

Capítulo 6: Aplicando logaritmos a una situación real: magnitud de los terremotos

Introducción

¿Qué es un terremoto?

Un terremoto es un movimiento brusco de la Tierra, causado por la liberación de energía acumulada en las placas tectónicas. Esta energía se propaga en forma de ondas sísmicas, generando vibraciones que pueden sentirse en la superficie terrestre.

¿Cómo se detectan los terremotos?

Los terremotos son registrados por un instrumento llamado sismógrafo, que detecta y registra las ondas sísmicas. Un sismógrafo dibuja en papel (o en medios digitales) una gráfica llamada sismograma, que muestra las vibraciones del suelo. A partir del sismograma se puede medir la amplitud de las ondas y estimar la magnitud del sismo.

¿Qué es la escala de Richter?

En 1935, el sismólogo estadounidense Charles F. Richter desarrolló una escala para cuantificar la magnitud de los terremotos. Esta escala, conocida como escala de Richter, asigna un número a cada sismo de acuerdo con la energía liberada.

La escala de Richter es logarítmica, lo que significa que cada punto adicional en la escala representa una energía aproximadamente 32 veces mayor y una amplitud 10 veces mayor en las ondas sísmicas.

¿Por qué se utiliza una escala logarítmica?

La energía liberada por un terremoto puede variar en proporciones enormes. Por ejemplo, un sismo de magnitud 7 no es “un poco” más fuerte que uno de magnitud 6: puede liberar más de 30 veces más energía. Para poder representar estos saltos gigantes en una escala comprensible, se utiliza el logaritmo base 10.

Tabla orientativa de magnitudes sísmicas

Magnitud (Richter)	Interpretación general	Efectos típicos
< 2.0	Micro	No se siente. Registrado solo por sismógrafos.
2.0 – 3.9	Menor	Generalmente no se siente. No causa daños.
4.0 – 4.9	Ligero	A veces perceptible. Poca o ninguna destrucción.
5.0 – 5.9	Moderado	Puede causar daños leves a estructuras débiles.
6.0 – 6.9	Fuerte	Daños moderados en zonas pobladas.

Magnitud (Richter)	Interpretación general	Efectos típicos
7.0 – 7.9	Mayor	Daños severos, destrucción en áreas grandes.
≥ 8.0	Catastrófico	Destrucción masiva. Sismos extremadamente raros.

¿Qué muestra un sismograma?

Un **sismograma** es el registro gráfico de las ondas sísmicas generadas durante un terremoto. En él se pueden identificar diferentes tipos de ondas y su comportamiento a lo largo del tiempo.

Partes principales del sismograma:

- **Eje horizontal (tiempo):** indica el paso del tiempo, en segundos o minutos.
- **Eje vertical (amplitud):** representa el movimiento del suelo. Cuanto mayor es la amplitud, mayor es la energía del sismo.
- **Onda P (primaria):** es la primera en llegar, de menor amplitud y más rápida.
- **Onda S (secundaria):** llega después, con mayor amplitud que la P.
- **Onda superficial:** la más destructiva, llega al final y genera los mayores desplazamientos.

Dato clave: La **magnitud del terremoto** no se calcula directamente por la duración del sismo, sino por la **amplitud máxima** de las ondas registradas.

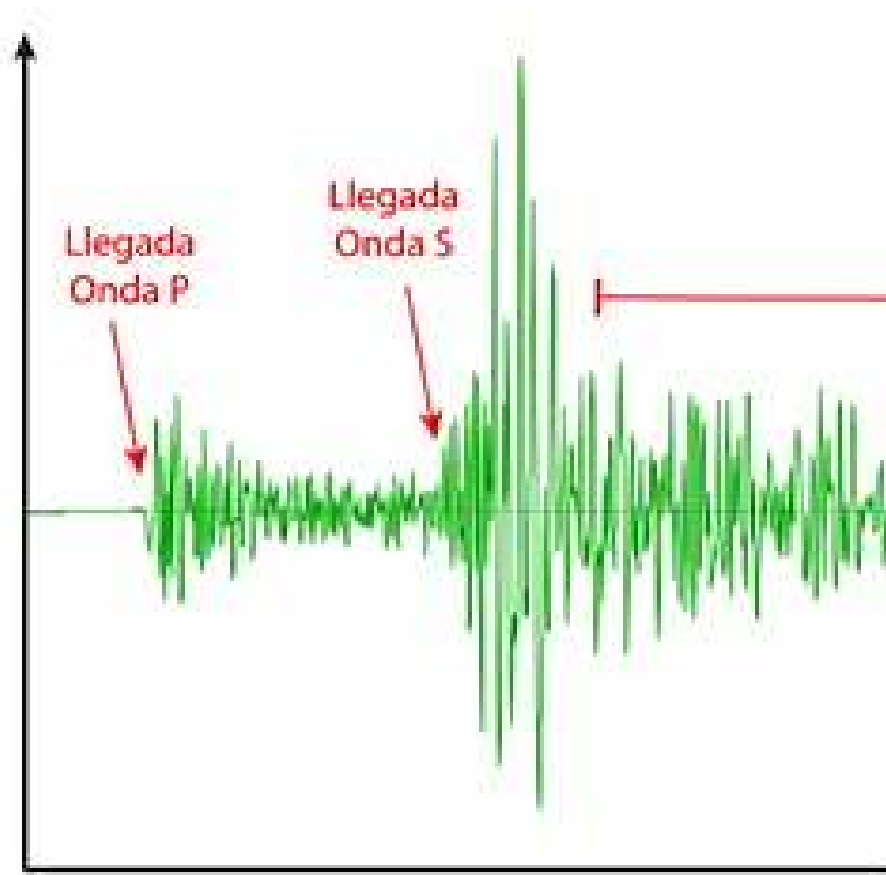


Figura X. Ejemplo de sismograma con fases sísmicas principales:

- **Onda P (primaria):** señal más rápida y de baja energía.
- **Onda S (secundaria):** más tardía, con amplitud y frecuencia mayores.
- **Ondas superficiales (Love y Rayleigh):** las últimas en llegar y las más energéticas.
- **Intervalo S-P:** clave para calcular la distancia al epicentro.

En la práctica, se mide la **amplitud máxima** de la señal para calcular la **magnitud Richter**, mientras que el tiempo entre las ondas P y S permite ubicar el epicentro.

En los **primeros sismógrafos analógicos**, la amplitud se leía directamente en **milímetros**, a partir del papel donde quedaba registrado el sismo.

La fórmula de magnitud sísmica y su interpretación

Existen distintas fórmulas para calcular la magnitud de un terremoto, dependiendo de las variables que se utilicen y del tipo de sismógrafo empleado. En este capítulo trabajaremos con una fórmula corregida que considera la distancia al epicentro, lo cual permite estimar de forma más realista la magnitud del evento sísmico.

Fórmula utilizada

La fórmula corregida de magnitud de Richter que utilizaremos es la siguiente:

$$M = \log_{10}(A) + 3 \times \log_{10}(8 \times \Delta) - 2.92$$

donde:

- M es la magnitud estimada del sismo.
- A es la amplitud máxima registrada (en milímetros).
- Δ es la distancia al epicentro (en kilómetros).

Unidades y conversiones

La amplitud A se mide en milímetros (mm), tal como lo hace un sismógrafo al registrar el desplazamiento del suelo.

La distancia Δ se mide en kilómetros (km).

La energía liberada por un sismo se suele expresar en:

- Ergios (unidad del sistema CGS)
- Julios (unidad del Sistema Internacional de Unidades, SI)

Relación entre ambas unidades:

- 1 julio = 10^7 ergios
- 1 ergio = 10^{-7} julios

Escala de Richter y energía liberada aproximada

Magnitud (M)	Energía (ergios)	Energía (julios)	Descripción
1	1.995.262	0.20	Micro, no perceptible
2	63.095.734	6.31	Micro, no perceptible
3	1.995.262.315	199.53	Ligero, perceptible pero sin daños
4	63.095.734.448	6.309.57	Ligero, perceptible pero sin daños
5	1.995.262.314.969	199.526.23	Moderado, posibles daños menores
6	63.095.734.448.019	6.309.573.44	Fuerte, daños moderados
7	1.995.262.314.968.883	199.526.231.50	Mayor, daños severos
8	63.095.734.448.019.432	6.309.573.444.80	Catastrófico
9	1.995.262.314.968.882.944	199.526.231.496.89	Catastrófico
10	63.095.734.448.019.431.424	6.309.573.444.801.94	Catastrófico