

TABLA No. 1

CARACTERISTICAS DEL MODELO

CUERPO No	DENSIDAD PROMEDIO (gr/cc)	DESCRIPCION
1	1.03 (Agua de mar)	Representa la base sobre la plataforma continental de Venezuela, controlada por batimetría.
2	2.30 - 2.50	Areniscas y lutitas tipo flysch de Guàrico, rocas sedimentarias terciarias
3	2.90	Rocas volcànicas y metamorfizadas tipo Villa de Cura.
4	2.30 - 2.50	Secuencia monòtona de areniscas y lutitas tipo flysch. Sedimentarias de edad Terciaria.
5	2.30 - 2.50	
6	3.00	Bàsicas y ultrabàsicas del dominio oceànico.

DETERMINACION DE UNA RELACION DE MAGNITUD LOCAL
 USANDO LA DURACION DE LA SEÑAL SISMICA
 (DETERMINATION OF A LOCAL MAGNITUDE RELATIONSHIP
 USING SEISMIC SIGNAL DURATION)

César Ramos. FUNVISIS , APDO. 1892, CARACAS. 1010-A

RESUMEN

La utilidad de la duración como una medida de la magnitud de eventos sísmicos cercanos ha sido demostrada por varios autores para diferentes tipos de ondas, instrumentos y áreas de distintos rasgos tectónicos. En este trabajo, se presentan relaciones empíricas de magnitud local para las regiones central y occidental de Venezuela, basadas en el tiempo de duración de la señal sísmica para eventos con distancia epicentral entre 30 y 100 km, registrados por sismómetros de corto período de componente vertical que operan el conjunto de estaciones de la RSN (Red Sismológica Nacional). Estas relaciones tienen la forma siguiente:

$$m(d) = K \log d + F$$

donde d es la duración total de la señal en segundos y K y F son constantes que se obtienen a partir de un análisis de regresión lineal entre el log d y la magnitud basada en la máxima razón amplitud-período de la onda S. Ajustados por mínimos cuadrados, los resultados obtenidos de K y F fueron: para la región central, usando 43 sismos, 1.95 (± .03) y -.68 (± .10) y -2.22 (± .38) respectivamente, con 34 eventos. Estas relaciones magnitud-duración son una alternativa al uso de la relación basada en la amplitud-período para el cálculo de la magnitud de sismos locales, debido a que en muchos casos se hace difícil la medición de estos parámetros en las ondas corpóreas.

INTRODUCCION

Originalmente, Richter (1935) (ver Real y Teng, 1978), obtuvo una relación de magnitud local basada en la máxima amplitud de una onda sísmica registrada por un sismómetro del tipo Wood-Anderson en la región de California. Generalizar este concepto a otras zonas u otros tipos de instrumentos, envuelve muchos pasos, por lo que es imposible preservar exactamente su relación de magnitud local. Actualmente, se han desarrollado tres métodos en la determinación de la magnitud de eventos sísmicos cercanos: utilizando la amplitud, la razón amplitud-período y la duración de la señal. Este último ha sido adoptado por muchos centros sismológicos, siendo su uso muy extenso en años recientes. Bisztriszany (1958) (ver Herrmann, 1979), propuso el uso de la duración y obtuvo una relación para ondas superficiales. Soloviev (1965) (ver Wahlstrom, 1979), aplica esta técnica en el estudio sismológico de la isla Sakhalin, usando en su lugar duración total de la señal. Tsumura (1967) (ver Wahlstrom, 1979), usa duración total de eventos locales registrados por el conjunto de estaciones microsísmicas de Wayacama y deriva una relación empírica con la magnitud determinada por la Agencia Meteorológica de Japón. Lee (1972) (ver Herrmann, 1979), utiliza la duración total en la región de Puget Sound, usando 23 sismos. En general, las fórmulas empíricas usadas en la determinación de la magnitud de estos eventos, tienen la forma:

$$m(d) = a_1 + a_2 \log d + a_3 \Delta$$

donde d , es el tiempo de la duración de la señal sísmica, Δ la distancia epicentral y a_1 , a_2 , a_3 son constantes. Estos estudios han indicado que la constante a_3 es despreciable a cortas distancias (2 a 3 grados).

MODELO DE LA COLA

La figura 1 representa un evento sísmico local, registrado por un sismómetro de corto período de componente vertical, a una distancia epicentral de 100 km. De los análisis y observaciones de este tipo de eventos, sólo las ondas P y las ondas S son la que generalmente registra el conjunto de estaciones de la RSN aunque al final de esta señal se observan trazas de ondas superficiales como se muestra en la figura 1. En los primeros movimientos de las ondas S se observa un descenso rápido de la amplitud de la señal, que luego decrece en forma monótona hasta alcanzar el nivel de ruido, formándose el aspecto de una cola. La teoría que describe la envolvente de la cola como una función exponencial que decrece con el tiempo, fue presentada por

Herrmann (1975). La envolvente de la cola, $a(t)$, dibujada en el sismograma, se puede aproximar muy bien a la ley de potencia:

$$a(t) = C (t/t_s)^{-k} \quad (1)$$

donde C es la amplitud máxima, t es el tiempo medido desde la llegada de las ondas P, t_s el tiempo desde la llegada de las ondas S relativo a P y k el factor de decaimiento. Cuando la envolvente de la cola alcanza un valor de amplitud v , próximo al nivel de ruido, se supone que es también el fin de las ondas S, y se define a ese tiempo como $t = d$, esto es:

$$v = C (d/t_s)^{-k} \quad (2)$$

donde d es la duración, medida desde la llegada de las ondas P hasta el valor de amplitud mínima o de corte v . Esta amplitud máxima, generalmente se registra dentro de los primeros movimientos de las ondas S, cuando t es igual a t_s .

La magnitud de los eventos ocurridos en Venezuela y registrados por la RSN se determinan por la relación del tipo razón amplitud-período y es de la forma:

$$m = \log (A/T) + C_s \log \Delta + C_z \quad (3)$$

donde A , es la máxima amplitud de las ondas corpóreas, T el período correspondiente, Δ la distancia epicentral en grados, C_z factor de corrección para las estaciones y C_s una constante para la corrección de la distancia epicentral. Comparando las amplitudes de las relaciones (2) y (3) se conforma el modelo de la relación magnitud-duración:

$$m(d) = k \log d + F \quad (4)$$

t_s , es para los eventos estudiados más pequeño que d . El uso de diferentes niveles de corte o de amplitud mínima v , sólo cambia el valor de la constante F y no afecta el valor de k . Se ha considerado que k es constante para cada estación y tipo de onda, además, que es independiente de la distancia epicentral, de las propiedades del medio de propagación, de la profundidad focal y del azimut estación-origen.

OBSERVACIONES SOBRE LOS REGISTROS

Se han hecho algunas consideraciones sobre el grado de influencia en la duración de la señal. Las características de los instrumentos, el grado de atenuación de las ondas, el espesor de las capas en el subsuelo, el sitio de la estación sismológica y los rasgos tectónicos del área, son factores relevantes que interfieren en las señales sísmicas, de ahí, que el tiempo de duración para un determinado movimiento, varía para cada estación, por lo que se considera el tiempo promedio de las duraciones de los registros de las distintas estaciones de un determinado evento, los cuales se suponen de características similares. Además, se asume que para las regiones sísmicas consideradas, todos los eventos están localizados a la misma profundidad focal, las capas del subsuelo son similarmente homogéneas y la distribución azimutal de la energía liberada en el choque es uniforme. Entonces, bajo estas consideraciones, la variación de la duración con la distancia epicentral es similar para cada estación dentro de la región sísmica dada.

DATOS Y RESULTADOS

Los eventos estudiados en estas zonas sísmicas, tienen una distancia epicentral en un rango de 30 km a 100 km y a profundidades focales no mayores de 15 km. La duración de los eventos registrados por estaciones fuera de este rango de distancia epicentral son despreciados y se consideró sólo el tiempo promedio de la duración para las estaciones que estaban en el rango mencionado. Los resultados obtenidos del análisis de regresión fueron:

COEFICIENTE	ZONA CENTRAL	ZONA OCCIDENTAL
n	43 eventos	34 eventos
b ₀	-.68 (± .09)	-2.22 (± .38)
b ₁	1.95 (± .03)	2.46 (± .10)
r	78%	81%

DISCUSION

Puede observarse en la figura 2 y figura 3 que la distribución de los puntos graficados, siguen un ordenamiento conforme al modelo lineal de la relación magnitud-duración. Estos análisis gráficos comprueban la suposición del modelo teórico de la relación y muestran la dependencia lineal de la

magnitud con la duración de la señal sísmica. No es recomendable usar estas relaciones para eventos sísmicos con distancia epicentral mayores del orden estudiado. Para grandes sismos el rango limitado del instrumento pone restricciones al método basado en amplitud-período, ya que para este tipo de eventos los trazos de amplitud se sobresaturan, entonces, es imposible medir la amplitud máxima de estos movimientos. Lo mismo que para sismos pequeños. En este caso la magnitud por duración es el más adecuado. Las relaciones de magnitud-duración no echan por tierra la utilización de las relaciones basadas en amplitud-período y viceversa, porque han sido ajustadas una de la otra, por lo que deberían ser usadas como indicadoras de un determinado evento.

De los registros de las señales se observa, que el período en cada evento, correspondiente al de máxima amplitud oscila entre un rango de 0.2 a 0.4 segundos, entonces se asume que la relación (2) es independiente de este parámetro.

CONCLUSIONES

Se determinaron fórmulas empíricas para calcular las magnitudes por duración para las regiones Central y Occidental de Venezuela.

Las relaciones ajustadas usando un total de 77 eventos son similares a las utilizadas por otros autores y observatorios para el cálculo rutinario de magnitudes.

La magnitud por duración es un alternativa al uso de la amplitud-período para sismos locales (menores que 100 km).

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS CITADAS

- Adams, R. (1977) "Survey of Practice in Determining Magnitudes of Near Earthquakes". World Data Center A for Solid Earth Geophysics. Report SE-8, 67 p.
- Bath, B. (1973) Introduction to Seismology. John Wiley and Sons. Inc. New York.
- Bullen, K. (1963) An Introduction to the Theory of Seismology. Cambridge University Press.
- Chatterjee, S. y Price, B. (1979) Regression Analysis by Example. John Wiley and Sons. Inc. New York.
- Herrmann, R. (1979) "The Use of Duration as Measure of Seismic Moment and Magnitude". Bulletin of the Seismological Society of America. Vol. (65):899-913.
- Lee, W. (1978) "Survey of Practice in Determining Magnitudes of Near Earthquakes". World Data Center A for Geophysics, Report SE-9. 102 pp.

- Real, C. y Teng, T. (1963) "Local Richter Magnitude and Total Signal Duration in Southern California". Boullletin of the Society of America. Vol. (5):1809-1827.
- Wahlstrom, R. (1978) "Magnitude-Escaling of Earthquakes in Fennoscandia". Report N. 3-78 Seismologycal Institute Uppala, Sweden.
- Wahlstrom, R. (1979) "Duration for Swedish Earthquakes". Report N. 5-79. Seismologycal Institute Uppala, Sweden.
- Willmore, P. (1979) Manual of Seismological World Data Center a For Solid Earth Geophysics. Report. SE-20.

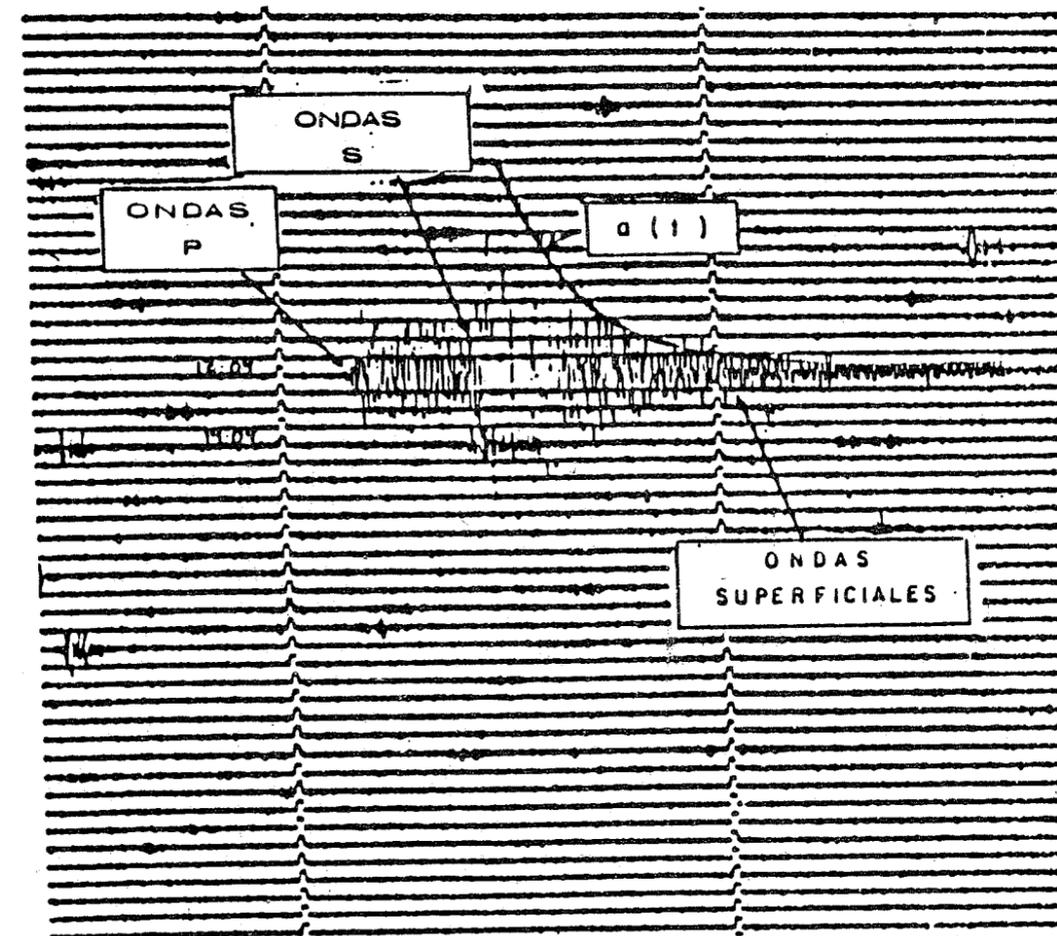


Fig.1. Evento sísmico local registrado por un sismómetro de corto periodo de componente vertical, perteneciente a la Red Sísmológica Nacional.

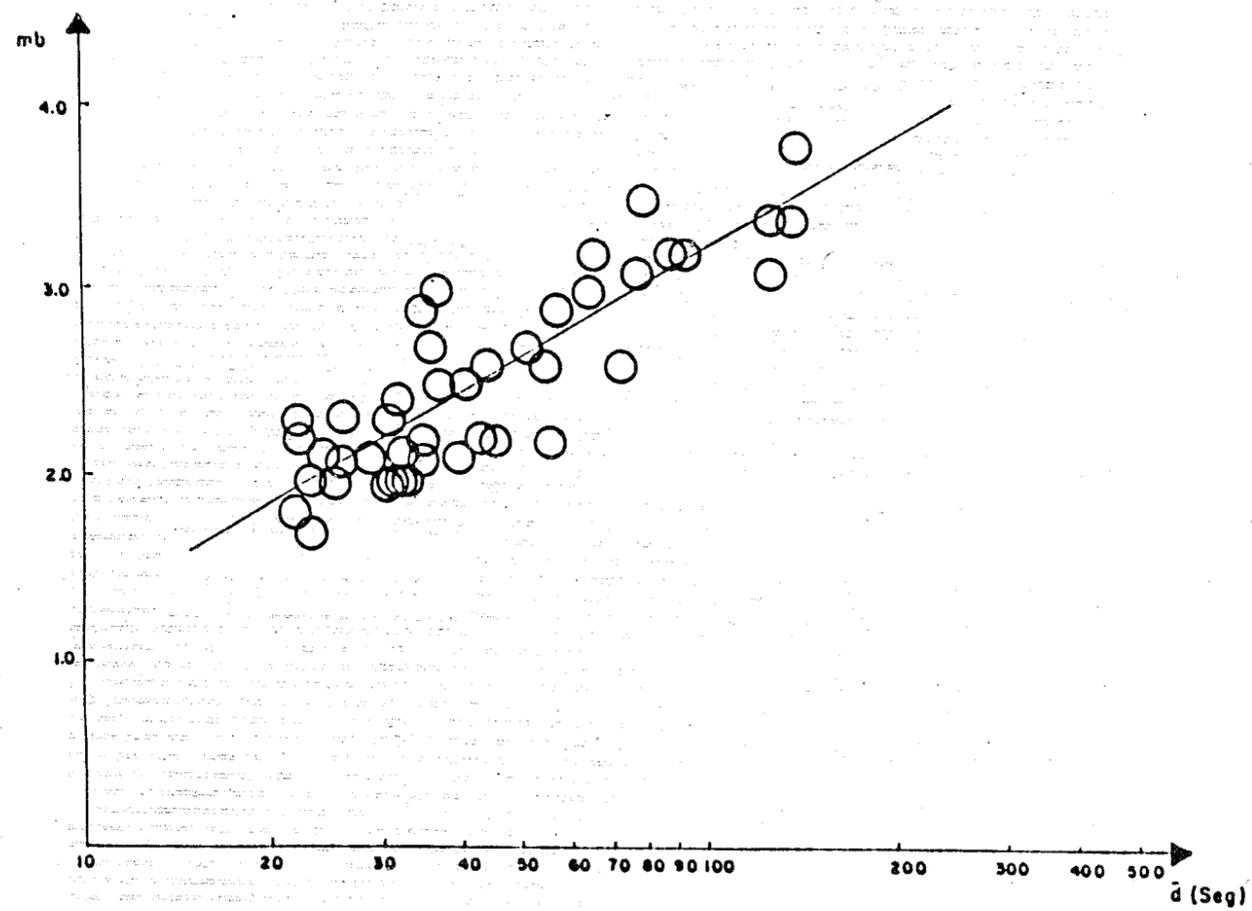


Fig.2. Gráfica $m(A/T)$ vs \bar{d} de los eventos de la zona central.

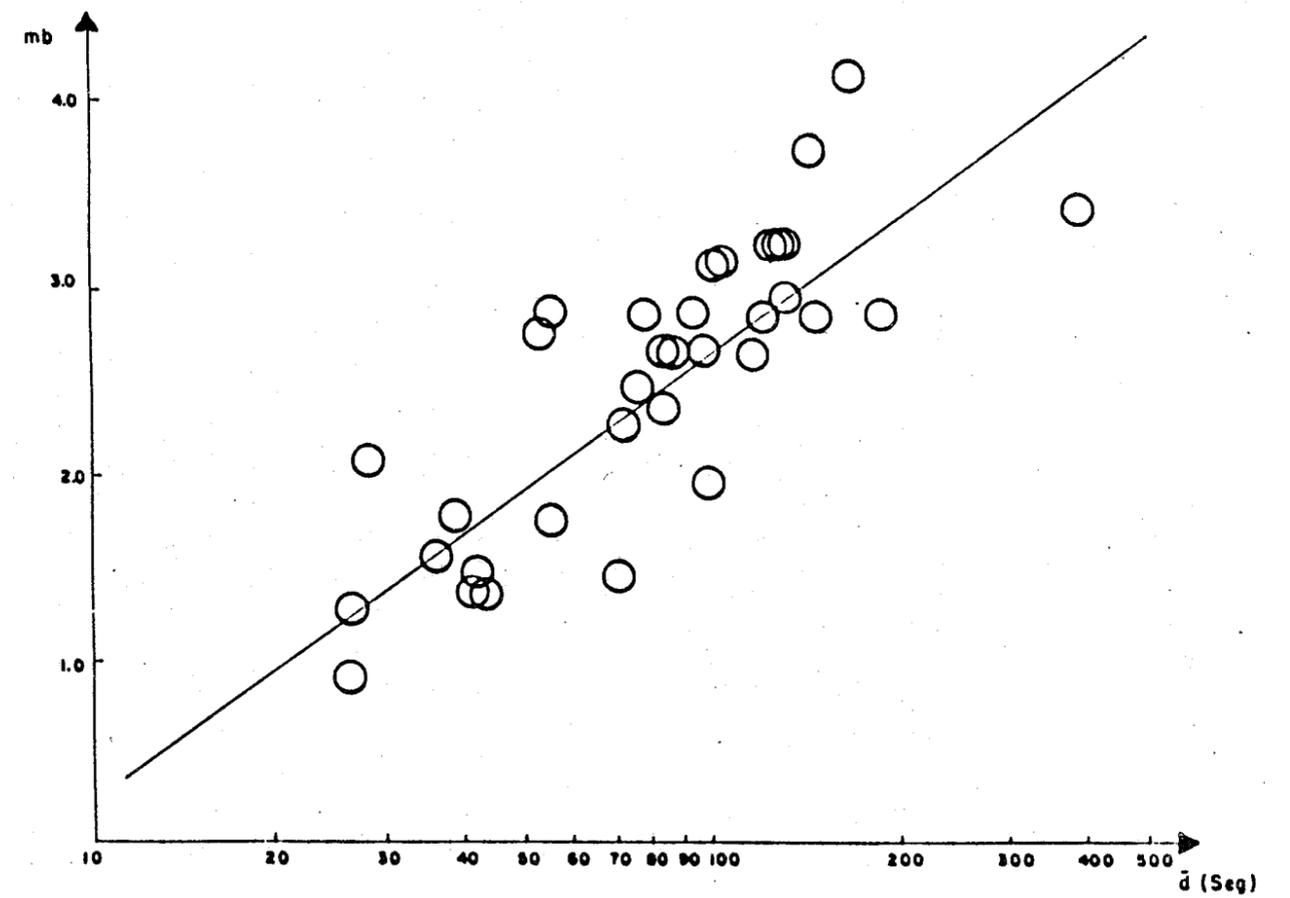


Fig.3. Gráfica $m(A/T)$ vs \bar{d} de los eventos de la zona occidental