armado.

### **Términos de cantidad**

Los términos de cantidad utilizados en la definición de los grados de intensidad corresponden aproximadamente a los siguientes porcentajes:

Algunos.....5%

Muchos.....50%

La mayoría.....75%

### **Clasificación de los daños en las construcciones**

Clase 1- Daños ligeros: Fisuras en los revestimientos, caída de pequeños trozos de revestimiento.

Clase 2- Daños moderados: Fisuras en los muros, caída de grandes trozos de revestimiento, caída de tejas, caída de pretilas, grietas en las chimeneas e incluso derrumbamientos parciales en las mismas.



Clase 3- Daños graves: Grietas en los muros, caída de chimeneas de fábrica o de otros elementos exteriores.

Clase 4 Destrucción: Brechas en los muros resistentes, derrumbamiento parcial, pérdida de enlace entre distintas partes de la construcción, destrucción de tabiques y muros de cerramiento.

Clase 5- Colapso: Ruina completa de la construcción.

### **Descripción de los grados de intensidad MSK**

#### **Grado I:**

La sacudida no es percibida por los sentidos humanos, siendo detectada y registrada solamente por los sismógrafos.

#### **Grado II:**

La sacudida es perceptible solamente por algunas personas en reposo, en particular en los pisos superiores de los edificios.

#### **Grado III:**

La sacudida es percibida por algunas personas en el interior de los edificios y solo en circunstancias muy favorables en el exterior de los mismos. La vibración percibida es semejante a la causada por el paso de un camión ligero. Observadores muy atentos pueden notar ligeros balanceos de objetos colgados, más acentuados e los pisos altos de los edificios.

#### **Grado IV:**

El sismo es percibido por personas en el interior de los edificios y por algunas en el exterior. Algunas personas se despiertan, pero nadie se atemoriza. La vibración es comparable a la producida por el paso de un camión pesado con carga. Las ventanas, puertas y vajillas vibran. Los pisos y muros producen chasquidos. El mobiliario comienza a moverse. Los líquidos contenidos en recipientes abiertos se agitan ligeramente.

#### **Grado V:**

El sismo es percibido en el interior de los edificios por al mayoría de las personas y por muchas en el exterior. Muchas personas que duermen se despiertan y algunas huyen. Los animales se ponen nerviosos. Las construcciones se agitan con una vibración general. Los objetos colgados se balancean ampliamente. Los cuadros golpean sobre los muros o son lanzados fuera de su emplazamiento. En algunos casos los relojes de péndulo se paran. Los objetos ligeros se desplazan o vuelcan. Las puertas o ventanas abiertas batien con violencia. Se vierten en pequeña cantidad los líquidos contenidos en recipientes abiertos y llenos. La vibración se siente en la construcción como la producida por un objeto pesado arrastrándose.

En las construcciones de tipo A son posibles ligeros daños (clase 1). En ciertos casos modifica el caudal de los manantiales.

#### **Grado VI:**

Lo siente la mayoría de las personas, tanto dentro como fuera de los edificios. Muchas personas salen a la calle atemorizadas. Algunas personas llegan a perder el equilibrio. Los animales domésticos huyen de los establos. En algunas ocasiones, la vajilla y la cristalería se rompen, los libros caen de sus estantes, los cuadros se mueven y los objetos inestables vuelcan. Los muebles pesados pueden llegar a moverse. Las campanas pequeñas de torres y campanarios pueden sonar.

Se producen daños moderados (clase 2) en algunas construcciones del tipo A. Se producen daños ligeros (clase 1) en algunas construcciones de tipo B y en muchas del tipo A.

#### **Grado VII:**

La mayoría de las personas se aterroriza y corre a la calle. Muchas tienen dificultad para mantenerse en pie. Las vibraciones son sentidas por personas que conducen automóviles. Suenan las campanas grandes.

Muchas construcciones del tipo A sufren daños graves (clase 3) y algunas incluso destrucción (clase 4). Muchas construcciones del tipo B sufren daños moderados (clase 2). Algunas construcciones del tipo C experimentan daños ligeros (clase 1).



En algunos casos, se producen deslizamientos en las carreteras que transcurren sobre laderas con pendientes acusadas; se producen daños en las juntas de las canalizaciones y aparecen fisuras en muros de piedra. Se aprecia oleaje en las lagunas y el agua se enturbia por remoción del fango. Cambia el nivel de agua de los pozos y el caudal de los manantiales. En algunos casos, vuelven a manar manantiales que estaban secos y se secan otros que manaban. En ciertos casos se producen derrames en taludes de arena o de grava.

#### **Grado VIII:**

Miedo y pánico general, incluso en las personas que conducen automóviles. En algunos casos se desgajan las ramas de los árboles. Los muebles, incluso los pesados, se desplazan o vuelcan. Las lámparas colgadas sufren daños parciales.

Muchas construcciones de tipo A sufren destrucción (clase 4) y algunos colapso (clase 5). Muchas construcciones de tipo B sufren daños graves (clase 3) y algunas destrucción (clase 4). Muchas construcciones de tipo C sufren daños moderados (clase 2) y algunas graves (clase 3). En ocasiones, se produce la rotura de algunas juntas de canalizaciones. Las estatuas y monumentos se mueven y giran. Se derrumban muros de piedra.

Pequeños deslizamientos en las laderas de los barrancos y en las trincheras y terraplenes con pendientes pronunciadas. Grietas en el suelo de varios centímetros de ancho. Se enturbia el agua de los lagos. Aparecen nuevos manantiales. Vuelven a tener agua pozos secos y se secan pozos existentes. En muchos casos cambia el caudal y el nivel de agua de los manantiales y pozos.

#### **Grado IX:**

Pánico general. Daños considerables en el mobiliario. Los animales corren confusamente y emiten sus sonidos peculiares.

Muchas construcciones del tipo A sufren colapso (clase 5). Muchas construcciones de tipo B sufren destrucción (clase 4) y algunas colapso (clase 5). Muchas construcciones del tipo C sufren daños graves (clase 3) y algunas destrucción (clase 4). Caen monumentos y columnas. Daños considerables en depósitos de líquidos. Se rompen parcialmente las canalizaciones subterráneas. En algunos casos, los carriles del ferrocarril se curvan y las carreteras quedan fuera de servicio.

Se observa con frecuencia que se producen extrusiones de agua, arena y fango en los terrenos saturados. Se abren grietas en el terreno de hasta 10 centímetros de ancho y de más de 10 centímetros en las laderas y en las márgenes de los ríos. Aparecen además, numerosas grietas pequeñas en el suelo. Desprendimientos de rocas y aludes. Muchos deslizamientos de tierras. Grandes olas en lagos y embalses. Se renuevan pozos secos y se secan otros existentes.

#### **Grado X:**

La mayoría de las construcciones del tipo A sufren colapso (clase 5). Muchas construcciones de tipo B sufren colapso (clase 5). Muchas construcciones de tipo C sufren destrucción (clase 4) y algunos colapso (clase 5). Daños peligrosos en presas; daños serios en puentes. Los carriles de las vías férreas se desvían y a veces se ondulan. Las canalizaciones subterráneas son retorcidas o rotas. El pavimento de las calles y el asfalto forman grandes ondulaciones.

Grietas en el suelo de algunos decímetros de ancho que pueden llegar a un metro. Se producen anchas grietas paralelamente a los cursos de los ríos. Deslizamientos de tierras sueltas en las laderas con fuertes pendientes. En los ribazos de los ríos y en las laderas escarpadas se producen considerables deslizamientos. Desplazamientos de arenas y fangos en las zonas litorales. Cambio del nivel de agua en los pozos. El agua de canales y ríos es lanzado fuera de su cauce normal. Se forman nuevos lagos.

#### **Grado XI:**

Daños importantes en construcciones, incluso en las bien realizadas, en puentes, presas y líneas de ferrocarril. Las carreteras importantes quedan fuera de servicio. Las canalizaciones subterráneas quedan destruidas.

El terreno queda considerablemente deformado tanto por desplazamientos de terrenos y caídas de rocas. Para determinar la intensidad de las sacudidas sísmicas se precisan investigaciones especiales.



---

**Grado XII:**

Prácticamente se destruyen o quedan gravemente dañadas todas las estructuras, incluso las subterráneas.

La topografía cambia. Grandes grietas en el terreno con importantes desplazamientos horizontales y verticales. Caída de rocas y hundimientos en los escarpes de los valles, producidas en vastas extensiones. Se cierran valles y se transforman en lagos. Aparecen cascadas y se desvían los ríos.

**Relación entre intensidad y aceleración**

Lomnitz estableció una fórmula empírica que relaciona la intensidad M.S.K.  $I$  con la aceleración máxima del terreno  $a_m$  :

$$\log a_m = 0.301030 \times I - 0.2321$$

En donde  $a_m$  viene expresada en gals ( $10^{-2}m/s^2$ ).