

donde  $M_0$  es el momento sísmico en DINA –cm. En la actualidad es común el uso de  $M_w$  en el análisis de la amenaza sísmica cuando eventos de grandes magnitudes son considerados. En el presente estudio se ha introducido la escala

de momento  $M_w$  para todos los eventos en el catálogo, siguiendo el procedimiento de Rojas et. al, (1993b) de acuerdo a las siguientes relaciones:

$$M_w = 2.252 + 0.655M; \quad mb = 2.64 + 0.50M; \quad Ms = -4.165(\pm 0.22) + 1.783(\pm 0.04)M$$

La homogenización consiste en el análisis de la estabilidad de los parámetros de recurrencia  $a$  y  $b$  en la relación Gutenberg – Richter. Un test de estabilidad para el valor  $b$  fue hecho para fuentes superficiales (por encima de los 40 km) La homogeneidad fue realizado en base a

un análisis, calculando los parámetros de recurrencia  $a$  y  $b$  para tres diferentes períodos (1930-1999, 1963-1999 y de 1976-1999). Los resultados de este análisis indican que los valores de  $a$  y  $b$  son estables como puede observarse en el cuadro 2.

**Cuadro 2.**  
**Estabilidad de los Valores  $a$  y  $b$**

Intervalo	$a$	$b$
1930 a 1999	5.53	0.96
1963 a 1999	5.54	0.97
1976 a 1999	5.64	0.96

### 3.5 Análisis de Completitud

El factor de completitud de la data es particularmente importante cuando se usa un catálogo para estimar futuros movimientos de suelos, dado que un set de data incompleta puede deformar las relaciones de recurrencia de los sismos. En este estudio se ha realizado una revisión de las gráficas de la distribución de sismicidad en función del tiempo Honduras aparenta ser completo para el período desde 1930 hasta 1999 para magnitudes por encima de  $M_w$  6.0 y también aparenta ser completo para magnitudes 4.5 durante el período 1963 a 1999.

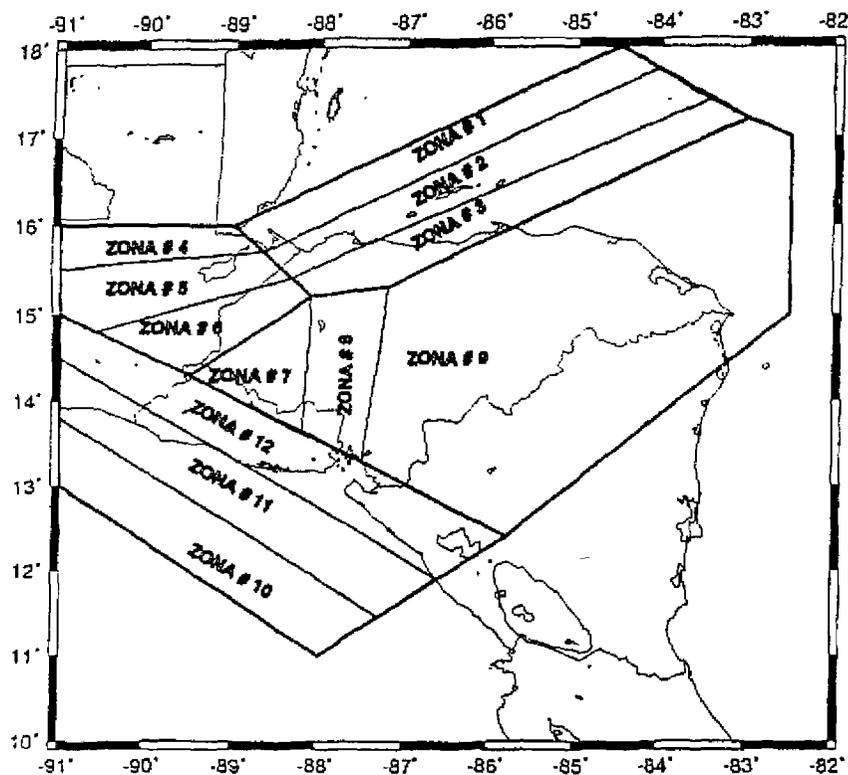
## 4. MODELO DE SISMICIDAD

Para Honduras, se seleccionó un modelo que

considera áreas sísmicas como las fuentes en el algoritmo computacional. La base de datos fue combinada con la información geológica y geo-tectónica para dividir la región de Honduras y sus alrededores en 4 zonas gruesas (Fig. 5) y 18 áreas sísmicas finas para el cálculo computacional de la amenaza sísmica (Fig. 6).

Se asume que la sismicidad en cada área de fuente sísmica se distribuye uniformemente y cada zona debe ser lo suficientemente grande de manera que permita una evaluación estable de los parámetros de recurrencia.

Asimismo, las zonas deben cubrir todas las áreas donde la sismicidad puede influenciar a la amenaza sísmica y la zonación debe ser consistente con la geología regional y con las fronteras tectónicas.



**FIG. 6**  
**Areas de zonación fina como fuentes sísmicas a la amenaza en Honduras. Las zonas 13 a la 18 se ubican a diferentes profundidades en la zona de subducción por debajo de zonas 1°, 11 y 12.**

#### 4.1. Parámetros de las Fuentes Sísmicas: valores $a$ y $b$ , $N$ y magnitud máxima

Usando previamente fijada para eventos someros, se determina primero su valor  $b$  correspondiente. Después, este valor fue usado para cada una de las demás áreas como un parámetro inicial para calcular los valores " $a$ " asociados (y por consiguiente los valores de  $N$ ). Las zonas gruesas dieron valores de " $b$ " entre 0.42 y 1.12.

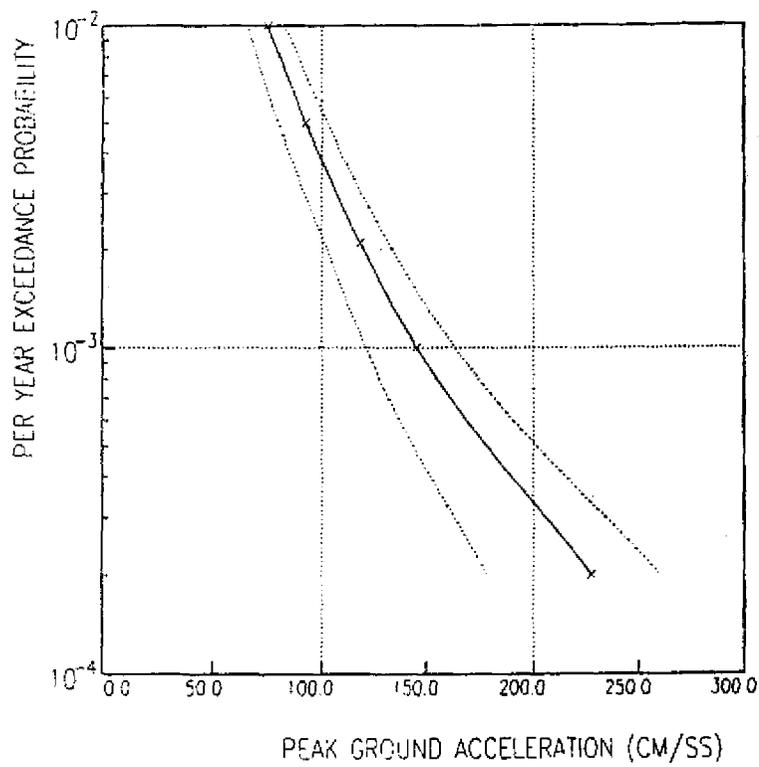
Tomando la relación de recurrencia, se observa que los valores  $N$  (número de eventos igual a o mayor que la magnitud  $M$ ) se deduce directamente de los valores  $a$ , los que pueden de nuevo determinarse tan pronto como los valores  $b$  sean determinados y cuando la magnitud de corte mínima ( $M_w = 4.5$ ) sea determinada.

Para cada una de las 18 zonas sísmicas los valores " $a$ " y los correspondientes valores  $N$

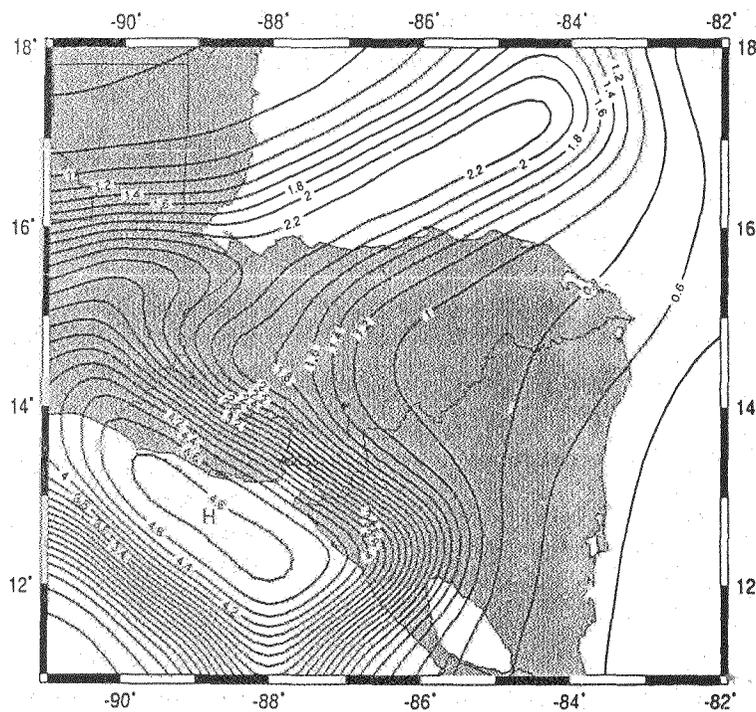
fueron calculados. La evaluación de la magnitud máxima fue basada en la capacidad de la falla (evidencia geológica) que el catálogo histórico disponible, de tal manera que la magnitud máxima creíble sea igual o mayor a la máxima que se ha experimentado.

#### 5. CÁLCULO DE LA AMENAZA SÍSMICA

Los cálculos de amenaza sísmica para Honduras, usando la zonación fina y una magnitud de bajo corte  $M_w$  de 4.5 fueron desarrollados utilizando 252 puntos en rejillas de 0.5 de intervalo (50 km) en latitud y longitud. Una gráfica para Tegucigalpa mostrando valores del  $PGA$  en función de la probabilidad anual de excedencia se muestra en la figura 7 y un mapa de iso aceleración en donde se grafican los valores del  $PGA$  para Honduras para un período de retorno de 475 años se muestra en la figura 8 y que equivale a un 90% de probabilidad de no excedencia en 50 años.



**FIG. 7**  
**Tegucigalpa,**  
**curvas de**  
**amenaza sísmica**  
**para lecho**  
**recoso.**  
**Las curvas**  
**punteadas**  
**corresponden**  
**a la incertidumbre**  
**(+ 1°).**



**FIG. 8**  
**Mapa de**  
**isoaceleración**  
**pico (PGA)**  
**en m/ss esperada**  
**para un período**  
**de retorno de 475**  
**años en**  
**el territorio de**  
**Honduras**  
**(probabilidad**  
**del 10% de**  
**excedencia en**  
**50 años).**

El cuadro 3 resume la localización de los sitios seleccionados y los valores de los PGA obtenidos para 100, 200, 500, 1000 y 5000 años de período de retorno.

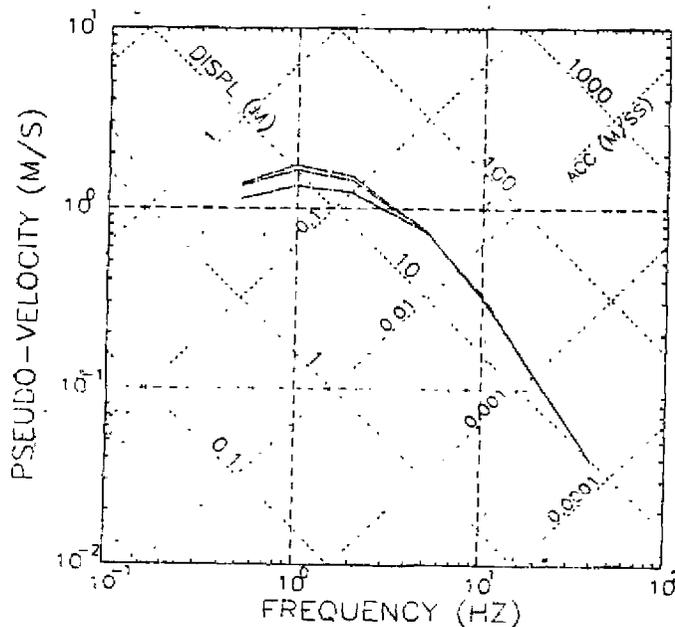
**CUADRO 3. ACELERACIÓN PICO ESPERADA PARA UN LECHO ROCOSO EN M/SS**

	Longitud (N)	Longitud (O)	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)				
			100	200	500	1000	5000
Sta. Rosa de Copán	14.750	88.720	1.150	1.456	1.956	2.516	4 114
Santa Bárbara	19.900	88.250	0.939	1.160	1.491	1.848	2.877
Choluteca	13.300	87.270	1.329	1.644	2.145	2.667	4.110
Trujillo	15.920	85.950	0.829	1.131	1.637	2.245	4.310
San Pedro Sula	15.481	88.040	1.144	1.549	2.265	3.040	5.518
La Ceiba	15.667	86.833	0.912	1.245	1.826	2.531	4 865
Puerto Cortés	15.850	88.000	1.262	1.782	2.710	3.724	7.128
Amapala	13.310	87.620	2.300	2.931	3.891	4.957	7.984
Tegucigalpa	14.084	87.157	0.753	0.926	1.184	1.455	2.276
El Cajón	14.950	87.150	1.051	1.360	1.875	2.469	4 075
Roatán	16.330	86.504	1.276	1.813	2.764	3.800	7.242

### 6. CÁLCULO DE LOS ESPECTROS

Se calculó los espectros de respuesta para los 11 lugares seleccionados. Los espectros fueron calculados para frecuencia de 0.5Hz, 2.0

Hz, 5.0 Hz y 10.0 Hz. En la figura 9 se muestra como ejemplo, el espectro de Amapala normalizado a 1 g y anclado a 40 Hz.



**FIG. 9**  
Espectro de respuesta de igual probabilidad con 5% de amortiguamiento normalizado a 1g calculado para Amapala. La figura muestra tres espectros que corresponden a tiempos de retorno de 100, 475 y 1000 años.

**Cuadro 4. Valores espectrales para 5 frecuencias y 3 probabilidades de excedencia comparable a un tiempo de retorno a 100 años, 275 años y 1000 años respectivamente.**

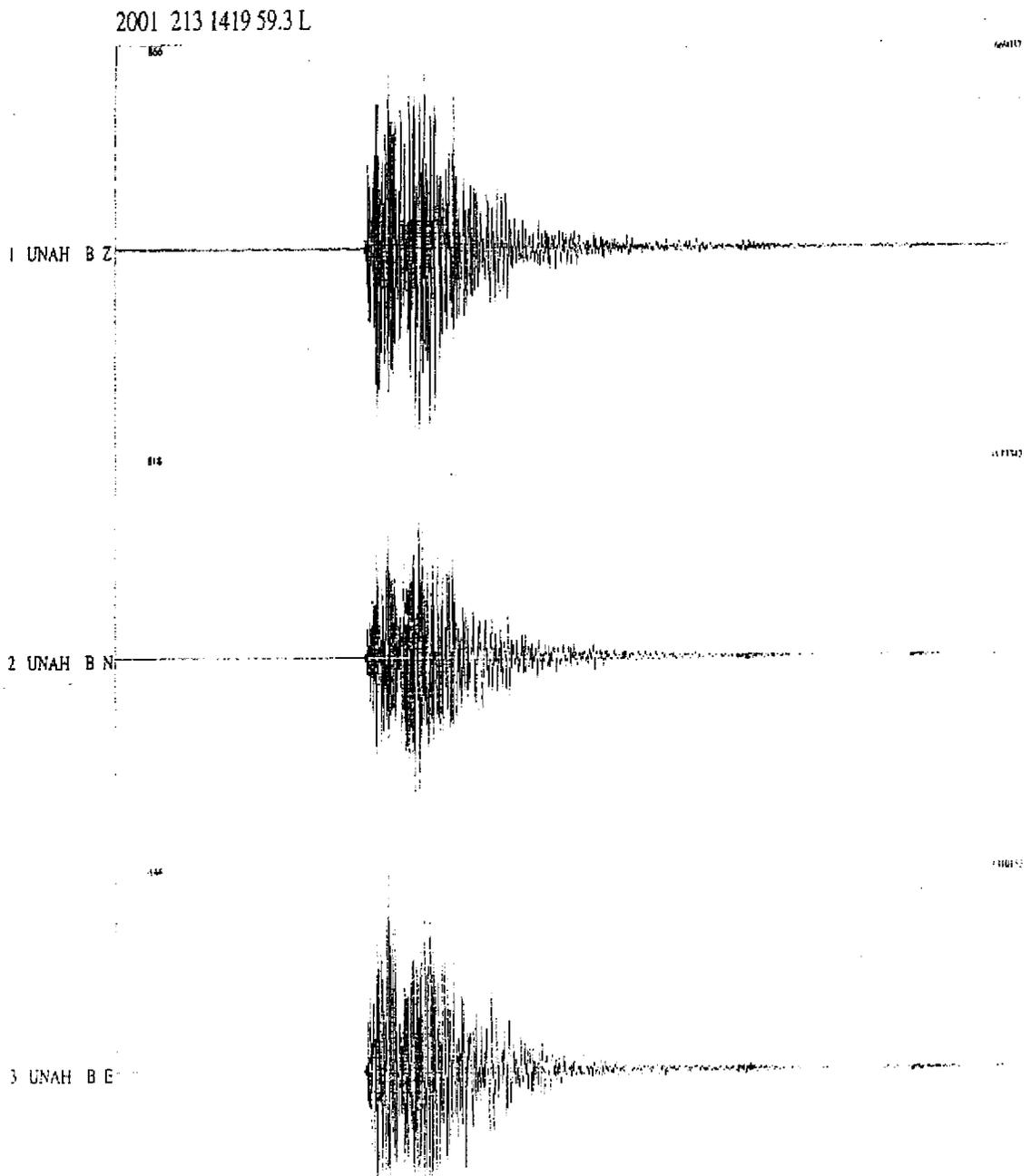
AMAPALA Valores Espectrales (m/s)			
Freq. (Hz)	Probabilidad anual de excedencia		
	0.01	0.021	0.0001
0.5	0.2655	0.52958	0.68231
1	0.31446	0.64653	0.88144
2	0.28815	0.56674	0.7581
5	0.1702	0.29201	0.37744
10	0.07533	0.13315	0.16154

## 7. CONCLUSIONES

- Los resultados del presente estudio muestran que Honduras está propensa a los movimientos fuertes del suelo, los que se expresan como valores significativos de la aceleración Pico del suelo en función de la probabilidad de excedencia anual. Estos valores de PGA en algunos sitios en Honduras son comparables con valores de zonas de intensa actividad sísmica, en la placa del Caribe, especialmente en las zonas de contacto y de deformación asociadas a la frontera de placas tectónicas que coincide con la parte norte y occidental de Honduras y con el Golfo de Fonseca en el Sur del país. Por lo tanto, el tema de la amenaza sísmica para Honduras es una realidad que necesita ser investigada en forma permanente dado que el daño a la infraestructura y a la población, a los terremotos, podría tener severas consecuencias para la economía total de Honduras.
- En los cálculos de PGA esperado para períodos de retorno de 100, 200, 500 y 5000 años que corresponden a valores probabilísticos de excedencia anual de 0.01, 0.005, 0.002, 0.001 y 0.0002 se encuentra que los sitios cercanos a la zona de subducción presentan los valores más altos de PGA siendo las diferencias más grandes (aproximadamente un factor de 2) para valores más pequeños de excedencia anual. Diferentes estudios previos también han encontrado estos resultados. En este estudio el Puerto de Amapala (en el Golfo de Fonseca) presenta el valor más alto de PGA de 2.3 m/s<sup>2</sup> para un período de retorno de 100 años.
- El presente estudio de amenaza sísmica para Honduras unido a otros estudios técnicos sobre análisis de suelos, estudios de amplificación del suelo y estudios de riesgo sísmico deberán conducir a cálculos más detallados sobre la microzonificación sísmica del país y de sus principales ciudades. Todos estos resultados son importantes en la planificación urbana de las ciudades, en el ordenamiento territorial y para la elaboración de códigos de construcción sismo resistente más realistas y de mayor aplicabilidad en la reducción de la vulnerabilidad física y social de nuestro país.

2001-02-13-1419-59S.HON\_\_003

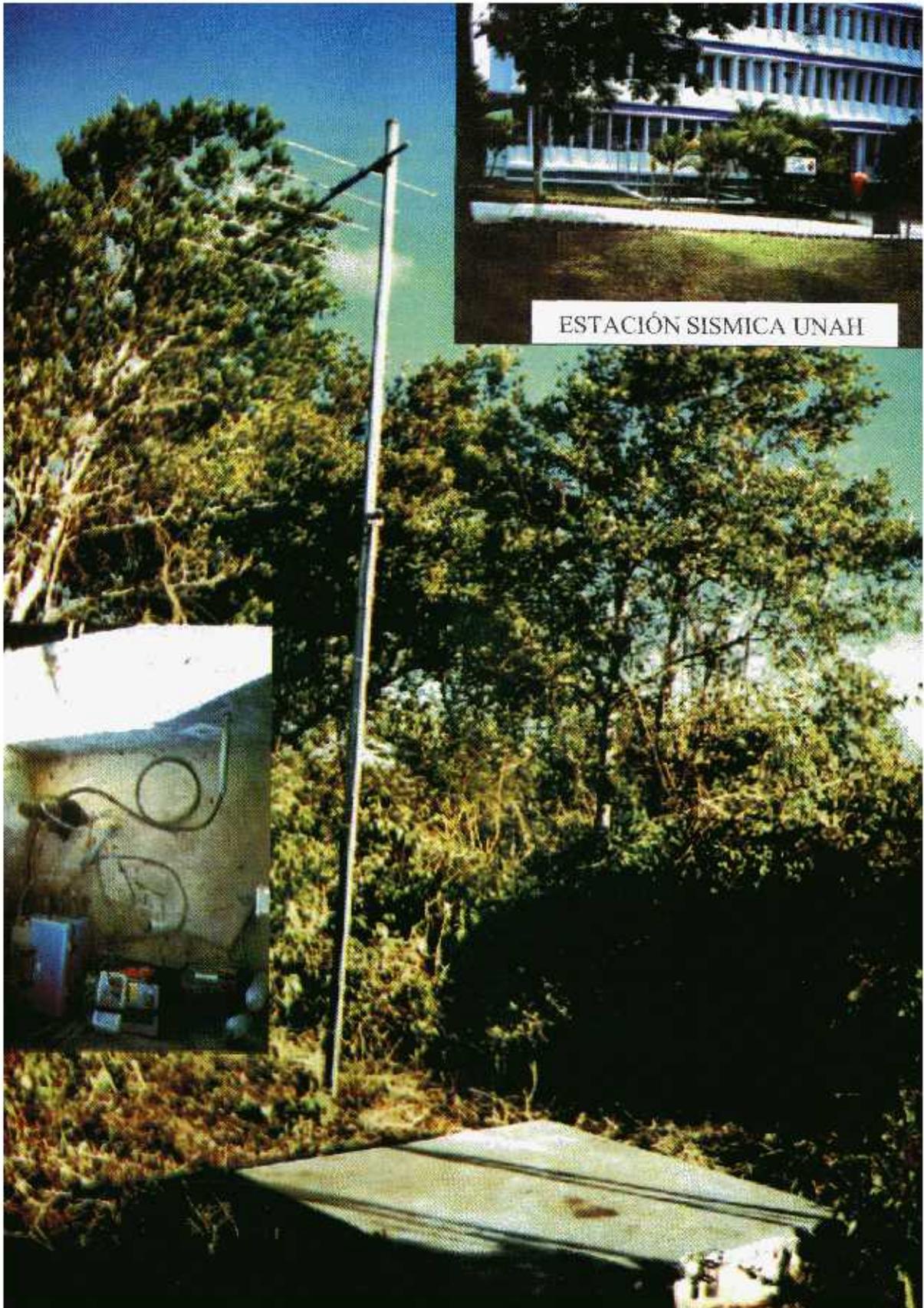
Plot start time: 2001 2 13 14:19 59.325



**FIG. 10**

**Réplica sísmica más importante del 13 de febrero del 2001 del terremoto que afectó El Salvador el 13 de enero de 2001. Esta réplica tuvo una magnitud de 6.5 grados en la escala de Ritchter.**

ESTACIÓN SÍSMICA LAS ARADAS,  
LEPATERIQUE, FRANCISCO MORAZÁN



## BIBLIOGRAFÍA

- Aki, K and K Inkura (1991)  
Characterization and mapping of earthquake shaking for seismic zonation  
*Proc. Fourth Int. Conf. on Seismic Zonation, Stanford University, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California*, pp. 61-110.
- Burbach, G. V., C. Frohlich, W. D. Pennington, y T. Matumoto (1984)  
Seismicity and tectonics of the subducted Cocos plate, *J. Geophys. Res.*, 89, 7719-7735
- Caceres, D and O. Kulhanek (1999)  
Seismic Hazard of Honduras. Natural Hazards 00  
1-21 Kluwer Academic Publishers
- Cruz, G. and M. Wyss (1983).  
Large earthquakes, mean sea level and tsunamis along The Pacific Coast of Mexico and Central America, *Bull. Seismol. Soc. Am.* V73, 553-570.
- Cruz, G. (1999).  
Sismicidad en Honduras en los primeros seis meses de 1999: Implicaciones en la evaluación de la amenaza sísmica y en la adopción de medidas de prevención. UNAH, XI Semana Científica Tegucigalpa, Honduras
- Coppersmith, K J (1991)  
Seismic source characterization for engineering seismic hazard analysis. *Proc. Fourth Int. Conf. on Seismic Zonation, Stanford University, California, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California*, pp 3-60.
- Dahle, A. (1994).  
NPRISK (NORSAR-PRISK). Users Guide, Version 1.0  
NORSAR / NFR, Box 51, 2007 Kjeller, Norway, 48 pp.
- Dahle, A. (1994).  
User's Guide to NPRISK, version 1.0 NORSAR, Kjeller, Norway.
- Dengo, G. (1968)  
Estructura geológica, historia tectónica y morfología de América Central 50 pp., Centro Regional de Ayuda Técnica, Ciudad de México, D.F., México, 1968.
- Dengo, G y O Bohnenberger (1969)  
Structural development of northern Central America. *Mem Am Assoc Pet Geol*, 11, 203-220
- Escobar J J. (1996):  
Preliminary study of Seismic Hazard in Honduras, MS.C  
Thesis, University of Bergen, Norway
- Finch, R. C. Y A. W. Ritchie (1991).  
The Guayape fault system, Honduras, Central America  
*Journal of South America Earth Sciences*, Vol 4, No 1/2, pp. 43-60.
- Gordon, M. B. y W. R. Muehlberger (1994).  
Rotation of the Chortis block causes dextral slip on the Guayape fault, *Tectonics*, Vol 13, No 4, 858-872
- Hanks, T and H. Kanamori (1979).  
A moment magnitude scale *J Geophys Res.* 84, 2348-2350
- Kiremidjian, S. A., P. Sutch y H. Shah (1979)  
Seismic Hazard Analysis of Honduras The John A. Blume Earthquake Engineering Center, Stanford University, California.
- McGuire, R. K. (1993)  
Computations of seismic hazard *Ann. Geofis.*, 36, 181-200
- Mortgat C P y Shah H. C. (1979)  
A Bayesian model for seismic hazard mapping, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol 69, No 4, 1237-1251
- Muehlberger, W. R. (1976).  
The Honduras Depression, Informe y trabajos técnicos presentados en la IV Reunión de Geólogos de América Central: Publicaciones Geológicas del ICAITI, p 43-51.
- Mills, R. A., K. E. Hugh, D. F. Feray, y H. C. Swolfs (1969)  
Mesozoic stratigraphy Honduras *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 51, 1711-1786
- Molnar, P. Y L. R. Sykes (1969)  
Tectonics of the Caribbean and middle America regions from focal mechanism and seismicity, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 80, 1639-1684.
- Osiecki, P. S. (1981)  
Estimated intensities and probable tectonic sources of historic (pre-1898) Honduran earthquakes, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 71, 865-881.
- Plafker, G. and S. Ward (1992).  
Backarc thrust faulting and tectonic uplift along the Caribbean Sea coast during the April 22, 1991 Costa Rica earthquake. *Tectonics* Vol 11, pp 709-718.
- Plafker, G. (1976)  
Tectonic aspects of the Guatemala earthquake of 4 February, 1976. *Science*, 93, 1201-1208
- Reiter, L. (1990)  
Earthquake Hazard Analysis Issues and Insights. Columbia University Press, New York, 254 pp
- Rojas, W., H. Bungum and C. D. Lindholm (1993\*)  
A Catalog of historical and recent earthquakes in Central America Report NORSAR, 77 pp.
- Rojas, W., H. Bungum and C. D. Lindholm (1993b).  
Historical and recent earthquakes in Central America. *Rev. Geol. Amer. Central*, 16, 5-21.
- Rojas, W., H. Cowan, C. Lindholm, A. Dahle and H. Bungum (1993c)  
Regional Seismic zonation for Central America a preliminary model Report NORSAR, 40 pp
- Schwartz, D. P., L. S. Cluff, y T. W. Donnelly (1979)  
Quaternary faulting along the Caribbean - North American plate boundary in Central America, *Tectonophysics*, 52, 431-445.