



**CGI**

Centro  
Geotécnico  
Internacional

---

## ARTICULO TECNICO

**“¿Qué relación existe entre la aceleración de cálculo del sismo y la escala sismológica de Richter y la de Mercalli?”**

**José Antonio Agudelo Zapata**

**Ing. Caminos, Canales y Puertos y Máster de Estructuras por la Universidad de Granada**

## ¿Qué relación existe entre la aceleración de cálculo del sismo y la escala sismológica de Richter y la de Mercalli?

Autor:

José Antonio Agudelo Zapata

Ing. Caminos, Canales y Puertos y Máster de Estructuras por la Universidad de Granada

<http://estructurando.net/>

A la hora de calcular una estructura frente al sismo, un dato fundamental es la **aceleración de cálculo** de la zona donde se va a construir la obra.

Sin embargo, la sismología mundial usa la **escala sismológica de Richter** para determinar la magnitud de sismos de entre 2,0 y 6,9. Para sismos superiores a 6,9 se utiliza la **escala sismológica de magnitud de momento**. Incluso, todavía se suele usar la **escala Mercalli** o podemos encontrarla en textos con una cierta edad.



Entonces, cuando oímos en los medios de comunicación que el **terremoto de Nepal** fue de 7,8 de magnitud, o el **terremoto de Lorca** fue de 5,3 de magnitud ¿cómo podemos hacernos una idea de la aceleración sísmica que asumieron las estructuras en esos terremotos?

En este artículo os presento un par de formulaciones empíricas y tablas para poder hacernos una idea y un listado de terremotos famosos con su magnitud.

Una formulación empírica que relaciona la magnitud de un sismo con la máxima aceleración horizontal del terreno  $a_c$  [ $m/s^2$ ], es la desarrollada por *Donovan*:

$$a_c = \frac{10,8 \cdot e^{0,5M}}{(R + 25)^{1,32}}$$

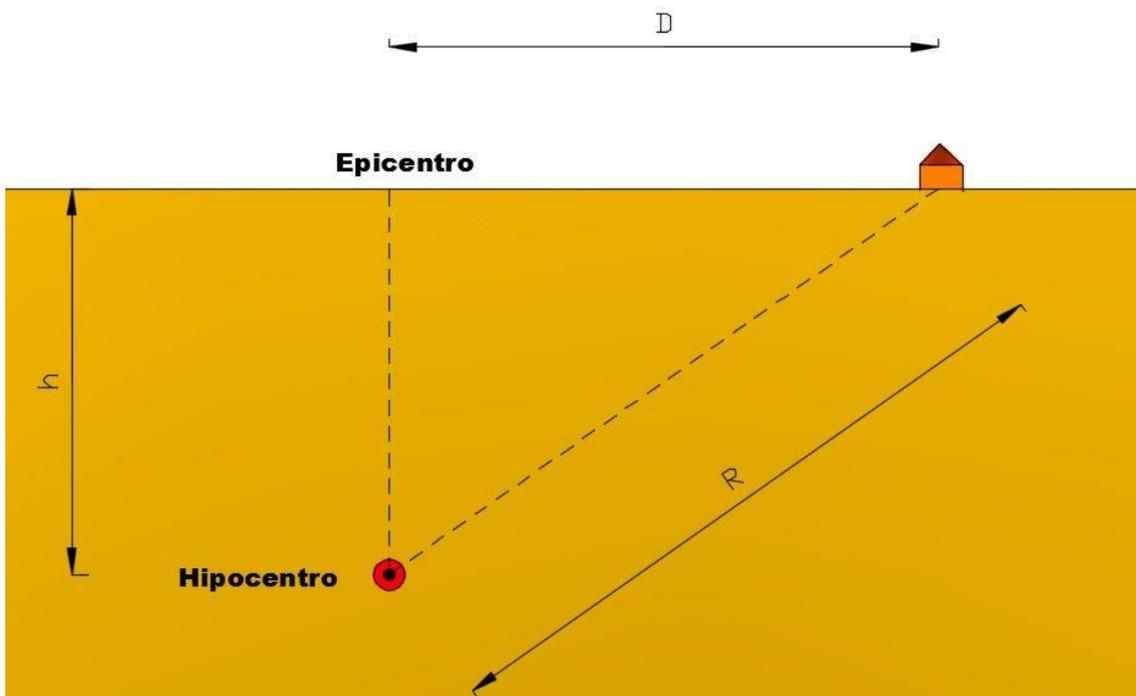
Y otra ecuación empírica es la de *Milen y Davenport*:

$$a_c = \frac{0,0677 \cdot e^{1,64M}}{1,1 \cdot e^{1,1M} + R^2}$$

Donde  $M$  es la magnitud del sismo en la escala Richter y  $R$  es la distancia al hipocentro del terremoto:

$$R = \sqrt{(D^2 + h^2)}$$

$D$  es la distancia al epicentro y  $h$  es la profundidad focal, ambas en Km.



La utilización de cualquiera de estas expresiones está sujeta a grandes limitaciones debidas a su carácter empírico, obtenidas en Estados Unidos y referidas a terreno firme para emplazamientos a más de 20 Km de la falla sismogénica, pero puede servirnos para hacernos una idea de por dónde van los tiros.

Con la **escala Mercalli**, la relación con la aceleración máxima es más directa y viene dada por la siguiente tabla:

Escala de Mercalli	Aceleración sísmica [g]	Percepción del temblor	Potencial de daño
I	< 0.0017	No apreciable	Ninguno
II-III	0.0017 – 0.014	Muy leve	Ninguno
IV	0.014 – 0.039	Leve	Ninguno
V	0.039 – 0.092	Moderado	Muy leve
VI	0.092 – 0.18	Fuerte	Leve
VII	0.18 – 0.34	Muy fuerte	Moderado
VIII	0.34 – 0.65	Severo	Moderado a fuerte
IX	0.65 – 1.24	Violento	Fuerte
X+	> 1.24	Extremo	Muy fuerte

Y para que os hagáis una idea del daño o efectos que tiene un sismo según su magnitud, os dejo la siguiente tabla, donde describen los efectos típicos de los sismos de diversas magnitudes, cerca del epicentro.

Magnitud Escala Richter/ momento	Descripción	Efectos de un sismo	Frecuencia de ocurrencia
Menos de 2,0	Micro	Los microsismos no son perceptibles.	Alrededor de 8 000 por día
2,0-2,9	Menor	Generalmente no son perceptibles.	Alrededor de 1 000 por día
3,0-3,9		Perceptibles a menudo, pero rara vez provocan daños.	49 000 por año.
4,0-4,9	Ligero	Movimiento de objetos en las habitaciones que genera ruido. Sismo significativo pero con daño poco probable.	6 200 por año.
5,0-5,9	Moderado	Puede causar daños mayores en edificaciones débiles o mal construidas. En edificaciones bien diseñadas los daños son leves.	800 por año.

6,0-6,9	Fuerte	Pueden llegar a destruir áreas pobladas, en hasta unos 160 kilómetros a la redonda.	120 por año.
7,0-7,9	Mayor	Puede causar serios daños en extensas zonas.	18 por año.
8,0-8,9	Gran	Puede causar graves daños en zonas de varios cientos de kilómetros.	1-3 por año.
9,0-9,9		Devastadores en zonas de varios miles de kilómetros.	1-2 en 20 años.
10,0+	Épico	Nunca registrado; ver tabla de más abajo para el equivalente de energía sísmica.	En la historia de la humanidad [y desde que se tienen registros históricos de los sismos] nunca ha sucedido un terremoto de esta magnitud.

Y en la siguiente tabla os dejo las magnitudes de la escala Richter/momento, su equivalente en energía liberada y terremotos más famosos con dicha magnitud:

Magnitud Richter/ Magnitud de momento	Equivalencia de la energía TNT	Referencias
-1,5	1 g	Rotura de una roca en una mesa de laboratorio
1,0	170 g	Pequeña explosión en un sitio de construcción
1,5	910 g	Bomba convencional de la Segunda Guerra Mundial
2,0	6 kg	Explosión de un tanque de gas butano
2,2	10 kg	Algunos de los sismos diarios en la Falla de San Andrés.
2,5	29 kg	Bombardeo a la ciudad de Londres
2,7	64 kg	
3,0	181 kg	Explosión de una planta de gas
3,5	455 kg	Explosión de una mina
4,0	6 t	Bomba atómica de baja potencia.
5,0	199 t	Terremoto de Albolote en 1956 [Granada España] Terremoto de Lorca de 2011 [Murcia, España]
5,5	500 t	Terremoto de El Calvario [Colombia] de 2008 Terremoto de Popayán 1983 [Colombia]
6,0	1 270 t	Terremoto de Double Spring Flat de 1994 [Nevada, Estados Unidos]
6,1		Terremoto de Salta de 2010
6,2		Terremoto de Costa Rica de 2009 Terremoto del Estado Carabobo [Venezuela] de 2009

		Terremoto de Managua de 1972 [Nicaragua]
6,4		Terremoto de Armenia de 1999 [Armenia, Colombia]
6,5	31 550 t	Terremoto de Northridge de 1994 [California, Estados Unidos] Terremoto de Guerrero de 2011 [México]
6,6	50 000 t	Terremoto de Los Santos de 2015 [Los Santos SD, Colombia]
6,7		Terremoto de L'Aquila de 2009 [Italia] Terremoto del Perú de 2011 [Ica, Perú] Terremoto de Veracruz de 2011 [Veracruz, México] Terremoto de Zapallar de 2012 [Zapallar, Chile] Terremoto de Tecpan, Guerrero 8- mayo del 2014
6,8		Terremoto de Bolivia de 1998 [Aiquile, Bolivia]
6,9		Terremoto de zona pacífica en Colombia [Departamentos de Nariño, Valle del Cauca y Cauca] 2013
7,0	199 000 t	Terremoto de Puerto Príncipe de 2010 [Haití] Terremotos de El Salvador de 2001 Terremoto de Tehuacán de 1999 [México] Grommet Cannikin [Isla Amchitka]
7,2	250 000 t	Terremoto de Spitak 1988 [Armenia] Terremoto de Baja California de 2010 [Mexicali, Baja California] Terremoto de Ecuador de 2010 [180 kilómetros]

		de Ambato]Terremoto de Guerrero de 2014
7,3		Terremoto de Veracruz de 1973 [México]Terremoto de Xinjiang de 2014 [China]Terremoto en Honduras de 2009[Honduras]
7,4	550 000 t	Terremoto de La Ligua de 1965 [Chile] Terremoto de Guatemala de 2012 Terremotos de Guerrero-Oaxaca de 2012 [Oaxaca, México]
7,5	750 000 t	Terremoto de Caucete 1977 [Argentina] Terremoto de Oaxaca de 1999 [México] Terremoto de Guatemala de 1976
7,6		Terremoto de Colima de 2003 [México] Terremoto de Costa Rica de 2012
7,7		Terremoto de Limón de 1991 [Limón, Costa Rica y Bocas del Toro, Panamá] Terremoto de Orizaba de 1937 [Veracruz, México] Terremoto de Rusia-Japón de 2012 Terremoto de Tocopilla de 2007 [Tocopilla, Chile] Terremoto de México de 1957 [México]
7,8	1 250 000 t	Terremoto de Sichuan de 2008 [China] Terremoto de Tarapacá de 2005 [Iquique, Chile]
7,9	5 850 000 t	Terremoto de Áncash de 1970 [Perú]

		Terremoto de Katmandú de 2015 [Nepal]
8,0	10 120 000 t	Terremoto del Perú de 2007 [Pisco, Perú]
8,1	16 460 000 t	Terremoto de México de 1985 [Michoacán, México]
8,2		Terremoto de Iquique de 2014 [Chile] Terremoto de Valparaíso de 1906 [Chile]
8,3	50 190 000 t	Bomba del Zar
8,5	119 500 000 t	Terremoto de Sumatra de 2007 Terremoto del sur del Perú de 2001 [Arequipa, Perú] Terremoto de Valdivia de 1575 [Chile]
8,8	210 000 000 t	Terremoto de Chile de 2010 Terremoto de Ecuador y Colombia de 1906
8,9		Terremoto de Sumatra de 2012
9,0	240 000 000 t	Terremoto de Japón de 2011
9,3	260 000 000 t	Terremoto del océano Índico de 2004 Terremoto de Anchorage de 1964 [Alaska, Estados Unidos]
9,5	290 000 000 t	Terremoto de Valdivia de 1960 [Chile]
10,0	630 000 000 t	Estimado para el choque de un meteorito rocoso de 2 km de diámetro que impacte a 25 km/s [90 000 km/h]
12,0	10 <sup>12</sup> t 10 <sup>6</sup> megatones 1 teratón	Fractura de la Tierra por el centro Cantidad de energía solar recibida diariamente en la Tierra
13,0	10 <sup>8</sup> megatones 100 teratones	Impacto en la península de Yucatán que causó el cráter de

		Chicxulub hace 65 millones de años
25,0	1 200 000 trillones de bombas nucleares de Hiroshima	Impacto de Theia hace 4 530 millones de años. No hay lugar preciso del impacto debido al tamaño del planetóide. <sup>3 4 5 6 7</sup>
32,0	$1,5 \times 10^{43}$ t	Estallido de rayos gamma de la Magnetar SGR 1806-20, registrado el 27 de diciembre de 2004. Terremoto similar a los de la superficie solar

Por último, y ya solo por curiosidad, la mayor liberación de energía que ha podido ser medida fue durante el terremoto ocurrido en la ciudad de Valdivia [Chile], el 22 de mayo de 1960, el cual alcanzó una magnitud de momento [ $M_w$ ] de 9,5.

Os recuerdo que disponemos de [software de cálculo de espectros sísmicos artificiales](#), por si es de vuestro interés.

Un saludo.

**Fuente:**

- Manual de Ingeniería Geológica [IGME] Ministerio de Energía e Industria.

-Wikipedia



---

informes@centrogeotecnico.com  
www.centrogeotecnico.com  
Lima - Perú

**CGI PERÚ:**

Fijo : [511] 485-1540 / 642-9705  
Movil - Whatsapp [51] 941 621 841

**CGI CHILE:**

Fijo: [56] - 232109658

**CGI MEXICO:**

Fijo: [52] 5541708066

**CGI ARGENTINA:**

Fijo: [54] 1152188717

**CGI USA**

Fijo: [1] 3473445811