

## MICROREGIONALIZACION SISMICA DE LA ZONA LEVISA

Tomás Chuy, José Zapata y Bertha E. González

**RESUMEN.** Se presenta un estudio de microregionalización sísmica de la zona Levisa, localizada en la parte nororiental de Cuba. En la determinación de la variación de la intensidad sísmica  $\Delta I$  fueron aplicados dos métodos instrumentales de microregionalización; el de la Rigidez Sísmica y el de los Microsismos. Los resultados obtenidos con ambos métodos fueron satisfactorios y coincidentes; destacándose en la zona estudiada dos áreas; una de VI y otra de VII grados.

**ABSTRACT.** A seismic microzonation study for the area of Levisa, located in the northeastern part of Cuba, is presented. The Microseisms and Seismic Rigidity Methods were used as instrumental methods for determining the effect of soil conditions on ground motions. The results obtained with each of the above mentioned methods agreed and were considered satisfactory. In the research area two seismic subzones of VI and VII degrees were determined in this way.

Los Lic. Tomás CHUY, Ing. José ZAPATA e Ing. Bertha E. GONZALEZ pertenecen al Instituto de Geofísica y Astronomía.

## 1. INTRODUCCION

La zona de estudio Levisa se encuentra en la provincia Holguín ocupando un área del orden de los 3 Kms<sup>2</sup>.

El relieve de la región se presenta como premontañoso, con elevaciones cuyas cotas oscilan entre 50 y 200 metros, de cimas redondeadas y valles escarpados. El drenaje en general es hacia el mar, corriendo de la parte montañosa hacia la llana ( de sur a norte ), efectuándose éste a través de los ríos Levisa y Grande, los que vierten sus aguas en la Bahía Arroyo Blanco en Nicaro.

En la formación del microrelieve desempeñan un papel importante los procesos de meteorización, predominando el intemperismo químico, lo que da lugar a formación de lateritas en la corteza de intemperismo.

Esta zona se encuentra ubicada en la subregión de VI grados, escala MSK-1964, de acuerdo al Mapa de Intensidades Sísmicas de Cuba por datos históricos<sup>1</sup>, escala 1:1 000 000, tomando tiempos de recurrencia de 100 años (ver figura No. 1).

La localización además en esta subregión, de epicentros históricos o instrumentales<sup>2</sup> y la necesidad de ubicar en la zona Levisa una obra industrial de relativa importancia, hizo que se planteara la realización de trabajos de microregionalización sísmica, para precisar las áreas de mayor peligrosidad y evitar con ello pérdidas económicas por el colapso de edificaciones y la posible afectación a la vida humana.

## 2. MATERIALES Y METODOS

Se realizó una evaluación de los suelos de la zona de estudio, sobre la base del informe ingeniero-geológico preparado por la Empresa de Investigaciones Aplicadas N° 6<sup>3</sup>, tomando en consideración las rocas superficiales cuya potencia es predominante, de la yacencia de los niveles del manto freático, de la influencia del carso y de las condiciones tectónicas locales; estableciendo subzonas en el territorio investigado, cuyas características ingeniero-geológicas frente a los estremecimientos

producidos por un sismo, producirían en principio efectos diferentes<sup>4</sup>.

Para la determinación de la variación de la intensidad sísmica  $\Delta I$ , fueron empleados dos métodos de microregionalización sísmica: Método de la Rigidez Sísmica y Método de los Microsismos<sup>5</sup>.

El Método de la Rigidez Sísmica para ser aplicado necesita los datos de la velocidad de propagación de las ondas longitudinales  $v_p$  en los diferentes estratos<sup>6</sup>. Estos valores son necesarios, por cuanto este método consiste en la comparación con un valor base de un suelo patrón, de los valores de las rigideces sísmicas ( $\rho \cdot v_p$ ) de otros puntos en el área que se investiga, para calcular el valor de la variación de la intensidad sísmica mediante la fórmula empírica.

$$\Delta I = 1,67 \log \frac{\bar{\rho}_o \bar{v}_{p_o}}{\bar{\rho}_i \bar{v}_{p_i}}$$

donde los subíndices o, i representan el patrón y el comparado respectivamente.

El valor medio de las densidades se obtuvo por la relación de sus promedios pesados

$$\bar{\rho} = \frac{\sum \rho_i \cdot h_i}{H}$$

donde  $\rho_i$ ,  $h_i$  corresponden a las densidades de las rocas  $\rho_i$  para cada estrato  $h_i$  y  $H$  es la profundidad de cálculo considerada.

El valor medio de las velocidades  $\bar{v}_p$  se obtuvo a través de los tiempos de recorrido vertical, mediante la relación

$$\bar{v}_p = \frac{H}{\Delta t_i}$$

donde  $\Delta t_i$  es el tiempo de recorrido vertical de las ondas P y M ideq a lo anterior.

El Método de los Microsismos en la práctica consiste en la comparación del nivel máximo de las amplitudes, relacionadas a los períodos predominantes, de un valor base de un suelo patrón, de acuerdo con la relación empírica

$$\Delta I = 2 \log \frac{\bar{A}_{\max_i}}{\bar{A}_{\max_o}}$$

donde los subíndices o, i representan el patrón y el comparado respectivamente, en el cálculo de la variación de la intensidad sísmica  $\Delta I$ .

En la zona de estudio se realizaron registros del nivel de los microsismos en tres componentes: EW, NS y Z; escogiéndose para establecer las comparaciones de los valores de las amplitudes maximales medias la NS, por presentar los mayores niveles de amplitud dentro del rango de 0,09 -1,02 seg. de los microsismos correspondientes a los períodos predominantes determinados por la relación

$$\bar{n} \% = \frac{n}{\Delta t} \cdot \frac{T}{1} \cdot 100 \%$$

donde  $n_1$  es el número de veces que se repite el período  $T_1$  dentro de un intervalo  $\Delta t$  de 30 segundos.

### 3. RESULTADOS

En base a las condiciones locales geólogo-tectónicas del área investigada, fueron discriminadas 5 subzonas ingeniero-geológicas ( ver figura No. 2 ), que pasamos a describir a continuación:

#### 1. Subzona de las rocas compactas.

En esta subzona afloran serpentinitas (sur y oeste del área) de color gris azulado, en general alteradas, con potencias de más de 9 metros y conglomerados polimícticos (centro-sur del área) de color gris amarillento con fragmentos de caliza, serpentinita y a veces de diabasa con potencias de más de 5 metros.

#### 2. Subzona de las rocas friables.

En esta subzona afloran tobas (sur del área) de color gris claro o blanco, de baja densidad, con potencias alrededor de 10 metros y arcillas ( centro y sur del área ) de composición variada, predominando las lateríticas, con potencias alrededor de 10 metros.

#### 3. Subzona de las calizas.

En esta subzona afloran calizas (mayor parte del área) de composición variada o

yas potencias exceden los 15 metros.

#### Subzonas de inundación.

En esta subzona (centro-sur del área) afloran calizas, conglomerados polimícticos y arcillas con niveles del manto freático entre 0 - 4 metros. Queremos señalar que esta yacencia de los niveles del manto freático debe aparecer en otras partes de la zona de estudio, por cuanto por ella corren ríos y arroyos, pero de esta subzona es la única de la que se tienen datos de las aguas subterráneas.

#### Subzona de la tectónica disyuntiva.

Esta subzona (norte-oeste y sur-este del área) está atravesada por tres fallas locales; aflorando calizas, arcillas y conglomerados polimícticos, las que aparecen con alto grado de fracturación y alteración producto del efecto de la dislocación tectónica y la meteorización.

En las subzonas descritas fueron aplicados los dos métodos instrumentales señalados anteriormente, el de Rigidez Sísmica y el de los Microsismos.

El Método de la Rigidez Sísmica sólo pudo ser aplicado en dos de las subzonas determinadas, por cuanto sólo de ellas había datos de las velocidades de propagación de las ondas longitudinales  $v_p$ ; ellas son las subzonas 3 de calizas y la 5 de tectónica disyuntiva. Un resumen de los resultados obtenidos con este método aparece en la tabla No. 1.

Los valores señalados en las calas 11 y 12 de  $v_p$  aparecen más altos que los demás, debido probablemente a que la falla cartografiada por la E.I.A. No. 6, que corta con dirección SE-NW toda la zona investigada, pase por esa parte un poco más hacia el oeste.

Como resultado de este método, se obtuvo como valores medios de las variaciones de la intensidad sísmica, los siguientes:

Subzona 3	$\bar{\Delta I} = 0,21$
Subzona 5	$\bar{\Delta I} = 0,75$

El Método de los Microsismos no pudo ser aplicado en la subzona 1 de las ro-

cas compactas y en parte de la subzona 4 de inundación, por ser prácticamente transitable el paso en esos lugares. Un resumen de los resultados obtenidos con este método se presenta en la tabla No. 2.

La dispersión de los valores obtenidos en las diferentes subzonas es explicable en base a diferencias de relieve, de las propias condiciones de yacencia del manto freático (no establecida para toda la zona investigada) y al viento que al mover los árboles de que está cubierta en un 50% aproximadamente el área provocan un nivel más alto de las amplitudes de los microsismos en el subsuelo de dichas partes.

Los valores medios de las variaciones de la intensidad de los estremecimientos, como resultado de la aplicación del método de referencia, son los siguientes:

Subzona 2	$\Delta \bar{I} = 0,00$
Subzona 3	$\Delta \bar{I} = -0,04$
Subzona 4	$\Delta \bar{I} = 0,30$
Subzona 5	$\Delta \bar{I} = 0,87$

En ambos casos se utilizó como base de cálculo, la subzona 3 de calizas por la más distribuida en la zona investigada y dentro de ella como punto pat el correspondiente a la cala 32, que se presenta en casi toda la potencia considerada como caliza organógena de densidad natural  $2,28 \text{ g/cm}^3$ .

Como resultado del análisis de los períodos predominantes por el Método de los Microsismos, se obtuvieron los siguientes valores:

- Subzona 2 con períodos de 0,55-1,02 seg.
- Subzona 3 con períodos de 0,55-1,02 seg.
- Subzona 4 con períodos de 0,24-1,02 seg.
- Subzona 5 con períodos de 0,24-1,02 seg.

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en la subzonación ingeniero-geológica y por métodos instrumentales de microregionalización sísmica, incluyendo el cálculo de los períodos predominantes, podemos establecer lo siguiente:

- Tomar los grados de intensidad sísmica MSK-1964 en las diferentes subzonas del área de estudio, para un período de recurrencia de 100 años, que se muestran en la figura No. 3, los cuales se obtuvieron del redondeo de los valores medios de  $\Delta I$ .

- La subzona 1 aparece con un signo de interrogación, debido a que aunque los suelos por sí mismos presentan condiciones sísmicas favorables para ser considerados de VI grados, no se tiene información adicional acerca de las condiciones tectónicas.

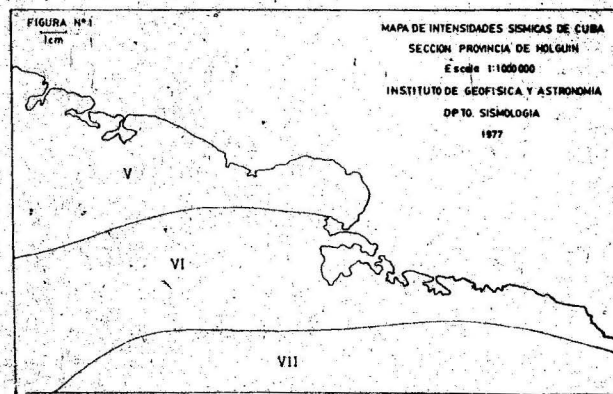
- Tomar como área más favorable para la ubicación de obras civiles, la correspondiente a la subzona 3 dentro de la región de VI grados.

- En caso de ser necesario la ubicación de obras civiles en la subzona 5 de VII grados, debe verificarse la ubicación de las fallas locales.

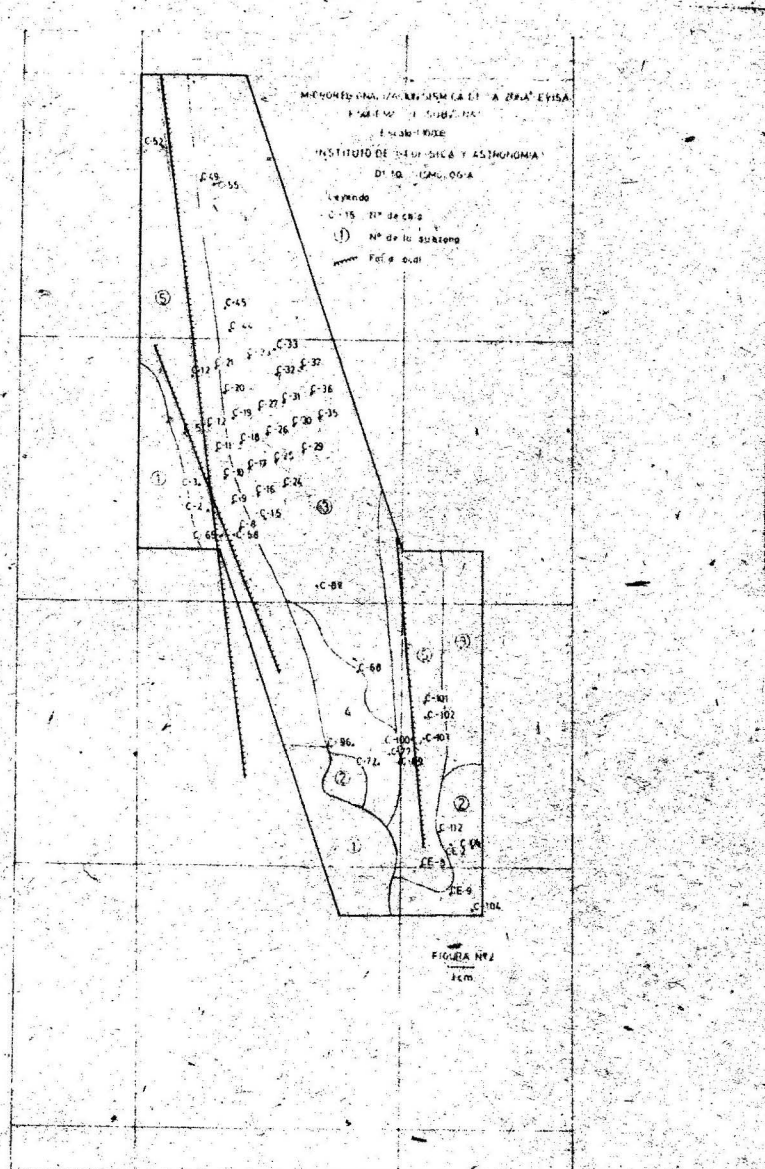
- Como rangos de períodos predominantes de las oscilaciones propias de los suelos, deben considerarse los presentados en el epígrafe anterior.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren manifestar su agradecimiento a los compañeros Ondina Pino, Elba Rosa Pérez y Luis D. Pérez por su colaboración en el análisis de los registros de microsismos.



164



165







ESQUEMA DE MICROREGIONALIZACIÓN SISMICA  
ZONA LEYISA

Escala 1:10000

INSTITUTO GEOFISICA Y ASTRONOMIA  
DPTO. SISMOLOGIA

Leyenda

-  Zona de VI grado
-  Zona de VII grado
-  Fallas
-  ?

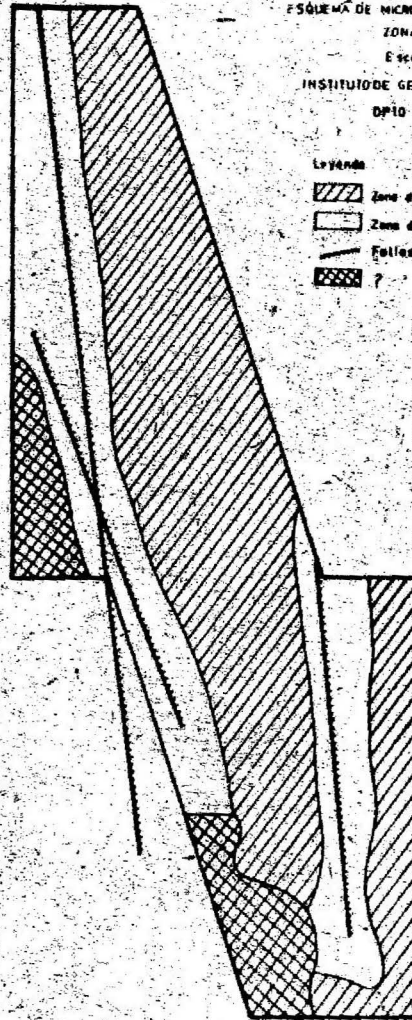


FIGURA N° 1

TABLA No. 1: Aplicación del Método de Rigidez Sísmica.

SUBZONA	CALA	$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\bar{v}_p$ (m/seg)	$\log \beta \cdot \bar{v}_p$	$\Delta I$
3	15	2,07	1666,67	3,5741	0,18
	16	2,18	3000,00	3,8156	-0,22
	17	2,18	3750,00	3,9125	-0,38
	18	2,26	3000,00	3,8312	-0,25
	19	1,98	1153,85	3,3588	0,54
	20	2,12	1250,00	3,4232	0,43
	23	2,06	1071,43	3,3438	0,58
	24	2,12	1071,43	3,3563	0,55
	25	2,24	1875,00	3,6232	0,07
	26	2,17	1363,64	3,4711	0,35
	27	2,03	1071,43	3,3375	0,58
	29	2,07	1363,64	3,4507	0,39
	30	2,17	2142,86	3,6675	0,03
	31	2,06	1500,00	3,4899	0,32
	32	2,25	2142,85	3,6832	0,00
	33	2,14	1250,00	3,4273	0,43
	35	2,23	1875,00	3,6213	0,10
	36	2,12	1875,00	3,5993	0,14
	37	2,02	1875,00	3,5783	0,24
5	8	1,87	833,33	3,1926	0,82
	9	2,05	625,00	3,1076	1,01
	10	2,03	652,17	3,1219	0,94
	11	2,23	1153,84	3,4104	-0,46
	12	2,17	1500,00	3,5125	0,29
	21	2,20	600,00	3,1206	0,99

TABLA No. 2: Aplicación del Método de los Microsismos.

SUBZONA	CAJA	$\log \bar{A}_{\max}$	$\Delta I$
2	E-2	0,2530	0,03
	E-9	0,2041	-0,06
	104	0,2388	0,00
	106	0,2040	-0,07
	112	0,2804	0,09
3	16	0,2048	-0,06
	18	0,0580	-0,35
	22	0,4065	0,33
	23	0,1688	-0,13
	24	0,2368	0,00
	29	0,0969	-0,28
	30	0,2041	-0,07
	31	0,3757	0,28
	32	0,2368	0,00
	37	0,2304	0,01
	44	0,1249	-0,22
	45	0,1688	-0,13
	49	0,2844	0,10
	55	0,3223	0,17
	87	0,1107	-0,25
4	68	0,3118	0,15
	72	0,4108	0,35
	77	0,4354	0,40
	89	0,3550	0,20
	96	0,4332	0,39
5	E-4	0,7906	1,11
	2	0,5769	0,68
	3	0,4393	0,41
	5	0,4698	0,47
	9	0,8029	1,13
	11	0,4878	0,50
	12	0,8145	1,16
	14	0,9428	1,41
	21	0,8304	1,18
	52	0,5993	0,73
	58	0,6057	0,74
	63	0,7000	0,93
	100	0,5623	0,63
	101	0,7871	1,10
	102	0,7745	1,08
	103	0,5283	0,59

#### REFERENCIAS

1. CHUY, T. y RODRIGUEZ, H. (1980): La actividad sísmica de Cuba por datos históricos. Investigaciones Sismológicas en Cuba, No. 1.
2. CHUY, T. y ALVAREZ, L. (1979): Caracterización de la sismicidad de la provincia Holguín, Informe.
- CHUY, T. (1981): Actualización de los datos macrosísmicos e instrumentales de sismos en la provincia Holguín, Informe.
3. ROMERO, R; VAZQUEZ, R. y LOPEZ, R. (1980): Informe Ingeniero-Geológico de la zona de Levisa, Empresa de Investigaciones Aplicadas No. 6.
4. MEDVIEDEV, S. V. (1962): Ingeniería Sísmica. Editorial Nauka, Moscú.
- LIAMZINA, G. A. e IVANOVA, T. G. (1973): Dependencia de la intensidad de las oscilaciones horizontales de las pendientes críticas. Cuestiones de Ingeniería Sísmica. Vol. No. 15, Editorial Nauka, Moscú.
5. MEDVIEDEV, S. V. ed. (1973): Recomendaciones para la Microregionalización Sísmica RLS-73, Cuestiones de Ingeniería Sísmica. Vol. No. 15, Editorial Nauka, Moscú.
- MEDVIEDEV, S. V. (1977): Microregionalización Sísmica. Editorial Nauka, Moscú.
6. Resultados de las puestas sísmicas en la zona de Levisa, Empresa de Investigaciones Aplicadas No. 2, 1979. Informe.