

MACROSÍSMICA DE CUBA Y SU APLICACIÓN EN LOS ESTIMADOS DE PELIGROSIDAD SÍSMICA

Tomás J. Chuy Rodríguez

Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas, Calle 17 No. 61 e/ 4 y 6, Vista Alegre, Santiago de Cuba 90400, Cuba. C. Eléct.: chuy@cenais.ciges.inf.cu

RESUMEN

Se presenta el Catálogo de Sismos Perceptibles (1528 - 1990), preparado al mismo tiempo como Base de Datos para PC. Este Catálogo está suficientemente documentado y permite extender los períodos de tiempo que se analizan, limitados normalmente por la información instrumental. Complementa este Resultado el Atlas de Isosistas de Terremotos perceptibles con epicentro en el archipiélago cubano y cuya utilización para caracterizar la atenuación sísmica en el territorio nacional, en términos de intensidad, es prácticamente imprescindible para la realización de estimados de Peligrosidad Sísmica. En este sentido, la interpretación espacio - temporal de los sismos perceptibles considerados, contribuye a precisar las evaluaciones sismotectónicas de las Zonas Sismogénicas relacionadas con ellos.

Se presenta también, el análisis teórico - experimental de la Ley de Atenuación de la Intensidad Sísmica de las Antillas Mayores y sus principales parámetros asociados a las Zonas Sismogénicas del país, los cuales se modelaron a partir de los mapas de isosistas de terremotos perceptibles y fuertes.

Todos estos resultados se utilizan en los estimados de Peligrosidad Sísmica determinísticos y probabilísticos, realizados para diferentes regiones del país y que en este trabajo se unifican. Esto permitió que a partir del Mapa de Peligrosidad Sísmica obtenido, en términos de la aceleración horizontal máxima, pudiera proponerse el Mapa de Zonificación Sísmica con fines de Ingeniería utilizado actualmente en la Nueva Norma Sísmica Cubana.

Como contribución a la caracterización de nuestra Sismicidad, se presenta el análisis espacio - temporal - energético de las réplicas perceptibles de los terremotos más documentados ocurridos en Cuba, relacionándolos con las Zonas Sismogénicas que les dieron origen. Consecuentemente, se obtuvo una relación empírica entre la Longitud de Ruptura y el valor de Magnitud estimada por Datos Macrosísmicos.

ABSTRACT

The Catalogue of Perceptible Earthquakes from 1528 to 1990, which have been elaborated to be used at the same time as a Data Base in a PC, is presented. Although usually, the periods of time which are used in seismic analysis are limited due to the lack of instrumental information, this Catalogue contain the enough amount of information to allow the extension of that periods of time. As a complement of the Catalogue, the Atlas of Iseisml Maps of Perceptible Earthquakes which epicenter located in Cuba, was also finished. The last one is fundamental for the characterization of Seismic Attenuation in Cuba in terms of intensity, for Seismic Hazard assessment. The temporal - spatial analysis of the perceptible earthquakes permit us to evaluate the Seismogenic Zones from the Seismotectonic point of view.

Furthermore a theoretic-experimental analysis of the Attenuation's Law of Seismic Intensity from Greater Antilles, and the main parameters associated to Seismogenic Zones of Cuba, is presented. These ones were obtained from Iseisml Maps of perceptible and large earthquakes.

The results obtained from the probabilistic and deterministic Seismic Hazard Assessment, for different regions all over the country, have been unified in this paper. From the Seismic Hazard Map resulting, the

Seismic Zonation Map with Engineering Purposes was also obtained; the last one was proposed for the New Seismic Cuban Design Code.

As a contribution to the characterization of Cuban Seismicity an spatial – temporary – energetic analysis of the perceptible aftershocks was made, including their relation with our Seismogenic Zones, obtaining an empirical relationship between the Length of Rupture and the Magnitude values, estimated by Macroseismic Data.

INTRODUCCION

Son objetivos del presente trabajo, la presentación de los terremotos perceptibles y fuertes ocurridos en el archipiélago cubano, las áreas de mayor afectación de los terremotos significativos; pero en particular, la utilización del conocimiento que se tiene de ellos en aras de establecer el peligro sísmico potencial a que está sometido el país y las áreas urbanas de mayor riesgo, posibilitando establecer en función de esta información, políticas adecuadas de planificación y prevención.

Para alcanzar este objetivo, nuestro enfoque se sustenta en la utilización de los datos macrosísmicos, esto es, en el uso de los terremotos perceptibles y fuertes que han sido reportados en Cuba y zonas aledañas. El autor considera que a pesar de la subjetividad implícita de los datos macrosísmicos y los problemas inherentes a su utilización, como lo es utilizar un parámetro que es mayormente cualitativo, en el caso de las estimaciones de Peligrosidad Sísmica del archipiélago cubano es un elemento insustituible para su realización. Por otra parte, el registro instrumental de terremotos en nuestro país se limita fundamentalmente a su parte oriental, de la que sólo cuenta con un máximo de 33 años para una sola estación. A esto se añade que de las regiones Central y Occidental de Cuba, prácticamente no existe información instrumental, pues la mayor parte de este tiempo sólo funcionó en la zona de San Cristóbal - Candelaria una estación de periodos medios cuya principal función es el registro de terremotos lejanos.

CATALOGO DE DATOS MACROSISMICOS Y ATLAS DE ISOSISTAS

La confección del Catálogo de Sismos Perceptibles y el Atlas de Isosistas de terremotos ocurridos en Cuba, implicó desde su inicio la recopilación de trabajos en los que se incluyen catálogos, reportes, crónicas, prensa escrita, entre otros documentos de sismos perceptibles en los que se hiciera mención al territorio de estudio. Otros documentos consultados fueron las Actas Capitulares y Legajos de Documentos Oficiales del Gobierno Local o de Personalidades del periodo colonial.

Un aspecto imprescindible, fue la necesidad de revisar datos de terremotos históricos de las vecinas islas de Jamaica y La Española (Haití y República Dominicana); ya que varios de los sismos de mayor fuerza reportados en estas islas, así como en nuestra región Suroriental, coincidían en señalar su perceptibilidad en más de un país simultáneamente (Chuy, 1987; Chuy y Alvarez, 1988; Taber, 1920; Taber, 1922a; Taber, 1922b; Tomblin y Robson, 1977).

Una novedad introducida en este trabajo, fue la utilización de Encuestas Retrospectivas para la reconstrucción de terremotos perceptibles en el pasado reciente. Esto facilitó fundamentalmente, obtener datos macrosísmicos de terremotos ocurridos en este siglo sobre la base del acceso a documentos localizados en Museos y Comisiones Locales de Historia; así como de entrevistas a Informantes de estas Instituciones en 86 municipios de nuestro país.

Para obtener los parámetros de los terremotos mediante la evaluación de los datos macrosísmicos recopilados se utilizaron dos criterios fundamentalmente.

El primero de ellos corresponde al caso en que se pudo confeccionar el mapa de isosistas del terremoto analizado y consiste en obtener mediante un Modelo de Isosistas Elípticas (Alvarez y Chuy, 1985) el valor de la magnitud y profundidad del mismo, en correspondencia con los parámetros de atenuación obtenidos anteriormente por Chuy (1995) para cada Zona Sismogénica a la que se asocia el terremoto y utilizando el programa MACRO (Pico y Chuy, 1990), que permite trazar isosistas teóricas en correspondencia con el Modelo señalado.

El segundo criterio corresponde al caso en que los datos macrosísmicos no permitieron trazar el mapa de isosistas. A este pertenece el mayor número de los terremotos analizados. Los parámetros fueron estimados de la siguiente forma:

Intensidad. Determinada a través de la Escala de Intensidades MSK, considerando las correspondientes soluciones para los casos de mayor o menor cantidad de información. Se tuvo en cuenta, además, la fuente, la fecha, la calidad de la información, el tipo y la cantidad de reportes por localidades; así como el grado de detallamiento de las descripciones.

Coordenadas del epicentro. Determinadas en primer lugar tomando las coordenadas del punto donde se reporta la mayor intensidad y en segundo lugar, en caso de haber varias localidades con el valor más alto de intensidad señalado, se tomó la coordenada del centro geométrico promediado entre ellas.

Profundidad. Se prefijaron valores en correspondencia a las características sismotectónicas de las Zonas Sismogénicas conocidas en las que en principio, por su cercanía, se produjo el terremoto.

Magnitud. Determinada a partir de la relación $I_0 = f(M_s)$ planteada en el Modelo de Isosistas Elípticas de Alvarez y Chuy (1985). Se consideró al mismo tiempo que en dependencia de la precisión de los datos macrosísmicos obtenidos, con los que se determinó la intensidad sísmica, se tomarían valores mayores o menores de este parámetro.

Los intervalos de M_s correspondientes a cada valor de I_0 , se pueden determinar directamente por la fórmula de Fedotov y Shumilina (1971) propuesta en el Modelo de Isosistas señalado:

$$I = 1.5 M - 2.63 \log r - 0.0087 r + 2.5$$

donde r es la distancia hipocentral, I la intensidad y M la magnitud M_s del terremoto.

Una síntesis de los resultados obtenidos en el Catálogo para el archipiélago cubano se presentan en la **Tabla I y Figura 1**, en los que la cantidad de sismos clasificados han sido divididos por décadas.

Finalmente, en relación a la calidad de los parámetros determinados de los terremotos perceptibles se incluyeron 2 coeficientes cualitativos, relativos al área pleistosística y al volumen de información.

TABLA I . Síntesis de la Sismicidad de Cuba para períodos de tiempo de 50 años.

FECHA	INTENSIDAD MSK							Total
	3	4	5	6	7	8	9	
1521-1550				1				1
1551-1600					1	2		3
1601-1650					1			1
1651-1700	2				2	1		5
1701-1750								
1751-1800	5	2	2	2	2	1	1	15
1801-1850	22	12	7	3	2			46
1851-1900	52	61	31	4	1	2	1	152
1901-1950	107	116	45	17	8	1		294
1951-1990	223	165	42	13		1		444
TOTALES	411	356	127	40	17	8	2	961

Nota: En Intensidad I = 3 (MSK) se incluyen los de I = ?, 2.5 y 3.5; en los de I = 4 los de I = 4.5, en los de I = 5 los de I = 5.5 y así sucesivamente.

La confección de un Atlas de Isosistas se hizo expresamente necesaria para poder completar las evaluaciones de Sismicidad de nuestro territorio y analizar las características de la atenuación sísmica, al menos en términos de intensidad, con fines de precisión en los estimados de Peligrosidad Sísmica.

Para la confección de los 196 mapas de isosistas de terremotos de Cuba incluidos en el Atlas (Chuy, 1996), se adoptaron los siguientes criterios:

- Representar los mapas en sólo dos escalas para facilitar su uso, esto es 1:1 000 000 y 1: 2 000 000. En todos los casos para ubicar la zona donde ocurrió el sismo, aparece un recuadro en el que se significa incluso la incidencia regional del terremoto.
- Se han incluido todas las localidades de las que se ha dispuesto de información.
- El valor de intensidad de cada isosista se ha incluido dentro del área que representa y no en la línea que la delimita. Esto facilitó su posterior modelación para atenuación sísmica.
- La forma de las líneas isosistas respeta los valores de intensidad cartografiados, aunque para facilitar la comprensión y uniformidad de su modelado posterior, en general, se suavizaron los trazos tratando de definir en primera opción una forma elíptica en ellas.

Complementa este trabajo, el mapa de Intensidades Máximas Reportadas en Cuba (**Figura 2**) confeccionado por Chuy (1999), bajo la condición de cartografiar el máximo reporte de Intensidad

señalado en cada localidad, incluyendo la ubicación espacial de las áreas pleistósísticas de los principales terremotos por regiones.

Debemos señalar que los datos macrosísmicos recopilados y evaluados, hacen extremadamente difícil realizarles un análisis estadístico riguroso. Así también, que los criterios valorados con respecto al Atlas de Isosistas, no permiten obtener resultados confiables a través de técnicas de interpolación automatizada, ya que los puntos que pudieran analizarse espacialmente no tendrían siempre el mismo peso en lo que respecta al valor de su intensidad, al tiempo que la no homogeneidad de su distribución introduce una complicación adicional y sólo permiten en la mayoría de los casos una modelación general como la que se realiza con el Programa MACRO (Pico y Chuy, 1990). Un aspecto importante en los resultados obtenidos es que todos los datos tienen aplicado un único criterio de procesamiento.

PELIGROSIDAD SISMICA DE CUBA POR DATOS MACROSISMICOS

Para la definición de los estimados de Peligrosidad Sísmica se tomaron en cuenta tres aspectos fundamentales: el modelo estadístico de la ocurrencia de terremotos y sus efectos, la definición de las Zonas Sismogénicas **ZS** con sus correspondientes parámetros del Régimen Sísmico y la Ley de Atenuación del parámetro a utilizar, para cuantificar los efectos de los terremotos.

Sin embargo, la consideración de que el periodo de recurrencia de las sacudidas **TI** es la Esperanza Matemática de la distribución de los intervalos temporales entre eventos sucesivos de intensidad mayor o igual que **I** (Riznichenko, 1979), permite, a partir del concepto de Sacudibilidad Sísmica introducido por él (1965) en la Práctica Sismológica como la frecuencia promedio **BI** de ocurrencia de sacudidas sísmicas en un punto dado de intensidades mayores e iguales que **I**, calcular la probabilidad de que en un tiempo de espera **t** (tiempo de vida útil) no ocurra ni una sacudida de ese valor de Amenaza.

Debemos señalar que un aspecto importante en la realización de estimados probabilísticos, es el modelo estadístico del proceso de generación de los terremotos. El modelo más simple de flujo de sucesos es el Poissoniano, que es el más frecuentemente utilizado en Sismología y cuyo cumplimiento para los terremotos perceptibles fue demostrado por Chuy (1999). En correspondencia con este modelo, la probabilidad de que ocurra un evento con intensidad mayor o igual que **I** en el tiempo **t** será:

$$P(I,t) = 1 - \exp(-t / TI)$$

Se consideró en nuestra región la existencia de otros procesos de generación de terremotos, cuyas características energético - temporales difieren de las concepciones clásicas. En específico, para algunas Zonas Sismogénicas se consideró la validez del modelo del Terremoto Característico (Schwartz y Coppersmith, 1984).

En la versión más reciente del programa SACUDIDA (Alvarez, 1995), con la que se realizaron los cálculos de Peligrosidad Sísmica de este trabajo, están incluidas varias variantes de relación de parámetros dinámicos con la intensidad, aunque la utilizada para estimar la componente horizontal de la aceleración **Ah** fue la propuesta por Trifunac y Brady (1985).

$$\log Ah = 0.30 I + 0.014$$

donde **Ah** se da en cm/seg^2 . La conversión se realiza reduciendo a este parámetro la intensidad **I**, lo cual permite el tratamiento de la aceleración con el Modelo de Isosistas de la región.

Como datos para este análisis fueron utilizados el Catálogo de las Agencias Internacionales (Red Internacional, 1904 - 1987) en el sector de Cuba, el Catálogo de la Red de Estaciones del Servicio Sismológico Nacional SSN (1979 - 1989) y el Catálogo de Terremotos Perceptibles de Cuba (1528 - 1990) propuesto por Chuy (1999).

En la Figura 3 se presenta el Mapa de Isoaceleraciones Horizontales Máximas para Cuba para Perfiles de Suelo **S2**, tiempos de vida útil **t** de 50 años y una probabilidad de ocurrencia del **15 %** del parámetro de Amenaza. Complementariamente, en la Figura 4 se presenta su conversión a Zonas Sísmicas con fines de Ingeniería (aprobado en 1999 por el MICONS para su uso en la nueva Norma), para lo cual se hizo la reducción a valores efectivos de la aceleración horizontal considerando Perfiles de Suelo **S1**.

UTILIZACION DE DATOS MACROSISMICOS EN INVESTIGACIONES REGIONALES DE PELIGROSIDAD SISMICA

Sobre la base de los resultados obtenidos de la modelación de isosistas de terremotos estudiados por el autor para las Zonas Sismogénicas de Cuba (Orbera et al, 1990; Chuy et al, 1992; González et al, 1994; Chuy et al, 1994) se validaron los parámetros de atenuación sísmica en términos de intensidad (Chuy, 1998; 1999), utilizando el Modelo de Isosistas Elípticas.

Gardner y Knopoff (1974) estudiaron ventanas espacio - temporales de aparición de réplicas de terremotos con diferente orden de magnitud. En el caso de Cuba, el autor propone la utilización de datos macrosísmicos de terremotos, para plantearse una relación entre la magnitud **Ms** de los terremotos y su Longitud de Ruptura (**LR**), condicionada por la aparición temporal de réplicas perceptibles (**VTR**). Para ello se seleccionaron 15 casos de terremotos (**Tabla II**), cuyas réplicas fue posible contabilizar.

La relación obtenida entre los valores de Magnitud y la Longitud de Ruptura

$$LR = - 28.9 + \exp (3.37 + 0.18 Ms)$$

avala los criterios utilizados de selección, ubicación y categorización energética de las réplicas, toda vez que la correlación propuesta se aproxima bastante en su trazado a la presentada por Gardner y Knopoff

(1974) con una mayor cantidad de información instrumental. Sería necesario plantearse en el futuro, seguirla ajustando con la inclusión de una mayor cantidad de casos de datos instrumentales.

TABLA II. Terremotos considerados para la valoración espacio-temporal de las réplicas.

FECHA	LAT. N	LONG. W	Ms	I (MSK)	LAR	VTR	CRP
1852 08 20	(19.77)	(75.35)	(7.3)	9.0	80	98	26
1852 11 26	(19.50)	(76.25)	(7.0)	8.0	70	69	9
1880 01 23	(22.71)	(82.71)	(6.0)	8.0	58	98	44
1914 02 28	(21.22)	(76.17)	(6.2)	7.0	62	15	9
1927 03 25	(20.15)	(75.58)	(5.2)	6.0	41	4	7
1932 02 03	19.80	75.80	6.75	8.0	70	209	123
1939 08 15	22.50	79.25	5.6	7.0	53	129	24
1947 08 07	19.90	75.30	(6.3)	7.0	58	51	45
1974 04 08	21.80	78.01	4.5	6.0	32	130*	10
1976 02 19	19.87	76.87	5.7	8.0	52	69	38
1982 12 16	22.61	81.23	5.0	6.0	41	6	5
1990 05 22	19.94	76.03	4.8	6.0	42	135•	4
1990 09 04	19.86	75.82	4.5	6.0	40	167•	2
1992 05 25	19.62	77.70	7.0	7.0	74	225⊖	20
1992 11 07	19.60	76.34	4.4	4.5	36	49⊖	3

() Datos macrosísmicos.

LAR: Longitud del Area de Ruptura (km).

VTR: Ventana Temporal de Réplicas (días).

CRP: Cantidad de Réplicas Perceptibles.

• Ventana temporal (Gardner y Knopoff, 1974) para réplicas instrumentales.

⊖ Se utilizan las réplicas instrumentales.

Para la Ventana Temporal de Réplicas no fue posible establecer una relación semejante a la espacial, toda vez que al considerarse sólo las réplicas perceptibles, se introduce un error mayor que en el caso anterior, debido a que las réplicas perceptibles ocurren generalmente en un periodo cercano al sismo principal y no es factible establecer hasta cuando pudieran estarse produciendo réplicas instrumentales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ♦ Se presenta por primera vez, un Catálogo de Terremotos Perceptibles de Cuba (1528 - 1990) con parámetros espacio - energéticos asignados a cada uno de los 961 sismos propuestos, limpio de réplicas, preparado como Base de Datos Automatizada con un Programa para PC.
- ♦ Por primera vez también, se presenta el Atlas de Isosistas de Terremotos de Cuba (1528 - 1990), que en su conjunto incluye los mapas de isosistas de 196 sismos. Este Atlas permite realizar valoraciones sobre la Atenuación Sísmica en términos de intensidad, toda vez que en Cuba no han funcionado sistemas especializados para el registro de terremotos fuertes.
- ♦ Se presenta el Mapa de Peligrosidad Sísmica de Cuba a escala 1:1 000 000, en términos de la Aceleración Horizontal Máxima (% g) para Perfiles de Suelos tipo S2, tiempos de vida útil $t = 50$ años y probabilidad de excedencia $P = 15 \%$. Al mismo tiempo, por cumplir con los requerimientos

que se solicitan para Proyectos Constructivos, fue aprobado para su utilización como soporte del Mapa de Zonificación Sísmica de Cuba con fines de Ingeniería en la Nueva Norma Sísmica Cubana, el cual se presenta también.

- ◆ Resultados complementarios lo constituyen el Mapa de Intensidades Máximas reportadas y la relación entre la Magnitud M_s y la Longitud de Ruptura para el archipiélago cubano.

En consecuencia, se dan las siguientes Recomendaciones:

- ◆ Continuar utilizando el Catálogo de Terremotos Perceptibles en investigaciones sobre Sismicidad, Sismotectónica y Peligrosidad Sísmica en nuestra región.
- ◆ Continuar utilizando los parámetros validados de Atenuación Sísmica de las Zonas Sismogénicas Cubanas en la proyección de obras y en el análisis de variantes metodológicas para el estudio de la peligrosidad sísmica del país, en tanto se propongan nuevos Esquemas de Zonas Sismogénicas.
- ◆ Ajustar los coeficientes de la relación propuesta de Longitud de Ruptura LR, con la inclusión de una mayor cantidad de casos de datos instrumentales y de sismos de baja energía.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvarez, J.L. (1995): Sacudida. Versión 2.0. Un Programa para la estimación de la Peligrosidad Sísmica. Editorial Academia, La Habana, 59 pp.
- Alvarez, J.L. y Chuy, T.J. (1985): Isoseismal Model for Greater Antilles. Proceedings of the 3rd International Symposium on the Analysis of Seismicity and Seismic Risk, Liblice Castle, Czechoslovakia, pp. 134 - 141.
- Chuy, T.J. (1987): Sismicidad Histórica de las Antillas Mayores. En: Resúmenes del Primer Congreso Internacional sobre Desastres Naturales (ACC - MINSAP - Cruz Roja- EMNDC), La Habana, pp. 15 - 16.
- Chuy, T. J. (1989): Isosistas de terremotos. Escala 1:4 000 000. En: Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Mapas 34 (a - f), Sección Características Geofísicas.
- Chuy, T.J. (1996): Atlas de Isosistas de las Antillas Mayores. Reporte de Investigación. Fondos del CENAI. Categoría de Mención en XI Forum Nacional de Ciencia y Técnica.
- Chuy, T.J. (1998): Peligrosidad Sísmica y desarrollo socioeconómico de las Antillas Mayores. Revista Minería y Geología, Vol. XV, No. 3, pp. 53 - 57.
- Chuy, T. J. (1999): Macrosísmica de Cuba y su aplicación en los estimados de Peligrosidad y Microzonación Sísmica. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Geofísicas. Fondos del Instituto de Geofísica y Astronomía y del Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas.
- Chuy, T.J. y Alvarez, J. L. (1988): Sismicidad Histórica de La Española. En: Comunicaciones Científicas sobre Geofísica y Astronomía, No. 16, La Habana, 12 pp.
- Chuy, T.J. y Alvarez, J.L. (1995): Peligrosidad Sísmica de Cuba con fines de la Norma Sismorresistente Cubana. Reporte de Investigación. Fondos del CENAI. Categoría de Destacado en X Forum Nacional de Ciencia y Técnica.
- Chuy, T.J., Alvarez, J.L., Zapata, J.A., González, B.E. et al (1992): Investigaciones Sismológicas Complejas para el Complejo Hidroenergético Toa-Duaba. Reporte de Investigación. Fondos del CENAI y ENERGOPROYECTO.
- Chuy, T. J., González, B. E. y Orbera, L. (1994): Seismicity and Seismic Hazard Assessment for Western Cuba. En: Geología y Minería, Vol. XI, No. 3, ISMMM, pp. 45 - 51.
- Fedotov, S.A. y Shumilina, L.S. (1971): Sacudibilidad Sísmica de la Kamchatka. [en ruso]. Noticias de la AC de la URSS, Fizika Zemli, No.9, pp. 3 - 15.
- Gardner, J.K. y Knopoff, L. (1974): Is the sequence of Earthquakes in Southern California with aftershocks removed, Poissonian?. En: Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 64, No. 5, pp. 1363 - 1367.

- Orbera, L., González, B. E., Chuy, T. J. et al (1990): Caracterización Sismológica del Area de Construcción del Centro de Investigaciones Nucleares. Reporte de Investigación. Fondos del CENAI y de la SEAN.
- Pico, R. y Chuy, T.J. (1990): Macro. Sistema para el Procesamiento de Datos Macrosísmicos en la Región del Caribe. Memorias de Informática 90. La Habana. pp. 196 - 203.
- Riznichenko Yu.V. (1965): De la actividad de los focos de terremotos a la sacudibilidad de la superficie terrestre. [en ruso]. En: Física Zemli, No. 11, Moscú.
- Riznichenko, Yu.V. ed.(1979): Sacudibilidad sísmica del territorio de la URSS. [en ruso]. Nauka. Moscú, 192 pp.
- Schwartz, D. P. y Coppersmith, K. J. (1984): Fault behavior and characteristic earthquakes. Examples from the Wasatch and San Andreas fault zones. En: J. Geophys. Res., vol 89, No B7, pp. 5681 - 5698.
- Taber, S. (1920): Jamaica Earthquakes and the Bartlett Trough. En: Bull. Seism. Soc. Am., Vol. X, No. 2, pp. 55 - 89.
- Taber, S. (1922a): The Seismic Belt in the Greater Antilles. En: Bull. Seism. Soc. Am., Vol. XII, No. 4, pp. 199 - 219.
- Taber, S. (1922b): The Great Fault troughs of the Antillas. En: Journal of Geology. Vol. 30, No. 2, pp. 89 - 114.
- Tomblin, J.M. y Robson, G.R. (1977): A Catalogue of Felt Eartquakes for Jamaica with references to others islands in the Greater Antilles, 1524 - 1971. En: Mines Geol. Division. Special Publ. Jamaica.
- Trifunac, M.D. y Brady, A.G. (1975): On the correlation of Seismic Intensity scales with the peaks of ground motion records. En Bull. Seism. Soc.Am., Vol. 65, No. 1, pp. 139 - 162.

FIGURA 1. Mapa de Epicentros de Terremotos Perceptibles de Cuba (Chuy, 1999).

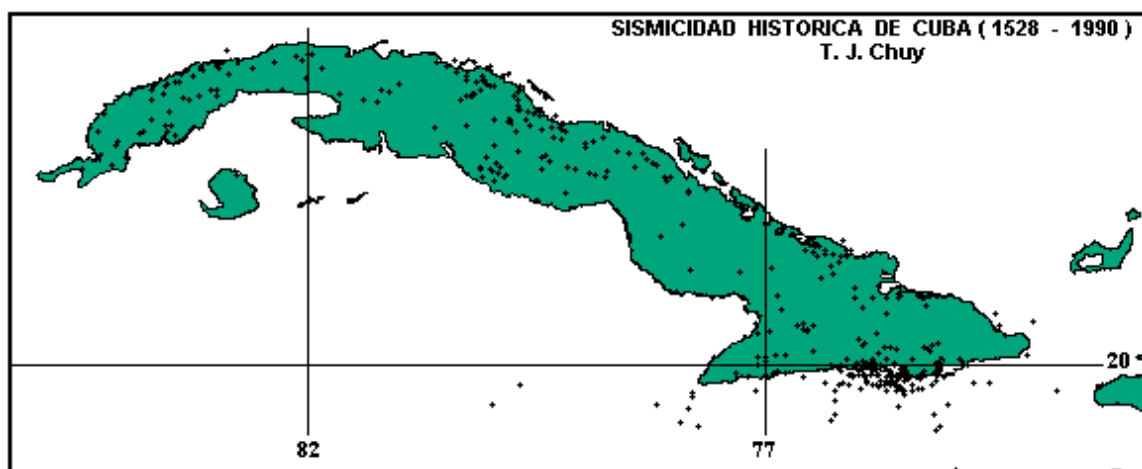


FIGURA 2. Mapa de Intensidades Máximas reportadas en Cuba (Chuy, 1999).

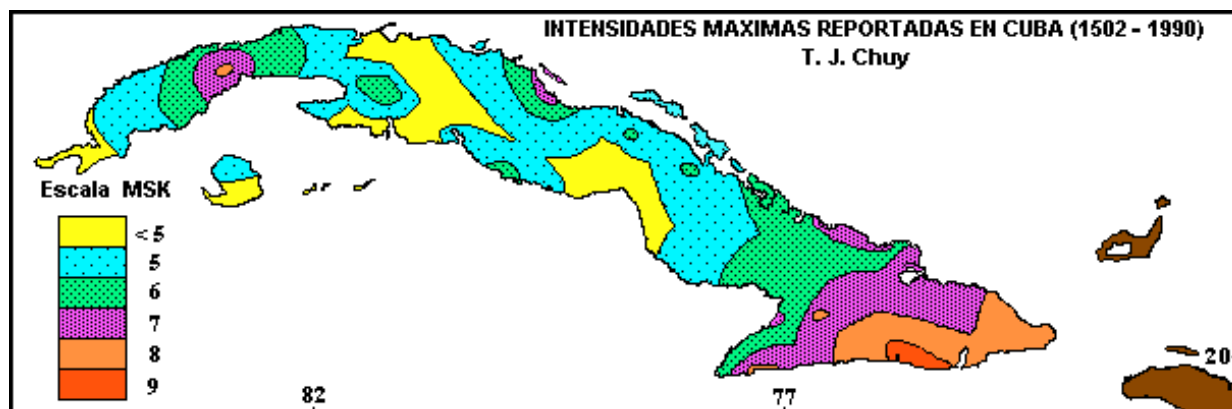


FIGURA 3. Mapa de Aceleraciones horizontales máximas de Cuba (Chuy y Alvarez, 1995).

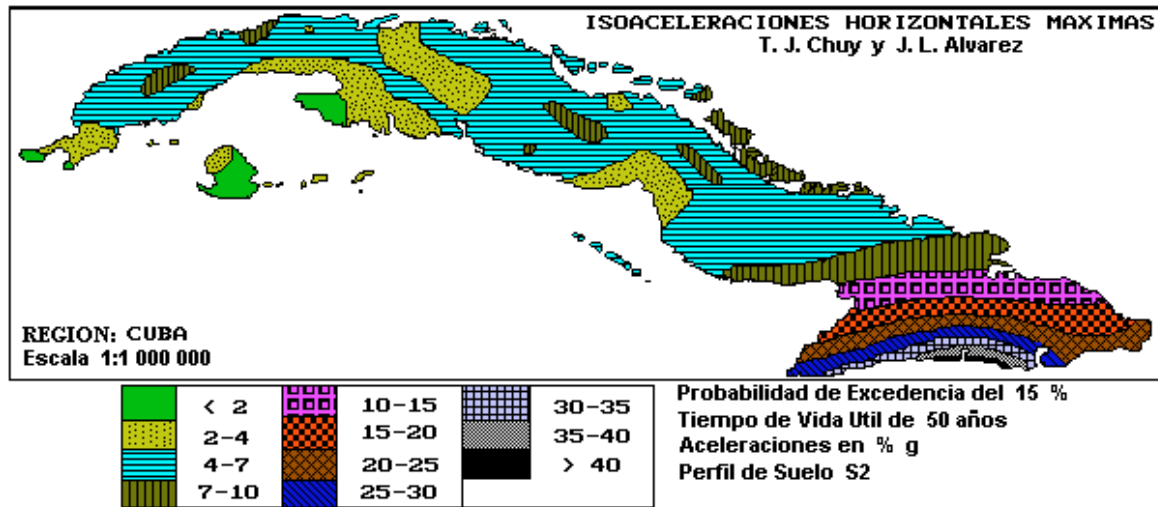


FIGURA 4. Mapa de Zonación Sísmica con fines de Ingeniería (NC 53 – 114 : 1999).

