

La relación entre la energía liberada por un sismo y su magnitud

La magnitud de un sismo es un parámetro que cuantifica la liberación de energía de deformación (“strain energy” en inglés) que ocurre durante un terremoto. Esta puede compararse a la energía que estudiamos en Física: la que se almacena en un resorte cuando lo estiramos o comprimimos. Cuando soltamos el resorte (cuando las placas deslizan), esta energía elástica (o potencial) se transforma en cinética (y parte en energía térmica) y que Dios nos proteja.

La cantidad de energía asociada a un sismo se calcula según una ecuación empírica propuesta originalmente por Charles F. Richter (1900-1985). Este sismólogo californiano es famoso por haber creado la escala para medir magnitudes, nombrada en su honor como escala Richter. La ecuación que relaciona energía y magnitud es:

$$\log_{10}(E_s) = 11.8 + 1.5M$$

Cuando se usa esa fórmula y se despeja la energía E_s , esta se obtiene en una unidad que no es muy común en la ingeniería llamada “erg”. A veces se suele comparar esta energía a aquella liberada por una explosión de megatoneladas de TNT. Por ejemplo, la energía liberada por la bomba atómica de Hiroshima fue de 0.016 megatoneladas de TNT que es comparable a la que se liberó durante la réplica del 12 de enero de 2020 del sismo del 7 de enero.

Vamos a calcular la diferencia en energía liberada durante dos eventos: el de M 5.8 del 6 de enero y el de M 6.4 el 7 de enero de 2020. Reemplazando primero $M = 6.4$ en la ecuación de Richter y luego $M = 5.8$ se obtiene:

$$\log_{10}(E_{6.4}) = 11.8 + 1.5 \times 6.4$$

$$\log_{10}(E_{5.8}) = 11.8 + 1.5 \times 5.8$$

Restando las dos ecuaciones y usando la propiedad de la resta de logaritmos se llega a:

$$\log_{10}\left(\frac{E_{6.4}}{E_{5.8}}\right) = 0.9$$

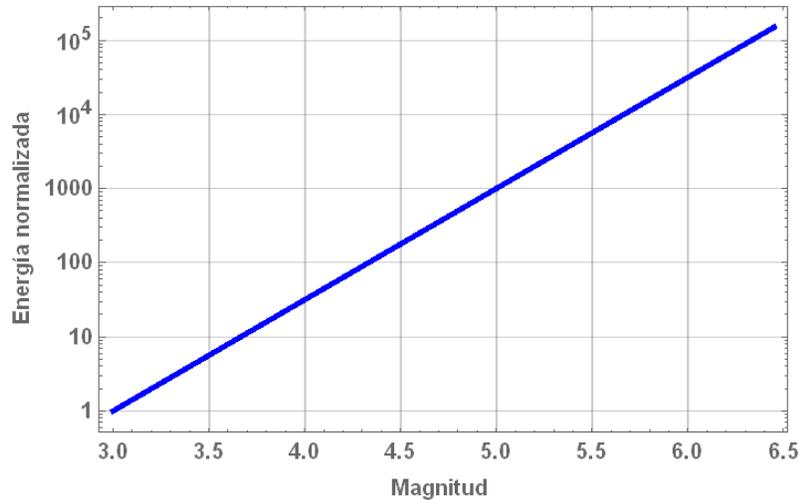
Despejando de aquí $E_{6.4}$ en función de $E_{5.8}$ se obtiene que:

$$E_{6.4} = 10^{0.9} E_{5.8}$$

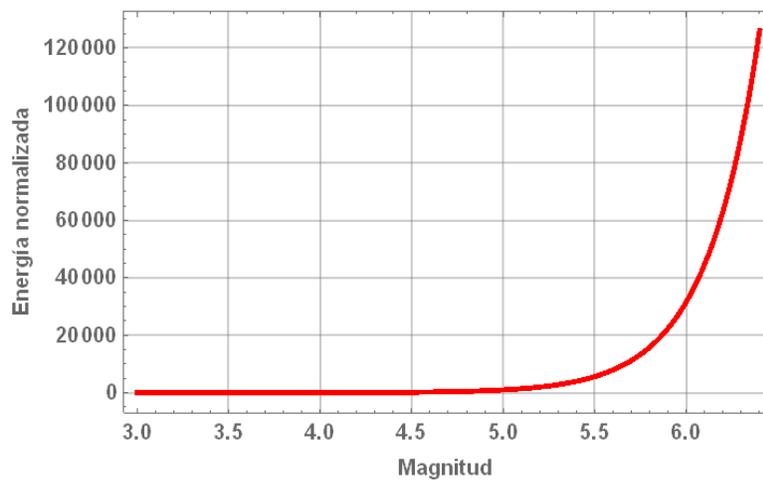
$$E_{6.4} = 7.943 E_{5.8}$$

O sea que el sismo de Puerto Rico del 7 de enero liberó **7.943 veces más energía que el del 6 de enero**. Para que la gente lo entienda mejor, puede decirse en lenguaje común que fue **casi 8 veces “más fuerte”**.

La siguiente gráfica presente en escala logarítmica la diferencia en energía liberada entre sismos de magnitud 3 a 6.4. La escala está normalizada respecto a la energía de un sismo de magnitud 3. Nótese que la diferencia en energía liberada entre un sismo de magnitud 3 a uno de 4, o de 4 a 5, etc., es $31.6 = 10^{1.5}$.



Si se cambia el gráfico a escala normal es más difícil de leer en él (y asusta más...). Nótese que en esta escala se observa que la energía aumenta relativamente poco hasta que llegamos a M 5:



Si queremos comparar la energía liberada entre dos sismos de magnitudes diferentes, una mayor que la otra, a la que llamaremos M_{mayor} y otra de magnitud M_{menor} , trabajando un poquito con las fórmulas anteriores se obtiene la siguiente, que es una generalización para dos magnitudes cualesquiera:

$$E_{mayor} = 10^{1.5(M_{mayor} - M_{menor})} E_{menor}$$

Vamos a aplicarla. Supongamos que queremos calcular la diferencia de energía liberada durante el sismo grande de magnitud M 6.4 comparado con el de magnitud 5.9 del sábado 11 de enero. Sustituyendo los valores $M_{mayor} = 6.4$ y $M_{menor} = 5.9$ en la fórmula anterior y usando una calculadora se obtiene:

$$E_{6.4} = 10^{1.5(6.4 - 5.9)} E_{5.9} = 5.62 E_{5.9}$$

Conclusión: el sismo de magnitud 6.4 fue 5.62 veces “más fuerte” que el de magnitud 5.9.