

DATOS BASICOS DEL SISMO DEL 24 DE OCTUBRE  
DE 1980 CERCA DE HUAJUAPAN DE LEON, OAXACA

Jorge Prince, editor

1. INTRODUCCION

Jorge Prince

El viernes 24 de octubre de 1980, a las 14h 53m 31s TMG\* (8h 53m 31s, hora local) se originó un sismo fuerte cerca del punto en que coinciden los estados de Oaxaca, Guerrero y Puebla, produciéndose daños considerables en la zona adyacente a la epicentral, la mayoría de ellos en Huajuapán de León, Oax., Acatlán, Pue. y otras poblaciones menores de dichos estados. En el Distrito Federal el movimiento fue sentido por la gran mayoría de la población y produjo daños ligeros en construcciones débiles, caída de bardas y agrietamientos o desprendimientos menores de acabados en edificios bien contruidos. Del total de muertes que llegó casi a 40, dos ocurrieron en el D.F.

Dentro de las 52 horas siguientes al sismo en cuestión se observaron numerosas réplicas con origen en la misma zona. La magnitud (Richter) de 9 de ellas quedó comprendida entre 4 y 5 y la de dos más llegó a 5.

En este informe se incluyen los datos sismológicos preliminares y una determinación epicentral más elaborada, seguida de una discusión sobre la profundidad más probable del evento principal. En el capítulo 4 se presentan los registros de aceleración del terreno obtenidos tanto en las estaciones de la red SISMEM, como

\* TMG = Tiempo Medio de Greenwich

en los acelerógrafos autónomos que fueron activados por el sismo hasta distancias del orden de 400 km; el siguiente capítulo se refiere a los primeros resultados del análisis de los registros obtenidos en SISMEM. En el capítulo 6 se presenta un resumen, que describe en forma general los daños observados en la zona epicentral, elaborado por uno (EMS) de los miembros del personal del Instituto que realizaron un viaje de tres días a la región más afectada por los sismos en cuestión.

2. DATOS SISMOLOGICOS

Jorge Prince

2.1 Obtención de los datos

La Red Telemétrica SISMEM del Instituto de Ingeniería tiene el puesto central de registro (PCR) en Ciudad Universitaria, donde se reciben por radio continuamente las señales de estaciones dotadas de geófonos verticales de 1 Hz y de otras que detectan la aceleración del terreno a lo largo de direcciones NS, Vertical y EW, con tres amplificaciones diferentes en cada una. La disposición de estas estaciones se muestra en las figs 1 y 2, y en la tabla 1 se han condensado las principales características de las estaciones sismométricas (ref 13).

La grabación de todas las señales sísmicas recibidas se realiza en cinta magnética, simultáneamente con las de la WWV y las de un generador de código de tiempo que opera en el PCR. En esta forma es posible obtener sistemáticamente precisiones en tiempo absoluto del orden de 10mseg, o mejores. Dicha precisión es importante para correlacionar los rasgos característicos de registros obtenidos en estaciones independientes que operan en diversos lugares. Un ejemplo de tales correlaciones se tiene en la fig 3, en la que se muestra

la llegada de las primeras ondas del sismo principal a las 5 estaciones sismométricas de SISMEM; la sexta traza corresponde a las marcas de tiempo de la WWV. Los datos de los primeros arribos a dichas estaciones de la P del sismo principal y de las mayores repeticiones (denominadas A y B en orden cronológico) que tuvieron magnitud 5 (Richter), se han condensado en la tabla 2.

## 2.2 Datos iniciales del sismo principal

Los datos preliminares son:

	JFA (a)	USGS (b)
Hora de origen	14:53:31	14:53:39.1
Magnitud (Mb)	6.5	6.7
Epicentro	18.00 N	18.44 N
	98.23 W	98.13 W
Profundidad	> Normal	100 km

Cabe señalar que los dos epicentros indicados distan entre sí aproximadamente 50 km, lo que puede calificarse de buena concordancia para determinaciones preliminares rápidas. Por otra parte, y de manera similar a casos anteriores, (Refs 1 y 2), la determinación de JFA de la hora de origen antecede en cerca de 10 segundos a la de USGS, lo que se traduce en distancias epicentrales, para puntos del Valle de México, cerca de 80 km menores para el USGS que para JFA (ver tabla 3). En la fig 4 aparecen los arcos trazados por JFA con centro en las estaciones sismológicas cuyos datos utilizó para su determinación epicentral. En la misma fig aparecen una falla cuya existencia es sostenida por el mismo autor, basándose en "numerosas observaciones previas"; en la columna de la derecha aparecen las horas de ocurrencia de las réplicas principales y las distancias a las estaciones utilizadas.

a) JFA = Ing. Jesús Figueroa Abarca

b) USGS = U.S. Geological Survey

## 3. DISCUSION DE PARAMETROS FOCALES

Jean Havskov

### 3.1 Epicentro

El epicentro fue determinado usando lecturas de los sísmógrafos y acelerógrafos localizados en México que se indican en la tabla 4. La localización de las 10 estaciones más cercanas se encuentra en la fig 5. Estas estaciones forman parte de las redes del Servicio Sismológico Nacional, de SISMEM y de RESMAC.

Para obtener la localización del evento se usó el programa HYPO 71 (3), con el modelo cortical siguiente (4):

PROFUNDIDAD (km)	VELOCIDAD (km/seg)
0-4	5.00
4-20	6.10
20-31	6.95
31-43	7.60
43-50	8.20
> 50	8.30

A las estaciones con distancia epicentral de más de 300 km, les fue asignado un peso menor que a las estaciones más cercanas, de modo que las lecturas de éstas fueran más significativas (ver tabla 5). Los tiempos de arribo observados, las distancias epicentrales y los residuales se encuentran en la tabla 5. La localización epicentral obtenida fue: LAT = 17.98°N y LON = 98.32°W.

A continuación, y en la fig 5, este epicentro se compara con los obtenidos por JFA, RESMAC, USGS y el Servicio Sismológico Nacional.

	LAT N	LON W	PROF. (km)
Este estudio	17.98	98.32	12
JFA	18.00	98.23	> 33
RESMAC	17.7	98.1	?
Serv. Sism. Nac.	17.25	97.98	53
USGS	18.44	98.13	100

Las dos primeras localizaciones coinciden bastante bien con el área que sufrió más daño, la cual se encuentra cerca del poblado de Acatlán, fig 5 (Ver cap 6).

### 3.2 Profundidad focal

La determinación de profundidad focal tiene desde luego un mayor grado de incertidumbre que la epicentral, y el que se hayan observado eventos profundos en esa zona (5), deja abiertas las posibilidades para este parámetro. Se trató de determinar el epicentro fijando la profundidad focal por debajo de 12 km, profundidad que fue obtenida de la solución libre:

	h (km)	LAT N	LON W	RMS
Solución libre	12	17.98°	98.32°	0.41
Profundidad fija	60	18.01°	98.29°	0.81
	80	18.03°	98.28°	0.95
	100	18.08°	98.26°	1.18

En esta tabla se observa que la localización epicentral cambia poco al usar (como datos) diferentes profundidades; sin embargo, el error medio cuadrático de los residuales (tabla 5), incrementa significativamente al aumentar la profundidad, haciendo más probable la solución para un evento

Hay otras evidencias que apoyan este tipo de solución:

- a) Para algunas estaciones con más de 200 km de distancia epicentral, el primer arribo se asemeja a la fase refractada  $P_n$ , lo cual indica un

hipocentro por encima del Moho\*

- b) Dado que el epicentro es virtualmente independiente de la profundidad escogida, podemos determinar la velocidad aparente de los primeros arribos, graficando el tiempo de arribo P contra la distancia epicentral. En la fig 6 aparece dicha gráfica para las 10 estaciones más cercanas al epicentro (17.98°N, 98.32°W). Ajustando una recta por mínimos cuadrados a los puntos indicados, se obtuvo una velocidad aparente de 7.8 km/seg., lo cual indica un foco arriba del Moho.
- c) Otro método para determinar la profundidad, es observar en estaciones muy lejanas la diferencia en el tiempo de recorrido entre la fase directa P y la fase reflejada de la superficie pP. En algunas estaciones de Sudamérica observaciones preliminares de esta diferencia proporcionaron un valor de 7 segundos (6), al que corresponde una profundidad de 20 km, de acuerdo con las tablas de Jeffreys y Bullen (7)
- d) El Instituto de Geofísica ha registrado las réplicas en el campo. Una estación operando dentro de un radio de 10 km del epicentro, registró la diferencia S-P más pequeña, del orden de 5 a 6 segundos (8). Esto implica una profundidad máxima de 50 km aproximadamente para las réplicas, y es improbable que el evento principal sea mucho más profundo.
- e) Una última evidencia podría ser la solución para el mecanismo focal, en la que se grafica la pola-

\* Discontinuidad de Mohorovicic (profundidad variable)

ridad de la onda P para cada estación en una red estereográfica de igual área usando la mitad inferior de la esfera focal. En este caso, se adicionaron a las estaciones de México dos estaciones de cobertura mundial: Pasadena y Edmonton (tabla 4). Los ángulos de emergencia y azimut usados se dan en la tabla 5; en la fig 7 se muestran dos soluciones, una para profundidad de 12 km y otra para 100 km. En la primera se observa una falla transcurrente que puede relacionarse con un foco superficial. Para la solución del foco profundo hay dos posibilidades, las cuales no es posible separar con los presentes datos: la solución indicada por la línea punteada corresponde a una falla transcurrente, similar en orientación a la obtenida para el foco superficial; la otra solución indicada por curvas continuas corresponde a una falla normal. Para temblores con profundidad intermedia ( $h = 100$  km) en zonas de subducción, se han observado por lo general fallas normales, como por ejemplo en el Sur de México (9). Es así que, con los datos que se tienen, no es posible distinguir por mecanismos focales, cuál profundidad es la más probable.

En resumen, acumulando toda la evidencia disponible, es probable que el evento haya ocurrido en la corteza, esto es, a una profundidad de 40-50 km.

### 3.3 Algunos datos históricos

El 19 de julio de 1881, fue reportado un sismo en la región de Guerrero-Oaxaca. La localización del epicentro dada por Singh y otros en la ref 10, es  $17.7^{\circ}\text{N} - 98.2^{\circ}\text{W}$  y la magnitud  $M_S = 7.5$ . Orozco y Berra (11), da la siguiente descripción para este evento: "Gran temblor ocurrido a las 02:35, el cual causó gran daño en los límites de los estados de Puebla, Oaxaca y Guerre-

ro, así como en los pueblos de Huajuapán y Juxtlauiaca. También hubo daños en el estado de Morelos. Fue sentido en los estados que rodean a la Ciudad de México y aparentemente en la parte norte de Jalisco".

Para este siglo, se han reportado en esta misma región dos sismos fuertes cuya localización se da en la siguiente tabla, junto a la localización reportada por el USGS.

Fecha	Hora h m s	Lat N	Lon W	Prof. km
10 Feb 1928	04 39 06	17.850	97.633	100
	04 38 35	19.00	97.50	100
11 Oct 1945	16 57 28	17.850	97.633	100
	16 52 52	17.50	98.500	90

Fecha	Mag	Ref
10 Feb 1928	7.7	JFA
	6.5	USGS
11 Oct 1945	6.5	JFA
	6.5	USGS

Debido a que las localizaciones obtenidas por J. Figueroa (ref 5) fueron obtenidas de una red regional y utilizando mapas de isosistas, pensamos que son más confiables que las dadas por USGS.

Estos eventos tienen tanto epicentros como magnitudes y reportes de daños muy similares a los del evento de 1980, y podría ser incluso que las profundidades fueran menores que las reportadas. Una segunda revisión de los datos y registros históricos y una comparación detallada con el evento de 1980, el cual tiene una cobertura instrumental muy buena, podría dar una estimación mejor del riesgo sísmico en el área epicentral.

#### 4. ACELERACIONES DEL TERRENO

Juan M. Espinoza, Ignacio Mora, Luis Alonso

##### 4.1 Registros de SISMEEX

Durante el evento principal del 24 de octubre de 1980 se registraron aceleraciones en las estaciones Ciudad Universitaria, Hospital ABC, Viveros de Coyoacán, SAHOP y Puebla, Pue., de la red SISMEEX; en las figs 8 a 12 se muestran, en igual orden, las aceleraciones registradas durante el lapso, con duración entre 30 y 35 seg, en el que se presentó el movimiento más fuerte. En la tabla 6 se han resumido las aceleraciones máximas detectadas en cada estación de SISMEEX y los lapsos en que la aceleración supera  $0.01g^*$

En la fig 13 se muestra un registro aceleración-tiempo obtenido durante la segunda repetición (sismo B) de magnitud importante ( $M=5.0$ , J. Figueroa) en la estación de Puebla.

El procesamiento de las aceleraciones registradas en SISMEEX constó de los siguientes pasos:

- a) Las señales de cada estación se filtraron analógicamente con una frecuencia superior de corte de 15 Hz, antes de digitalizarlas automáticamente a 50 muestras por segundo.
- b) Se seleccionó para cada estación la parte de mayor intensidad, con el fin de minimizar el tiempo de computación necesario para las siguientes etapas.
- c) Se corrigió por línea base cada componente de aceleración empleando un filtro pasa-banda y el resultado se integró para obtener velocidad y desplazamiento; con este fin se utilizaron las subrutinas BAS y HPYSVD del procedimiento desarrollado en

Caltech (12). Una imperfección en la grabación original en cinta magnética impuso la necesidad de emplear frecuencias de corte relativamente bajas y aún así algunos acelerogramas muestran pulsos claramente espúreos, como por ejemplo en la fig 9). Los resultados obtenidos en esta etapa del procesamiento se muestran en las figs 8 a 12.

- d) Finalmente se calcularon los espectros de respuesta según el procedimiento  $\beta$  de Newmark ( $\beta = 1/6$ ), para los amortiguamientos 0,2,5,10 y 20 por ciento del crítico y una gama de periodos seleccionados de tal manera que se cubriera satisfactoriamente el intervalo de interés en ingeniería.

El registro que muestra en los desplazamientos frecuencias más altas, para componentes horizontales, es el de Viveros (en la zona de transición), lo cual es de interés ya que normalmente se supone que en terreno firme es donde debieran de presentarse, cosa que no sucede en el registro de CU o en el de Hospital ABC (ambos en zona de lomas).

Es importante destacar el nivel de las aceleraciones máximas en el Valle de México, ya que éstas apenas llegaron a  $0.05 g$ , y sin embargo el evento causó alarma relativamente generalizada entre la población.

##### 4.2 Acelerogramas obtenidos en aparatos autónomos

Además de SISMEEX, y en general por encargo de diversas entidades gubernamentales, el IdeI opera cerca de 30 acelerógrafos de registro fotográfico distribuidos en la zona de mayor actividad sísmica del país. Estos aparatos tienen por objeto obtener la historia de la aceleración del terreno durante sismos intensos e inician el

\*  $g$  = aceleración de la gravedad

registro automáticamente al sobrepasar la aceleración un nivel prefijado (ref 14).

En la fig 1 se muestra la localización de los aparatos que se activaron con este sismo, indicándose en los triángulos llenos (1 y 2) los arreglos de aparatos instalados en la Ciudad de México y el Lago de Texcoco, respectivamente. La disposición detallada de estos aparatos se muestra en la fig 2.

Las copias de las partes más importantes de los acelerogramas obtenidos se presentan en las figs 14 a 22; las características principales tomadas directamente de los registros se indican en la tabla 8, junto con las coordenadas geográficas de cada estación. Al comparar los valores de esta tabla con los correspondientes de la ref 2 se observa que las aceleraciones máximas registradas en la Ciudad de México no en todas partes fueron mayores que las producidas en los mismos sitios por el sismo del 14 de marzo de 1979. (El registro de la componente NS en la Alberca Olímpica presentó la más alta aceleración registrada en las estaciones autónomas del Valle de México).

Las aceleraciones máximas obtenidas en la Ciudad de Oaxaca, donde la componente E-W casi alcanza el 20 por ciento de la gravedad, son cuatro veces mayores que las obtenidas en la cortina de la presa Temascal, a pesar de que ambas estaciones se encuentran prácticamente a la misma distancia del epicentro (aprox 190 km). Resulta interesante además el hecho de que se hayan obtenido aceleraciones cercanas al 3 por ciento de la gravedad en el Complejo Industrial de Pajaritos, el cual se encuentra aproximadamente a 400 km del epicentro.

Debe señalarse que lamentablemente el acelerógrafo localizado en la presa Yosocuta, cerca de la ciudad de Huajuapán de León, fue retirado de su base para su re-

paración en el laboratorio del IdeI una semana antes del temblor. El único aparato instalado que no registró el sismo es el que se encuentra colocado en el piso 24 del edificio de Lotería Nacional, debido a fallas del cable de interconexión entre éste y el localizado en el sótano del mismo edificio que sirve de maestro y el cual sí operó. Ya se toman desde luego las medidas correctivas necesarias para evitar pérdidas similares.

## 5. ESPECTROS DE RESPUESTA

Jorge Prince, David Muriá, Luis Alonso

A diferencia de otros informes de la serie IPS del IdeI, en los que sólo se han incluido los espectros de respuesta para amortiguamiento nulo de los registros de aceleración de SISMEX, en el presente se ha optado por digitalizar un tramo relativamente corto de la historia de aceleración de terreno (entre 30 y 40 seg) y calcular los espectros de respuesta para diversos amortiguamientos. Este procedimiento tiene por objeto presentar espectros más útiles, puesto que los que se calculan sin amortiguamiento generalmente presentan demasiadas oscilaciones violentas y diferencias exageradas con respecto a las ordenadas espectrales para amortiguamientos pequeños. A continuación se presentan algunos comentarios iniciales sobre los espectros calculados.

En las figs 23 a, b y c se muestran los espectros obtenidos para las componentes N-S, EW y VERT, respectivamente, registradas en la estación de SISMEX en Cd. Universitaria. Como puede apreciarse en las figs 23 a, b, las ordenadas espectrales de aceleración para 0.05 del amortiguamiento crítico ( $\zeta = 0.05$ ) son moderadas para ambas componentes horizontales, aproximadamente entre 60 y 80 gals para periodos entre 0.1 y 1.0 seg.

Al comparar las ordenadas espectrales de aceleración absoluta ( $S_a$ ) y de velocidad relativa ( $S_v$ ) con las correspondientes del sismo de Petatlán, Guerrero, del 14 de marzo de 1979, se observa (para  $\zeta = 0$ ) que las  $S_a$  máximas para el sismo del 241080 son en términos generales aproximadamente el doble de las del sismo de Petatlán, y ocurre lo inverso para las ordenadas de  $S_v$  máximas de ambos sismos. Dado que los temblores en cuestión tuvieron magnitudes semejantes pero distancias y rumbos epicentrales muy diferentes, las diferencias anotadas explican parcialmente los diversos intervalos de periodo en que aparecen dichas ordenadas máximas para cada temblor.

La estación Hospital ABC de SISMEEX se encuentra en la zona de lomas del poniente de la Ciudad de México, en terreno relativamente firme, lo cual puede explicar en parte la importancia relativa de las ordenadas espectrales  $S_a$  para bajos periodos, menores que 0.2 seg, en las figs 24a, b y c. Esta característica se muestra con más claridad en la componente EW (fig 24b) que para  $\zeta = 0.10$  y periodo aproximado de 0.07 seg llega casi a 100 gals. Sin embargo, esto debe tomarse con reservas por pulsos obviamente espúreos que aparecen en el acelerograma correspondiente (fig 9b).

La estación Viveros se localizó en la zona de la ciudad cuyo subsuelo es clasificado como "de transición". En esta estación se registró la máxima aceleración detectada por las estaciones de SISMEEX en el Valle de México (ver tabla 6) y, asimismo, se obtuvieron las mayores ordenadas espectrales\* para dicha área. La ocurrencia de la aceleración máxima en la zona de transición se confirmó con los datos obtenidos mediante un

acelerógrafo autónomo (totalmente independiente de SISMEEX), que se opera en la Alberca Olímpica, (punto 3 de la fig 2). En ambas estaciones la aceleración máxima corresponde a la componente N-S.

Los espectros calculados para Viveros aparecen en las figs 25 a, b y c. Es de notarse que para  $\zeta$  de 0.05 a 0.10 y periodos de 0.2 a 1.0 seg, las ordenadas espectrales de aceleración son cercanas a 100 gals y del orden del doble para  $\zeta = 0.02$ .

Como puede apreciarse en las figs 11a y b, los acelerogramas de las componentes horizontales registradas en SAHOP están contaminadas por ruido asociado a una grabación defectuosa; los espectros de aceleración correspondientes (figs 26a y b) tienen picos notables en un intervalo relativamente amplio de periodos, por lo que en este caso es preferible formular comentarios en relación con los espectros de velocidad, que muestran máximos pronunciados en periodos cercanos a 2 seg, lo cual es más común para estaciones situadas en la zona de terreno compresible de México D.F. Si se comparan las ordenadas obtenidas de esta estación para el sismo de Petatlán del 140379 (ref 2) y para el sismo de Huajuapán del 241080, se observa que las correspondientes al primero son superiores por factores de 2 a 3 a las que se derivan del segundo, aun cuando este último ocurrió a mucho menor distancia (350 contra 180 km, aproximadamente).

En congruencia con una distancia epicentral mínima desde que en 1974 empezó a operar la estación en la ciudad de Puebla, para el temblor de Huajuapán se registraron aceleraciones horizontales y verticales máximas, mayores que las obtenidas en el pasado. De igual forma, las ordenadas de los espectros (figs 27 a y b) exceden por buen margen a todas las anteriores, supe-

\* $S_a$

rándose de dos a cuatro veces las calculadas para las componentes horizontales del sismo del 14 de marzo de 1979 en Petatlán. Para el temblor que nos ocupa, los valores de  $S_a$  para periodos de 0.1 a 0.5 seg y  $\zeta = 0.05$  se acercan a 0.20 g.

## 6. DANOS OBSERVADOS EN LA REGION EPICENTRAL

Enrique Mena

### 6.1 Descripción general

Durante el recorrido realizado por la región próxima al epicentro (ref 15) se observó que las principales poblaciones afectadas se localizaron en la zona limítrofe entre los estados de Puebla, Oaxaca y Guerrero, siendo las más afectadas Tehuiztingo, Acatlán y San Pedro Yeloixtlahuacán en el primero, Huajuapán de León y Santiago Juxtlahuaca en el segundo, y Xochihuehuetlán y Huamuxtitlán en el último. Otros poblados fueron reportados con daños, pero la severidad y proporción fueron menores que en los mencionados.

Los principales efectos del sismo se dejaron sentir en construcciones elaboradas con materiales de escasa resistencia y calidad, como adobe y piedra y lodo, y principalmente en aquellas en que las lluvias habían humedecido el material, reduciendo aún más su resistencia. Las fallas en estas edificaciones fueron desde grietas en uno o varios muros, hasta el colapso total.

En aquellas construcciones en que se emplearon cerramientos o dallas y castillos, los daños consistieron solo en grietas en los muros de adobe y, en muchos casos fueron nulos. También el empleo de un recubrimiento en los muros (chapeado), que evitara que el adobe se humedeciera, mejoró el comportamiento de este tipo de construcciones.

En casas con muros de tabique o tabicón, se observaron daños sólo cuando los muros no estaban confinados adecuadamente por dallas y castillos (fig 29).

Algunas estructuras de concreto reforzado de varios niveles sufrieron daños graves, varias de ellas con peligro de colapso y otras totalmente derrumbadas (fig 28), ocasionados por el empleo de concreto muy pobre y agregados de mala calidad y dimensiones exageradas (hasta 25 cm), o con deficiencias en el diseño, como falta de continuidad en elementos principales, la presencia de columnas cortas, falta de confinamiento en muros de carga y juntas constructivas defectuosas.

Prácticamente todas las iglesias de la zona fueron dañadas, con excepción de aquellas de reciente construcción; algunas, como la de Tehuiztingo, con posibilidades altas de colapso total.

Se observaron efectos locales producidos probablemente por suelos aluviales poco compactos (Acatlán, Pue), que ocasionaron que los daños se concentraran en la zona de rellenos. Sin embargo, no fue un fenómeno generalizado.

No se encontraron grietas en el terreno o deslizamientos importantes de taludes, con la salvedad de pequeños derrumbes en algunos cortes en carreteras o caminos, siendo el más importante el de la carretera Huajuapán-Tehuacán que, según varios periódicos (Excelsior, Noveidades, El Heraldillo), obstruyó el tráfico de vehículos por unos días.

No se detectaron daños en líneas eléctricas, y solo algunos leves en comunicaciones telefónicas, principalmente por daños en los edificios o casas que alojan las centrales. Las torres de transmisión o de micro-ondas, los patios de transformadores o de distribución visita-

dos no presentaban ningún efecto. Se obtuvieron informes del personal de CFE de que algunas líneas eléctricas aéreas habían sido afectadas por la caída de edificaciones contiguas, pero ninguna de importancia y fueron rápidamente reparadas.

El abastecimiento de agua, en los poblados que lo tenían, no se encontró interrumpido y, en la fecha de la visita, se encontraba en revisión para detectar posibles fallas en las tuberías de distribución.

## 6.2 Poblaciones más afectadas

Prácticamente todas las casas de adobe en el poblado de Tehuizingo fueron dañadas, varias de ellas con colapso total. En este lugar se encontraron afectadas las casas de tabique o tabicón cuyos muros no estaban adecuadamente confinados, cosa que no se observó en otros lugares como Huajuapán y Acatlán, con grietas en muros y colapsos parciales.

En Huajuapán de León también resultó dañado un alto porcentaje de casas de adobe y de las de piedra y lodo. El derrumbe del mercado viejo y del palacio Municipal construidos con estos materiales, ocasionó varios muertos.

Algunas estructuras híbridas (muros de adobe y otros de tabique o tabicón) presentaron daños graves por falta de continuidad de elementos que confinaban los muros.

En Huajuapán se observaron tres estructuras de concreto reforzado con fallas graves por columna corta (fig 30), con peligro de colapso; otra más por falta de continuidad de una columna en el segundo nivel y columnas cortas y una tercera que era originalmente de adobe de un nivel, a la que se le añadieron dos más de tabique y

cuyos castillos no se prolongaron a la planta baja. Se notó también la falta de continuidad en el refuerzo en juntas constructivas.

El edificio más alto de la ciudad de 5 niveles, de concreto reforzado con muros de tabique, no sufrió daños apreciables.

Se detectaron fallas por compresión en algunos castillos de estructuras de dos niveles, ocasionados por un concreto muy pobre, que se desmoronaba en las manos. La caída de marquesinas, pretilas, celosías y otros elementos no estructurales, ocasionaron varios heridos graves.

Comentarios adicionales merecen las escuelas y hospitales. El colapso total de la escuela San Pedro Yeloixtlahuacán (fig 31), con estructura de concreto reforzado de dos niveles con techo de bóveda catalana, puso en evidencia la existencia de graves defectos constructivos y de diseño, como el uso de agregados de hasta 20 ó 25 cm, la existencia de columnas cortas en todos los ejes y la falta de anclaje adecuado del refuerzo en las juntas trabe-columna. Este colapso ocasionó la muerte de varias personas, entre ellas dos alumnos, de acuerdo con los informes de personal de SAHOP en la zona.

La escuela en el poblado de Santiago Huajolotitlán, Oax. se encontró con falla incipiente en varias columnas, por problemas de columna corta.

Las escuelas visitadas con estructura metálica no tuvieron daños estructurales, y sólo en pocos casos presentaban vidrios rotos.

El hospital de Acatlán, Pue. de la Secretaría de Salud y Asistencia, resultó afectado en los muros, de tabique, y pequeñas grietas en castillos y dallas.

Desde el punto de vista de Ingeniería el efecto más importante fue el observado en la presa Yosocuta, localizada a unos 15 km de Huajuapán de León, en donde, según reportes de los ingenieros de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) las filtraciones se incrementaron de 2 a 3.5 litros/seg en la margen derecha y de menos de 1 a 2 litros/seg en la izquierda. Otras filtraciones, adicionales a las que ya existían, se observaron en el cuerpo de la presa, presentando una de ellas la salida de un pequeño chorro de agua. La evaluación de la importancia de los daños está a cargo de personal de la SARH.

En conclusión, los daños observados se concentraron en edificaciones con materiales de escasa resistencia y calidad, en estructuras con problemas de diseño y/o construcción evidentes, y en torres y naves de iglesias antiguas.

Debe destacarse el hecho de que dado el gran número de casas y estructuras dañadas, la pérdida de vidas fue relativamente reducida (37 personas según periódicos del DF), debido principalmente a que en el momento del sismo, gran parte de la población se encontraba fuera de las casas, realizando sus labores en el campo.

## 7. CONCLUSIONES

Jorge Prince, Luis Alonso

1. Se obtuvo una buena coincidencia en las determinaciones locales independientes del epicentro, a aproximadamente 185 km del D.F. Los datos reunidos indican que es más probable un foco a profundidad menor que 50 km.
2. La aceleración máxima horizontal registrada fue cercana a 190 gals y se obtuvo en Oaxaca, Oax., donde

el acelerograma tuvo una duración de 77 seg. En el D.F. la máxima aceleración horizontal se registró en la Alberca Olímpica (65 gals); los acelerogramas en la ciudad de México duraron desde 105 seg en Ciudad Universitaria hasta 361 seg en el Palacio de los Deportes; es decir en toda clase de terreno el movimiento perceptible duró más de un minuto.

3. Las mayores ordenadas epicentrales confiables de aceleración, derivadas de SISMEX, se obtuvieron en la estación Viveros (de Coyoacán), localizada en zona de subsuelo de transición. Esto deberá confirmarse con los de otros puntos de la ciudad donde se obtuvieron acelerogramas en aparatos autónomos.
4. El número de acelerógrafos con que se cuenta en el país por unidad de área de zona sísmica activa es sumamente reducido, y la relativa concentración de aparatos en obras de importancia disminuye aún más la densidad media real. Como consecuencia, sin un vigoroso plan de instrumentación sísmica a mediano plazo (por ejemplo, de 2 a 5 años) se perderán datos sísmicos sumamente valiosos para fines de ingeniería.

## 8. AGRADECIMIENTOS

La operación de los enlaces de radio de la red telemétrica de SISMEX es posible gracias al Centro de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones (CIDET) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a quien los autores agradecen su valiosa colaboración. Asimismo, desean hacer patente su reconocimiento al Centro de Servicios de Cómputo de la UNAM, por la eficiencia con que pudieron procesarse los datos de este informe en la computadora de ese Centro. Los Ings. Humberto Rodríguez, Gerardo Legaría y Alejandro Jiménez han brindado su apo

yo en numerosas ocasiones para la operación del equipo, al igual que los técnicos Humberto Hernández, Carlos Márquez y Marcos Moreno. A todos ellos se les agradece su esfuerzo, y a las Sritas. Marfa Alba Carrizoza y Clara Javier su entusiasta ayuda durante diversas etapas del procesamiento de datos.

El registro de sismos en unidades autónomas se debe al interés en el tema de la Comisión Federal de Electricidad, de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, de Petróleos Mexicanos, del Proyecto Texcoco de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y del Departamento del Distrito Federal.

#### 9. REFERENCIAS

1. Espinosa, J.M., Alonso, L., Mora, I., Cajiga, J. y Prince, J. "Informe preliminar sobre los sismos del 29 de noviembre de 1978 en el estado de Oaxaca", Instituto de Ingeniería, IPS-4, diciembre 8, 1978.
2. Alonso, L., Espinosa, J.M., Mora, I., Muriá, D., y Prince, J. "Informe preliminar sobre el sismo del 14 de marzo de 1979 cerca de la costa de Guerrero. Parte A", Instituto de Ingeniería, IPS-5A, marzo 20, 1979.
3. Lee, W.H.K. and Lahr, J.C. HYP071 (revised): "A program for determining hypocenter, magnitude and first motion pattern of local earthquakes", U.S. Geological Survey. Open file report 75-311, 1978.
4. Castro, R. "Un modelo de la corteza terrestre para el sur de México mediante el uso de sismos profundos", Facultad de Ingeniería, UNAM. Tesis profesional, 1980.
5. Figueroa, J. "Sismicidad en Oaxaca", Instituto de Ingeniería, UNAM. Informe 360, 1975.
6. Ponce, L. Comunicación personal, 1980.
7. Jeffreys, H. and Bullen, K.E. "Seismological Tables". British Association, London, 1967.
8. Mota, R. Comunicación personal, 1980.
9. Dean, B.W. and Drakes, Ch. H. "Focal mechanism solutions and tectonics of the Middle America Arc", J. Geol., V 86, pp 111-128, 1978.
10. Singh, S.K., Guzmán, M., Castro, R. y Novelo, D. "A catalog of major nineteenth century earthquakes of Mexico", Bull. Seism. Soc. Am., submitted.
11. Orozco y Berra, J., "Efemérides Sismicas Mexicanas". Mem. Soc. Cientif. Antonio Alzate 1, 305-637, 1887-88.
12. Trifunac, M.D. y Lee, V. "Routine computer processing of strong-motion accelerogramas", Cal. Inst. of Tech. EERL73-03, 1973.
13. Espinosa, J.M. "Sistema de información sismotelemétrica de México". V Congreso Nacional de Ingeniería Sismica, SMIS, Guadalajara, Jal., 1979.
14. Mora, I., Muriá, D. y Frontana, B. "Acelerógrafos a cargo del Instituto de Ingeniería. Características y algunos resultados". V Congreso Nacional de Ingeniería Sismica, SMIS, Guadalajara, Jal., 1979.
15. Varios autores, "Reporte de daños observados en la región epicentral del sismo de Huajuapán, Octubre 24 de 1980". Instituto de Ingeniería, UNAM. En preparación.

T A B L A 1

CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES SISMOMETRICAS DE SISMEX							
Lugar	Clave	Coordenadas		Altitud en m	Componentes	Periodo en seg	Amplificación
		N	W				
Sta Rita Coyotepec, Mex.	IIC	19.767°	99.258°	2 725	vert	1	56 000
Ciudad Universitaria, D. F.	IIM	19.326°	99.182°	2 275	vert	1	3 000
El Pino, Texcoco, Mex	IIP	19.347°	99.917°	2 650	vert	1	15 000
Tonantzintla, Pue.	IIT	19.021°	98.308°	2 205	vert	1	30 000
Cerro Tuxpan, Iguala, Gro	III	18.376°	99.468°	1 750	vert	1	15 000

CARACTERISTICAS DE LAS ESTACIONES ACELEROMETRICAS DE SISMEX					
Lugar	Coordenadas		Altitud en m	Componentes	Sensibilidad (escala completa)
	N	W			
Ciudad Universitaria, D. F.	19.326°	99.182°	2 275	N-S, vert y E-W	1.0,0.1 y 0.01 g
Hospital ABC, D. F.	19.399°	99.205°	2 380	N-S, vert y E-W	1.0,0.1 y 0.01 g
Puebla, Pue.	19.043°	98.211°	2 155	N-S, vert y E-W	1.0,0.1 y 0.01 g
SAHOP, México D. F.	19.393°	99.147°	2 246	N-S, vert y E-W	1.0,0.1 y 0.01 g
Viveros, Coyoacan, D. F.	19.357°	99.170°	2 247	N-S, vert y E-W	0.1 y 0.01 g

TABLA 2. TIEMPOS DE P EN LAS ESTACIONES DE LA RED SISMEX

Estación	S i s m o		
	Principal	Repetición A	Repetición B
Tonantzintla, Pue.	298:14:53:52.7*	298:17:16:43.8	299:02:57:55.0
Tuxpan, Gro.	298:14:53:54.5	298:17:16:45.8	299:02:57:57.7
El Pino, Edo. de Mex.	298:14:53:59.5	298:17:16:50.8	299:02:58:02.3
Cd. Universitaria, DF	298:14:54:00.8	298:17:16:52.2	299:02:58:03.9
Sta. Rita, Edo. de Mex	298:14:54:06.0	298:17:16:57.2	299:02:58:09.0
DIFERENCIAS CON RESPECTO AL PRIMER ARRIBO			
Tonantzintla, Pue.	0	0	0
Tuxpan, Gro.	1.8	2.0	2.2
El Pino, Edo. de Mex.	6.8	7.0	7.3
Cd. Universitaria, DF	8.1	8.4	8.9
Sta. Rita Edo. de Mex	13.3	13.4	14.0

Notas: \* día del año; hora; mín; seg.

El 241080 la corrección para los tiempos anotados era:

$$GMT = T \text{ de SISMEX} - (120 \pm 5 \text{ mseg})$$

TABLA 3

DISTANCIAS EPICENTRALES Y RUMBOS A POBLACIONES Y SITIOS DE IMPORTANCIA. (Orden según primera columna)

LUGAR	EPICENTRO A PUNTO DE OBSERVACION			
	J. Figueroa*		USGS	
	RUMBO	DISTANCIA (km)	RUMBO	DISTANCIA (km)
Acatlán, Pue.	N41E	29	S14E	27
Huajuapán de León, Oax.	S69E	57	S31E	81
Izúcar, Pue.	N22W	72	N66W	42
Tehuacán, Pue.	N61E	103	N88E	76
Puebla, Pue.	N01E	116	N10W	68
Cd. Serdán, Pue.	N38E	137	N51E	92
Chilpancingo, Gro.	S71W	143	S57W	177
Iguala, Gro.	N75W	144	S86W	151
Cuernavaca, Mor	N48W	147	N67W	130
Orizaba, Ver.	N53E	152	N68E	116
Córdoba, Ver.	N55E	169	N69E	134
Cd. Universitaria, DF.	N36W	178	N50W	150
Ciudad de México	N32W	179	N40W	149
Pinotepa Nacional, Oax.	N35W	188	N49W	157
Oaxaca, Oax.	S07E	189	S03E	237
Temascal, Oax.	S59E	189	S46W	210
Acapulco, Gro.	N83E	196	S83E	183
Jalapa, Ver.	S56W	218	S49W	259
Soledad, Pue.**	N41E	219	N48E	174
Veracruz, Ver.	N22E	226	N24E	177
Cd. Altamirano, Gro.	N60E	258	N69E	224
Puerto Escondido, Oax.	N82W	260	S88W	269
Laguna Verde, Ver.	S28E	267	S21E	307
Poza Rica, Ver.	N47E	268	N54E	226
El Infiernillo, Mich.**	N13E	290	N13E	240
Minatitlán, Ver.	N86W	389	S87W	400
Pajaritos, Ver.	S90E	390	S83E	380
Sicartsa, Mich.	N88E	406	S87E	394
La Villita, Mich.**	S90W	418	S83W	433
Apatzingán, Mich.	N90W	421	S84W	435
Malpaso, Chis.**	N75W	451	N81W	452
Chicoasén, Chis.**	S80E	501	S74E	499
Tuxtla Gtz, Chis.	S78E	557	S73E	556
La Angostura, Chis.**	S76E	559	S71E	560
Guadalajara, Jal.	S74E	610	S70E	613
	N63W	617	N67W	606

\* El epicentro de J. Havskov difiere del de J. Figueroa en 8.5 km por lo que las distancias consignadas son semejantes.

\*\* Presa de almacenamiento

TABLA 4. DATOS DE LAS ESTACIONES EMPLEADAS PARA LA DETERMINACION HIPOCENTRAL

Nombre de la Estación	Clave	Lat N	Lon W	Altura (m)
Santa Rita, Coyotepec, Méx.*	IIC	19.767	99.258	2727
Instituto de Ingeniería, UNAM*	IIM	19.326	99.182	2275
El Pino, Texcoco, Méx.*	IIP	19.347	98.917	2650
Cerro de Tuxpan, Iguala, Gro.*	III	18.376	99.468	1750
Tonantzintla, Pue.*	IIT	19.021	98.308	2205
Chicoasén, Chis.	CSN	16.969	93.108	320
Ocozocuaula, Chis.	OZC	16.785	93.373	864
Chiapa de Corzo, Chis.	CZC	16.712	93.020	418
Norte, Chis.	1	17.045	93.115	1260
Central, Chis.	5	16.817	93.119	1300
Las Plumas, Chis.	6	16.958	93.226	1700
Tecpatán, Chis.	TPN	17.133	93.295	471
Veracruz, Ver. +	VCM	19.200	96.138	2
Oaxaca, Oax.+	OAX	17.020	96.763	1200
Puebla, Pue.*	PUE	19.043	98.212	2155
Cerrillo, México**	CRX	19.406	99.680	2560
Tulancingo, Hidalgo**	TLX	20.038	98.436	2250
Pasadena, E.U	PAS	34.150	118.157	--
Edmonton, Canada	EDM	53.223	133.348	730

\* SISMEC

+ Servicio Sismológico Nacional

\*\* RESMAC

TABLA 5. LECTURAS Y RESULTADOS OBTENIDOS  
EN EL CALCULO DE EPICENTROS

5 A PROFUNDIDAD LIBRE = 12 km

EST	Δ	P-seg	S-seg	Pol	AZM	AIN	P-res	S-res	P-wt	S-wt
IIT	115	52.42	--	D	1	61	0.03	--	1.49	--
PUE	118	53.20	68.10	-	6	61	0.39	0.14	1.46	1.49
III	129	54.18	--	C	290	61	-0.25	--	1.47	--
IIP	163	59.32	--	D	337	53	0.14	--	1.49	--
IIM	174	60.70	81.20	D	329	53	0.11	-0.59	1.49	1.38
OAX	197	64.00	--	C	123	53	0.41	--	1.44	--
CRX	213	66.15	91.20	C	318	48	0.60	0.57	1.38	1.38
IIC	221	65.79	--	D	333	48	-0.70	--	1.30	--
TLX	228	66.90	--	D	357	48	-0.45	--	1.44	--
VCM	267	72.0	--	C	60	48	-0.12	--	1.49	--
TPN	542	105.5	--	-	100	47	-0.21	--	0.29	--
OZC	542	104.5	--	-	104	47	-0.86	--	0.22	--
6	553	106.1	--	C	102	47	-0.54	--	0.22	--
1	563	107.1	--	C	101	47	-0.70	--	0.16	--
CSN	565	107.75	--	-	101	47	-0.34	--	0.17	--
5	568	108.00	--	C	103	47	-0.42	--	0.16	--
CZC	581	110.5	--	-	104	47	0.49	--	0.09	--
PAS	2700	--	--	D	316	32	--	--	--	--
EDM	4100	--	--	D	345	27	--	--	--	--

EST\* = Nombre de la estación  
 Δ = Distancia epicentral (km)  
 P-seg = Tiempo de arribo de la onda P (seg)  
 S-seg = Tiempo de arribo de la onda S (seg)  
 Pol = Polaridad del primer movimiento (C=compresión y D=dilatación)  
 AZM = Azimut  
 AIN = Angulo de emergencia en el foco (de la vertical al rayo)  
 P-res = Residual del tiempo de P (seg)  
 P-wt = Peso para P  
 S-wt = Peso para S

TABLA 5. LECTURAS Y RESULTADOS OBTENIDOS  
EN EL CALCULO DE EPICENTROS

5. B PROFUNDIDAD FIJA = 100 km

EST	Δ	P-seg	S-seg	Pol	AZM	AIN	P-res	S-res	P-wt	S-wt
IIT	104	52.42	--	D	357	129	-1.65	--	1.41	--
PUE	106	53.20	68.2	-	3	128	-1.10	-1.33	1.46	1.44
III	132	54.18	--	C	284	122	-2.65	--	1.08	--
IIP	156	59.32	--	D	334	117	-0.07	--	1.49	--
IIM	169	60.70	81.3	D	325	115	-0.03	0.33	1.49	1.49
OAX	198	64.00	--	C	127	111	0.06	--	1.49	--
CRX	210	66.15	91.2	C	314	109	0.84	2.16	1.47	1.25
IIC	214	65.79	--	D	331	109	-0.03	--	1.49	--
TLX	217	66.9	--	D	355	109	0.72	--	1.47	--
VCM	256	62.0	--	C	61	105	1.38	--	1.44	--
TPN	537	105.5	--	-	101	96	1.49	--	0.30	--
OZC	539	104.5	--	-	105	96	0.32	--	0.30	--
6	549	106.1	--	C	103	96	0.71	--	0.25	--
1	558	107.1	--	C	102	96	0.61	--	0.21	--
CSN	561	107.75	--	-	103	96	0.92	--	0.19	--
5	564	108.00	--	C	104	96	0.80	--	0.18	--
CZC	577	110.5	--	-	105	96	1.73	--	0.11	--
PAS	2700	--	--	D	316	46	--	--	--	--
EDM	4100	--	--	D	345	39	--	--	--	--

EST\* = Nombre de la estación  
 Δ = Distancia epicentral (km)  
 P-seg = Tiempo de arribo de la onda P (seg)  
 S-seg = Tiempo de arribo de la onda S (seg)  
 Pol = Polaridad del primer movimiento (C=compresión y D=dilatación)  
 AZM = Azimut  
 AIN = Angulo de emergencia en el foco (de la vertical al rayo)  
 P-res = Residual del tiempo de P (seg)  
 P-wt = Peso para P  
 S-wt = Peso para S

TABLA 6. SISMO DEL 241080. ACELERACIONES MAXIMAS EN SISMEX

Estación	Comp	Aceleración máxima (gals*)	Lapso muestreado (seg)	No. Cambios de signo
Cd. Universitaria	NS	25	30	198
	V	12	30	275
	EW	23	30	237
Hospital ABC	NS	19	35	280
	V	9	35	375
	EW	16	35	298
Viveros	NS	47	30	134
	V	19	25	210
	EW	42	30	138
SAHOP	NS	34	30	79
	V	14	--	--
	EW	17	30	126
Puebla, Pue.	NS	82	30	256
	V	25	--	--
	EW	68	30	286

\*1 gal = 1 cm/seg<sup>2</sup>

TABLA 7. PARAMETROS EMPLEADOS EN LA CORRECCION PRELIMINAR DE LINEA BASE.

Estación		$\Delta t$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	Tiempo digitalizado (seg)
C.U.	E W	0.02	0.17	0.20	15	17	30
	VERT	0.02	0.17	0.20	15	17	30
	N S	0.02	0.17	0.20	15	17	30
Hospital ABC	E W	0.02	0.14	0.17	15	17	35
	VERT	0.02	0.17	0.20	15	17	35
	N S	0.02	0.17	0.20	15	17	35
Viveros	E W	0.02	0.14	0.17	8	10	30
	VERT	0.02	0.14	0.17	8	10	25
	N S	0.02	0.14	0.17	8	10	30
SAHOP	E W	0.02	0.14	0.17	8	10	30
	VERT	--	--	--	--	--	--
	N S	0.02	0.14	0.17	8	10	30
Puebla	E W	0.02	0.21	0.24	15	17	30
	VERT	--	--	--	--	--	--
	N S	0.02	0.21	0.24	15	17	30

Nota:

El uso del filtro limita la validez del espectro de respuesta a periodos aproximadamente iguales al recíproco de  $f_2$

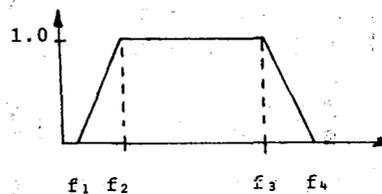


TABLA 8. SISMO DEL 241080. ACELERACIONES MAXIMAS Y DURACION DE LOS ACELEROGRAMAS OBTENIDOS EN APARATOS DE REGISTRO AUTONOMO.

LUGAR	Tipo Aparato	Coordenadas		Compo- nentes	Acel. Máx. (gals)	Duración (seg)	Ver la fig.
		Lat N	Lon W				
Ciudad Universitaria	AR-240	19.33	99.18	N-S VERT E-W	33 20 31	105	14
Alberca Olimpica	AR-240	19.35	99.15	N-S VERT E-W	65 15 39	241	15
Palacio de los Deportes	AR-240	19.41	99.08	N-S VERT E-W	15 8 10	361	16
Lotería Nacional (Cimentación)	SMA-1	19.42	99.14	N-S VERT E-W	29 13 33	240	17
Nonoalco D.F. (Edif. Atizapán)	SMA-1	19.45	99.14	N-S VERT E-W	52 20 42	269	17
Centro Lago	SMA-1	19.48	98.99	N-S VERT E-W	42 21 47	367	18
Chimalhuacán	SMA-1	19.43	98.95	N-S VERT E-W	31 21 36	174	18
Sosa Texcoco	SMA-1	19.58	99.01	N-E VERT E-W	41 10 31	248	19
Parque Nal. Contador	SMA-1	19.55	98.94	N-S VERT E-W	36 10 21	188	19
Laguna Verde	SMA-1	19.68	96.40	N-S VERT E-W	16 10 10	34	20
Temascal	SMA-1	18.24	96.39	N40°W VERT S50°E	42 26 52	26	20
Oaxaca	SMA-1	17.09	96.72	N-S VERT E-W	120 83 192	77	21
Complejo industrial Pajaritos	RFT-250	18.11	94.39	N-S VERT E-W	26 11 28	92	21
Refinería Minatitlán	RFT-250	17.98	94.54	N-S VERT E-W	13 10 11	50*	22
Acapulco SAHOP	SMA-1	16.85	99.89	N-S VERT E-W	21 11 26	30	22

## NOTAS:

\*1. Se le acabó la película

2. No registraron: a) Lotería Nacional piso 24 por falla en la interconexión  
b) Presa Yosocuta. Se retiró aparato para reparación en el Idei el 171080.

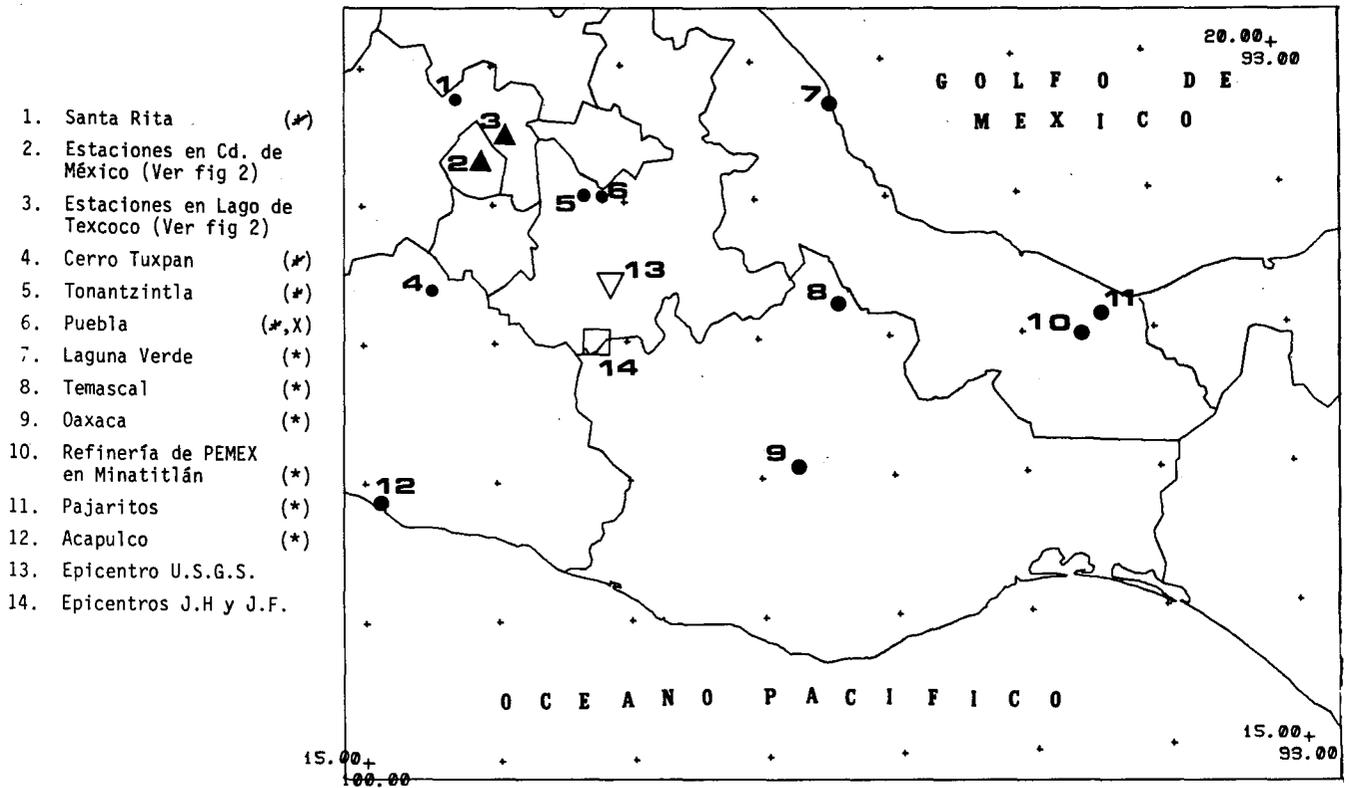


Fig 1 Epicentros, sismómetros (\*) y acelerómetros (X) de SISMEY y acelerógrafos autónomos (\*) que registraron el sismo del 241080.

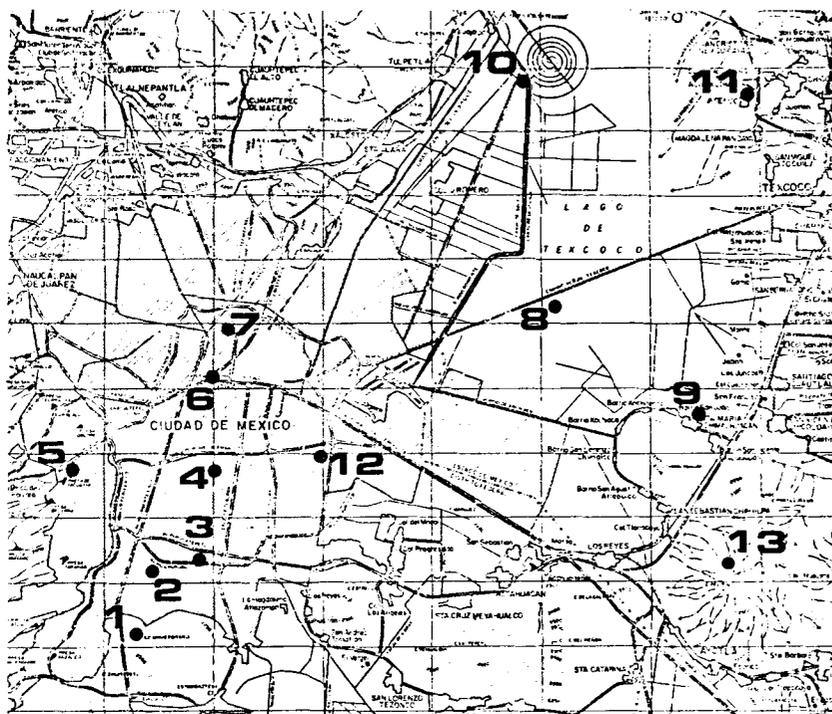


Fig 2 Sismómetros (+) y acelerómetros (X) de SISMEY y acelerógrafos autónomos (\*) que registraron el sismo del 241080 en la ciudad y valle de México.

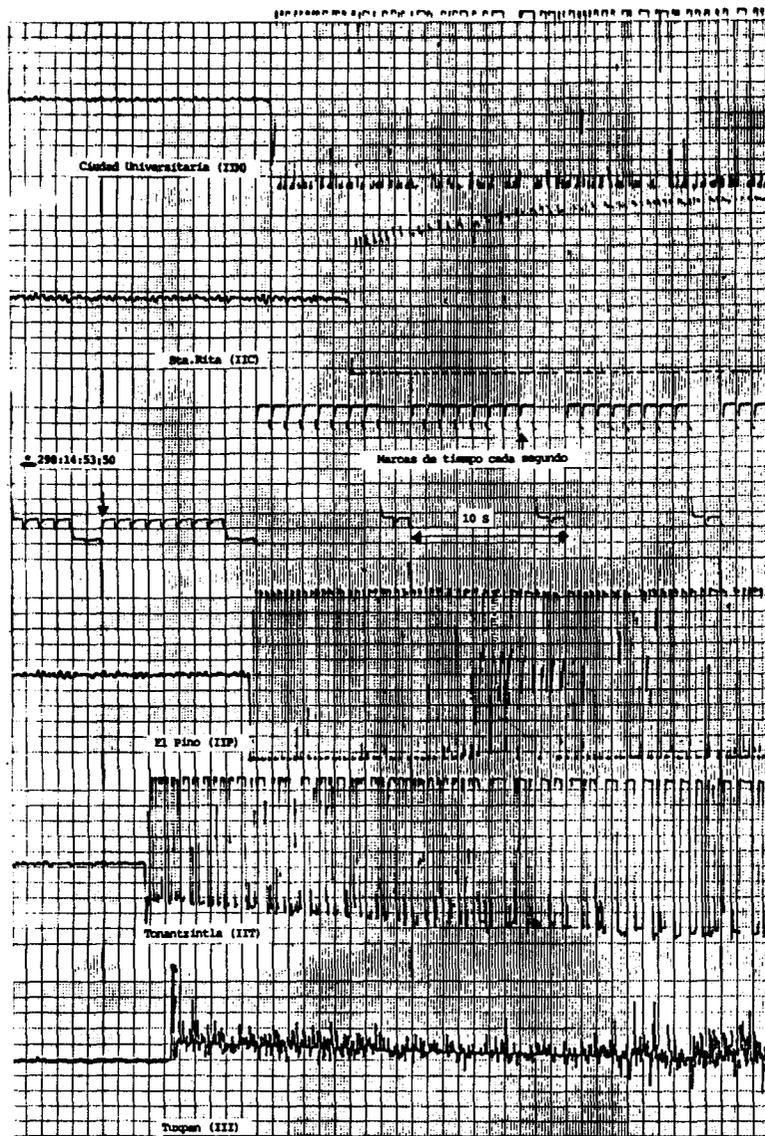


Fig. 3 Inicio del sismo principal del 241080 en las estaciones  
 sismométricas de SISMEX  
 ± (= GMT + 120 msec)

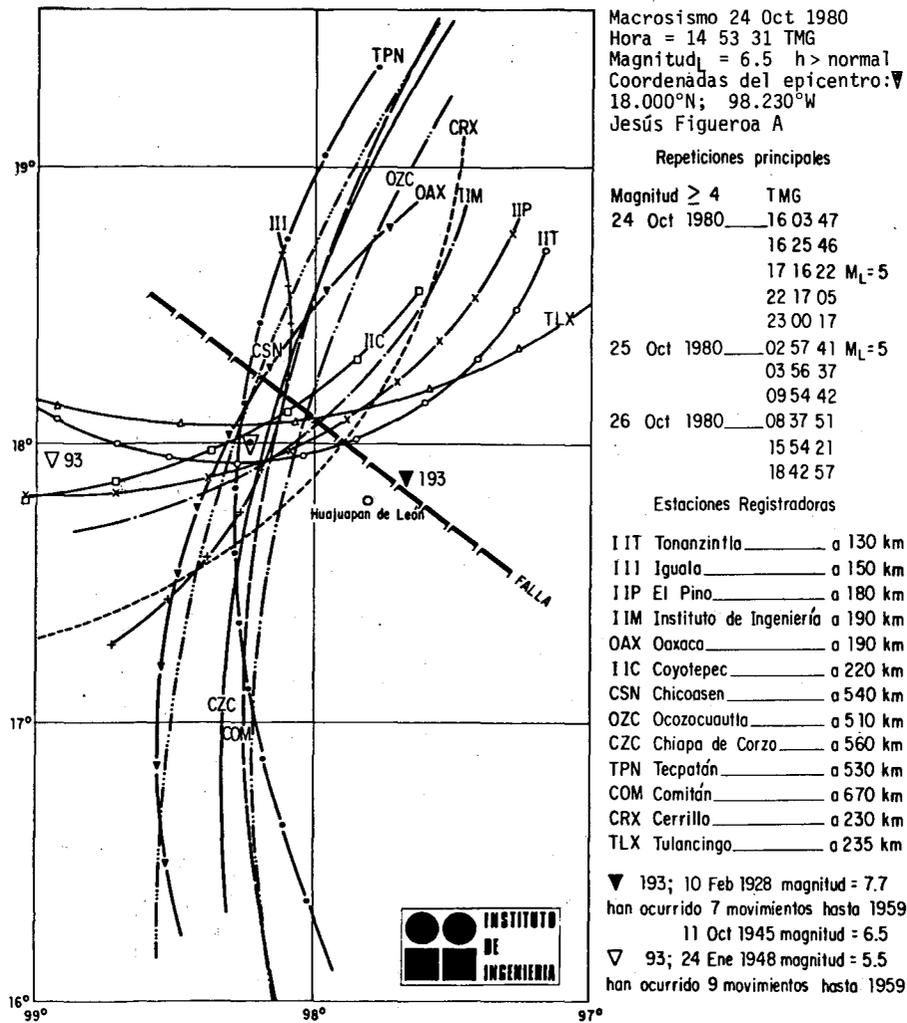


Fig 4 Intersecciones de las distancias epicentrales

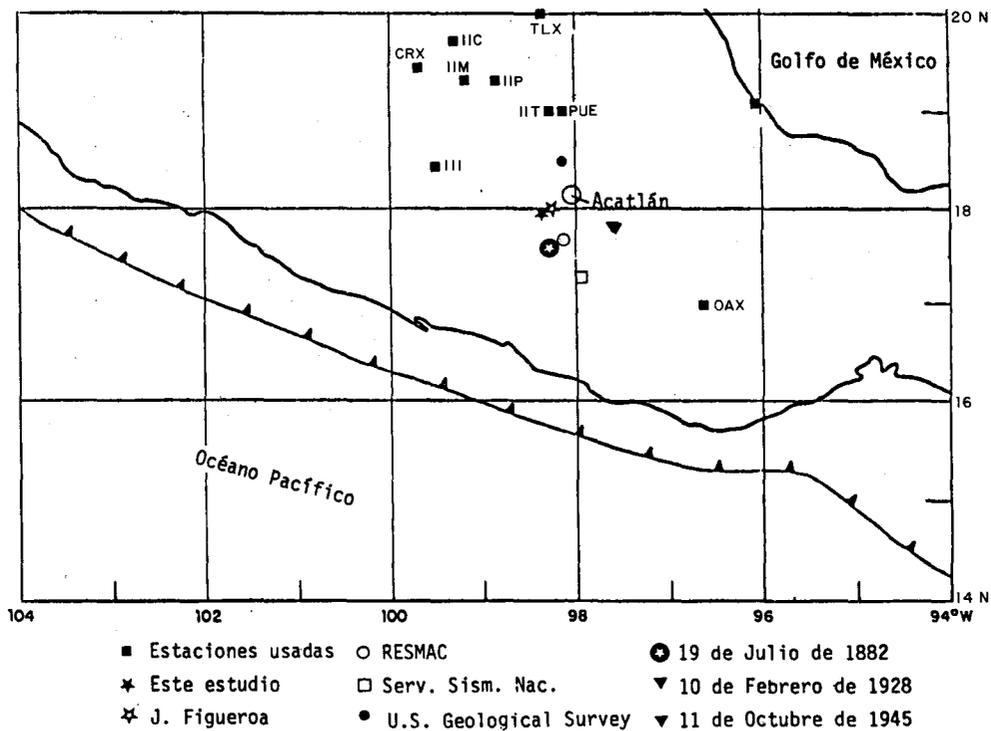


Fig 5. Localización de estaciones y epicentros

tiempo de arribo de P (seg)

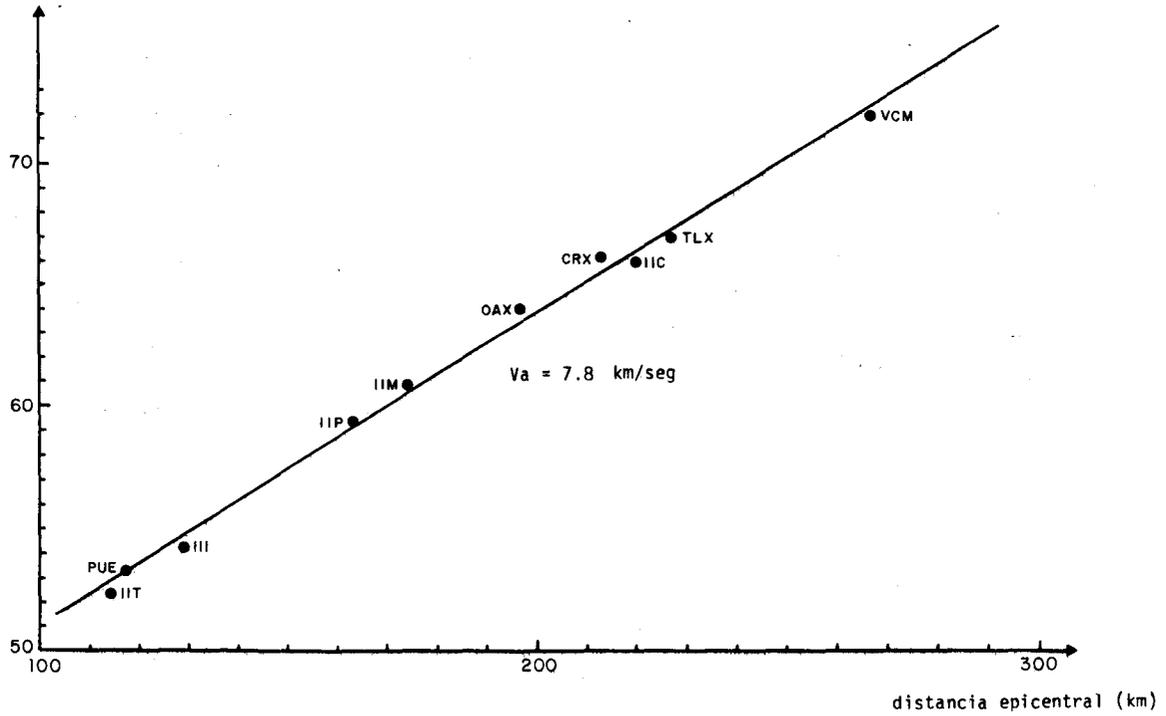


Fig 6 Tiempo de arribo de P vs distancia epicentral usando los focos someros de este estudio.

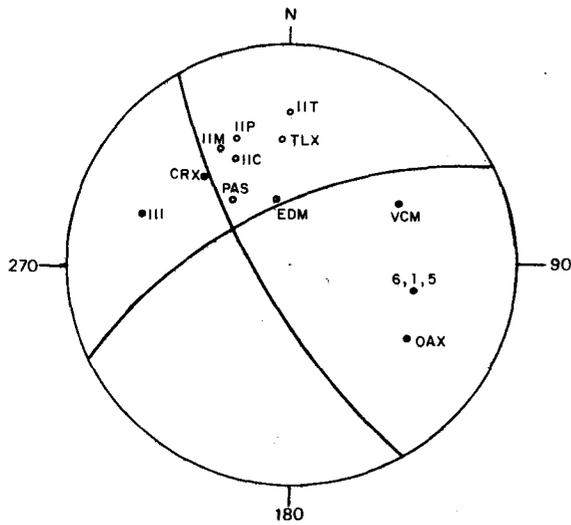


Fig 7a Solución del plano de falla asumiendo una profundidad de 12 km.

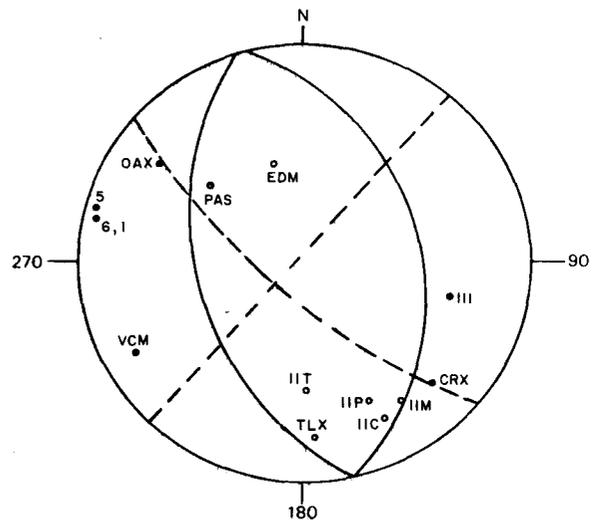


Fig 7b Solución del plano de falla para una profundidad de 100 km.

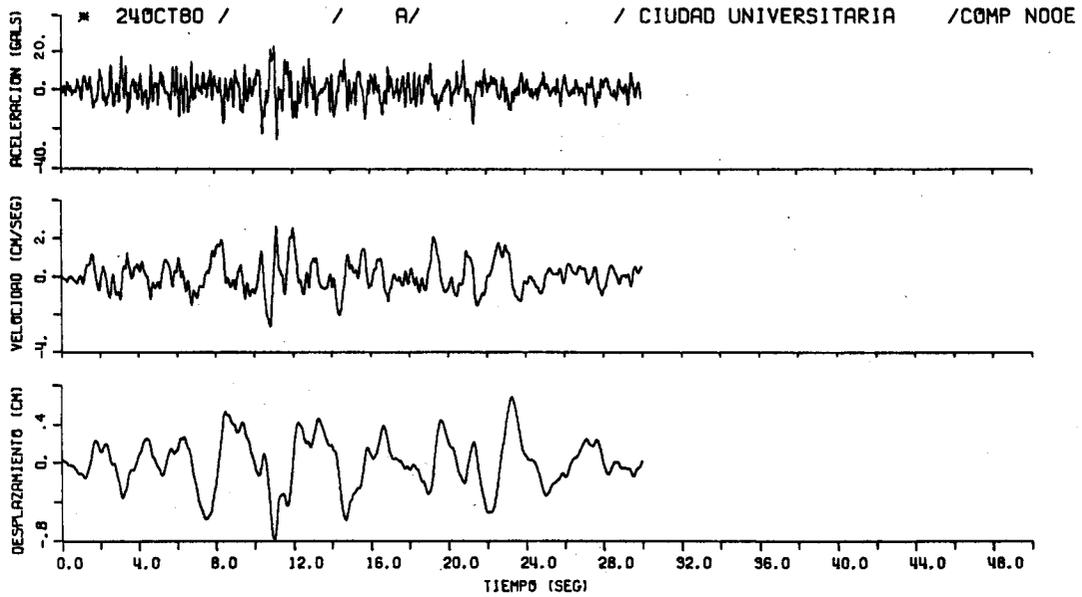


Fig. 8a

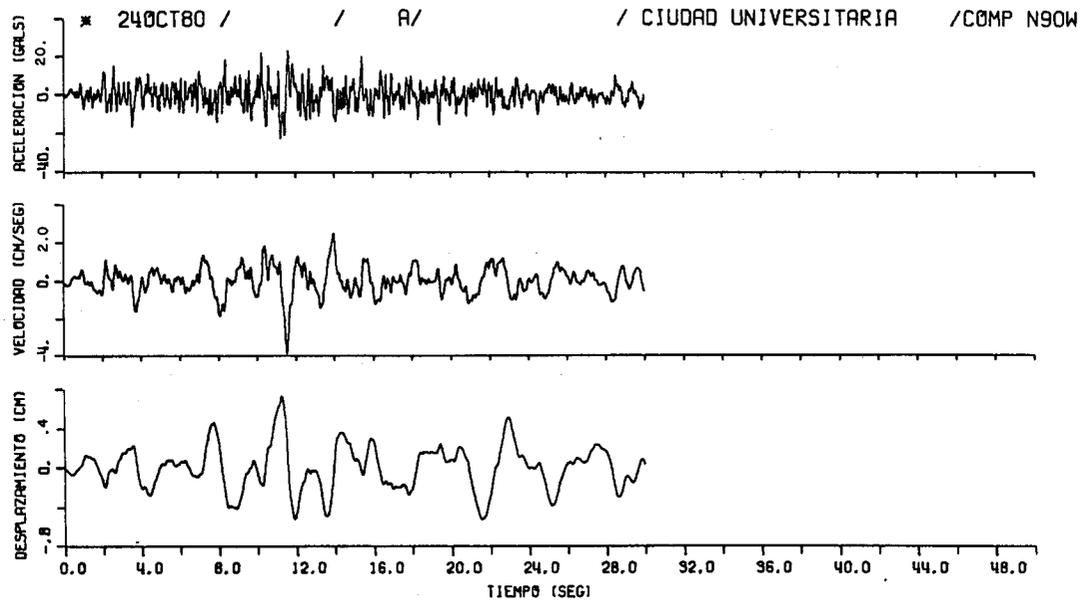


Fig. 8b

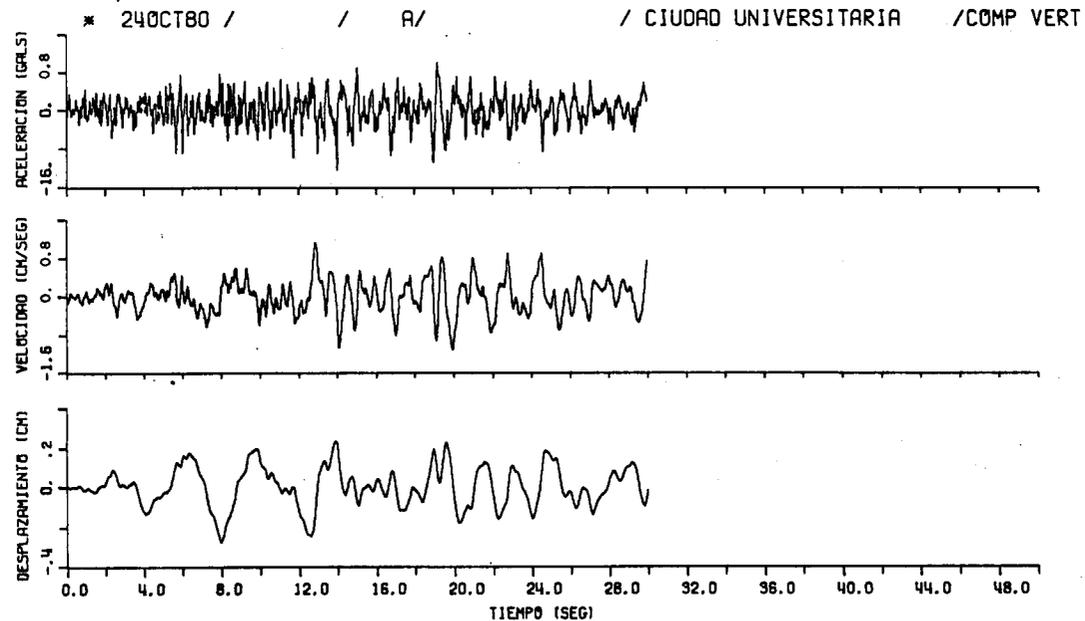


Fig. 8c

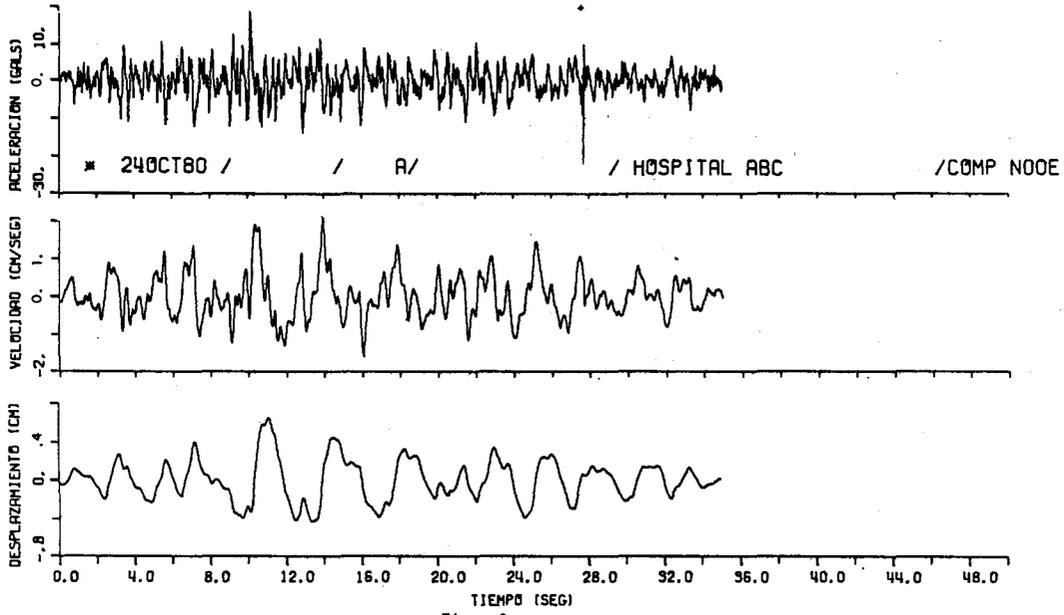


Fig. 9a

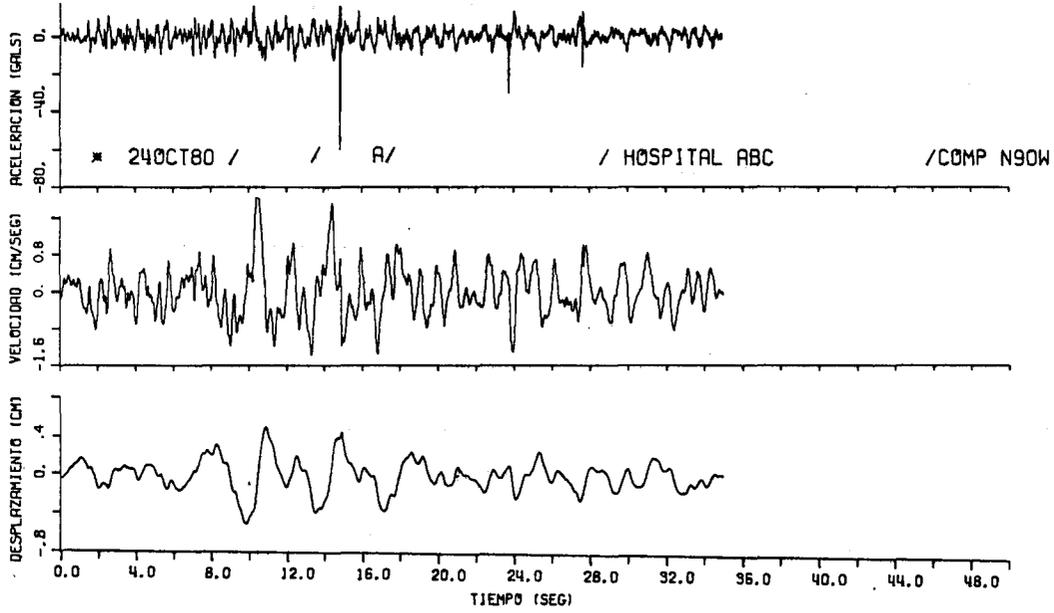


Fig. 9b

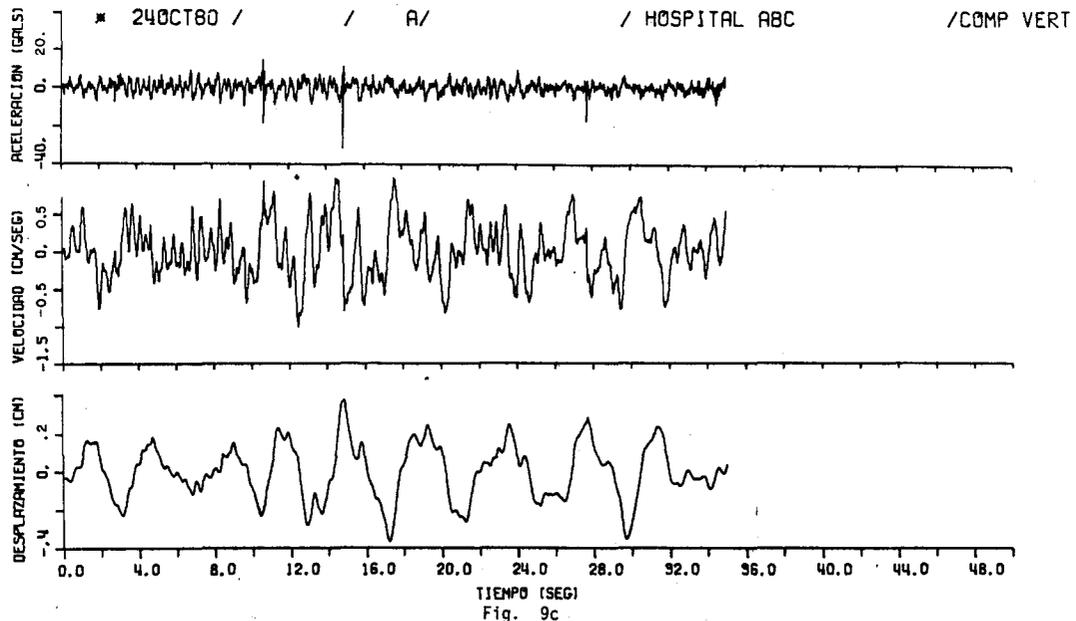


Fig. 9c

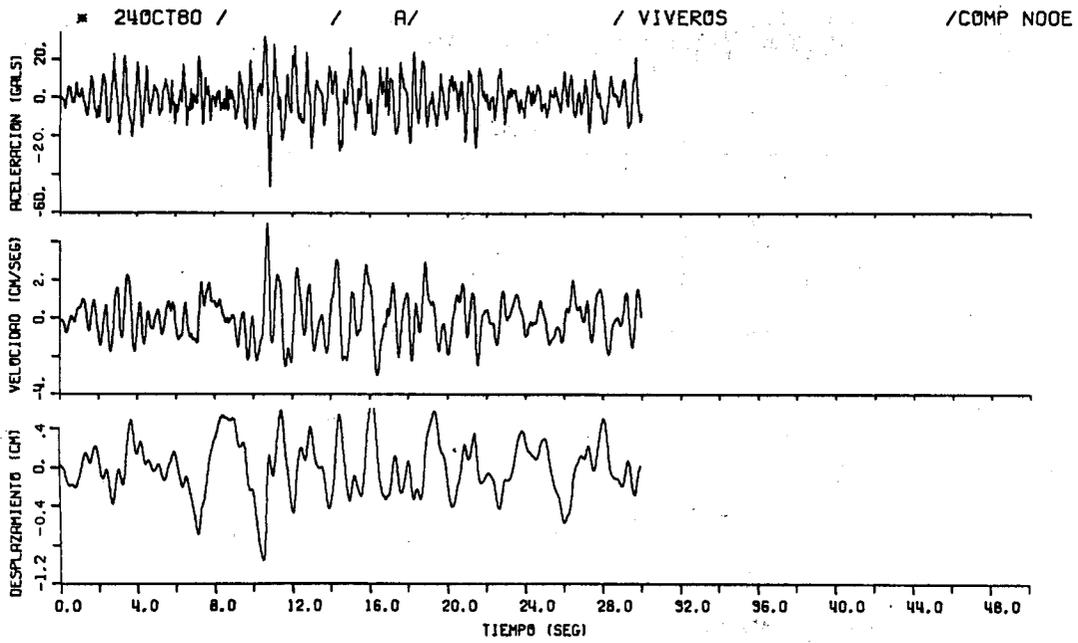


Fig. 10a

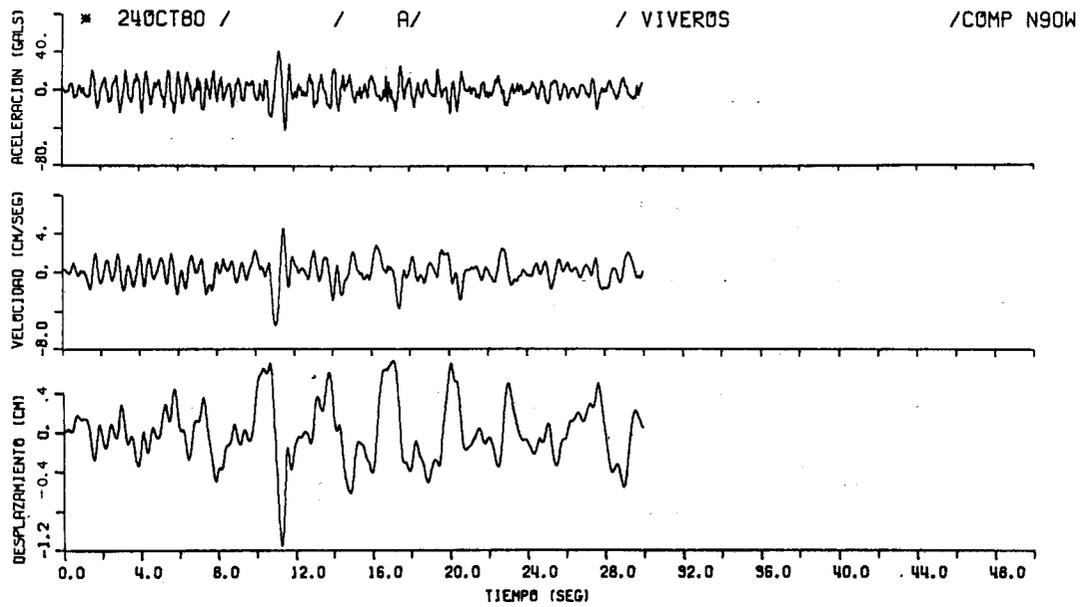


Fig. 10b

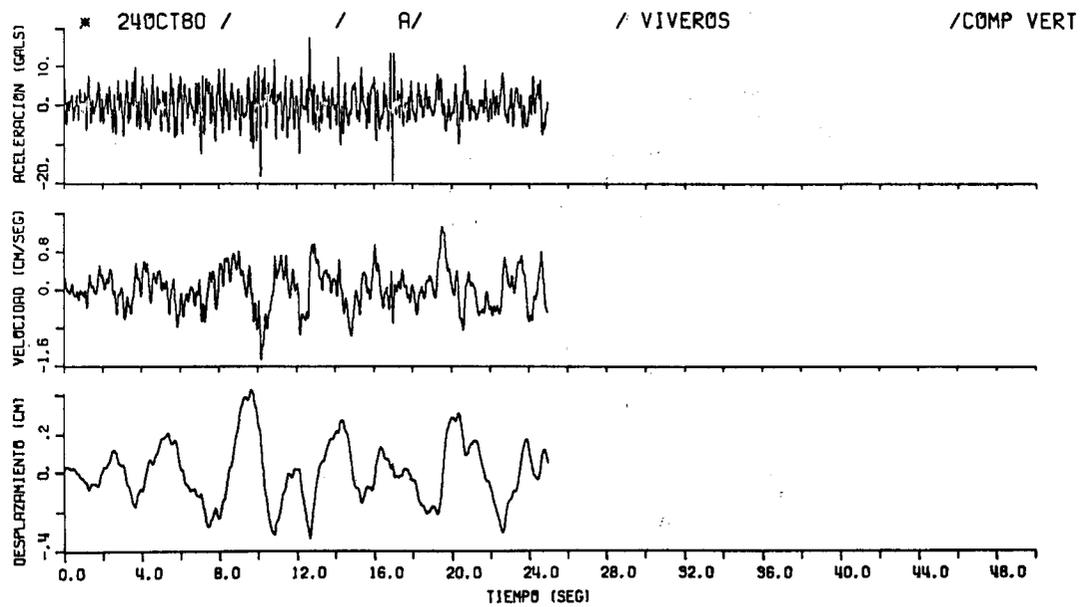


Fig. 10c

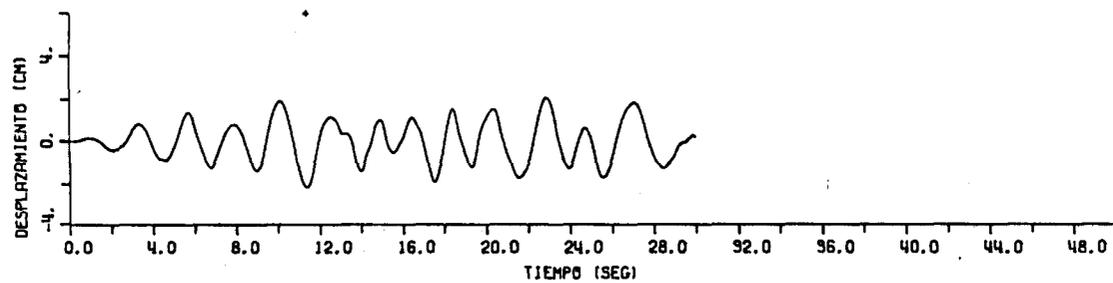
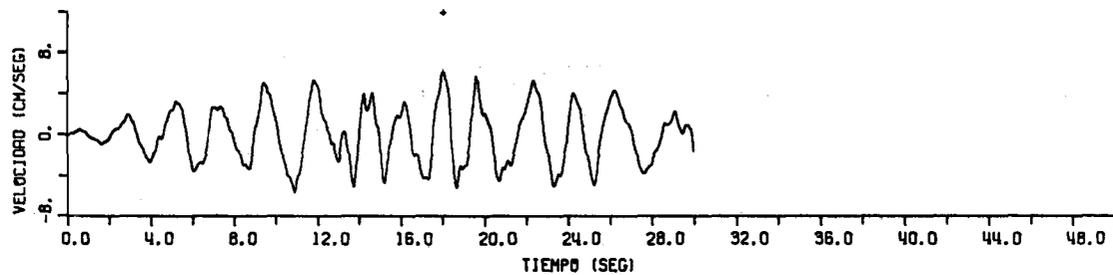
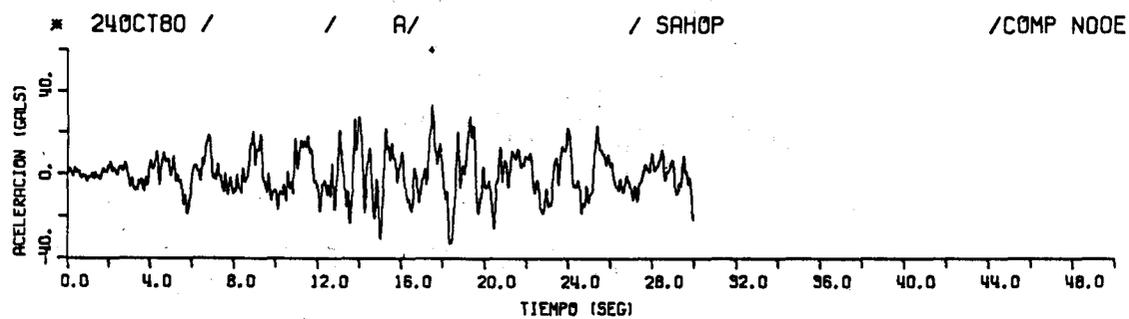


Fig. 11a

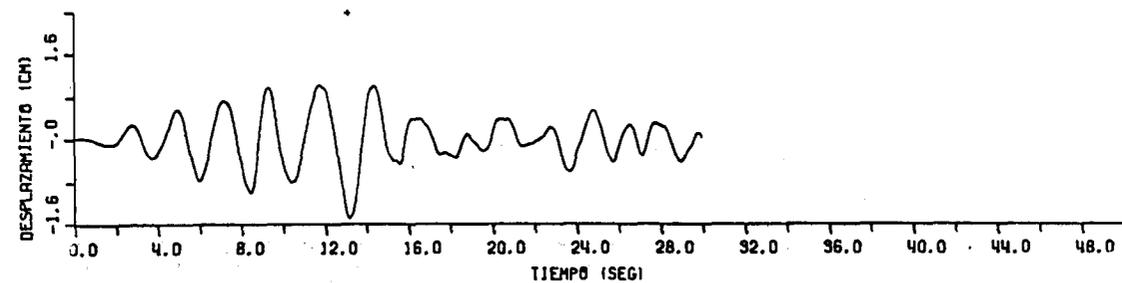
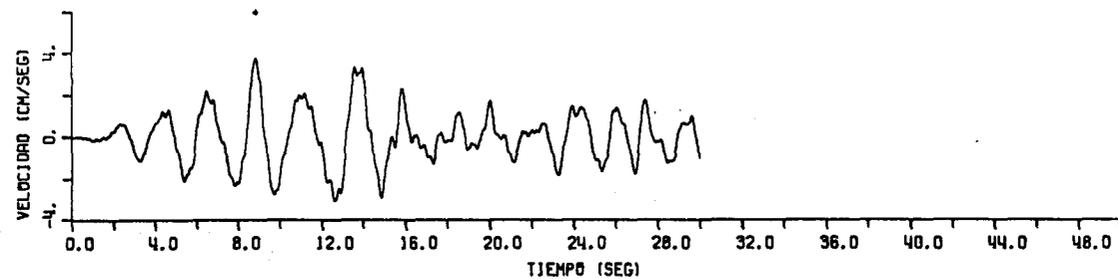
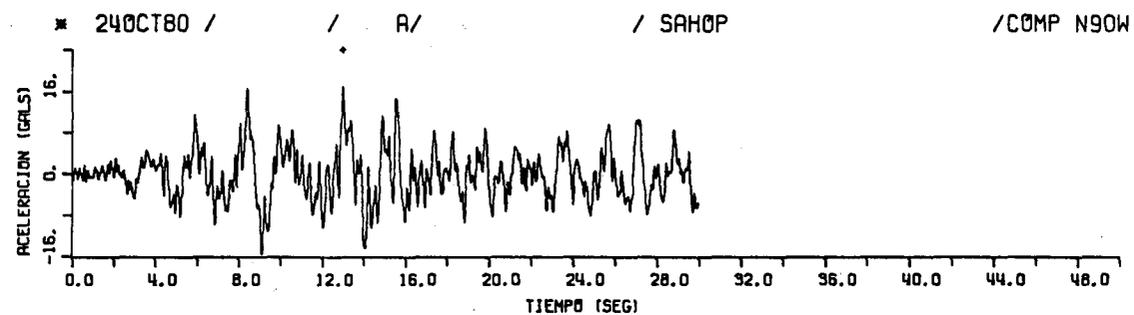


Fig. 11b

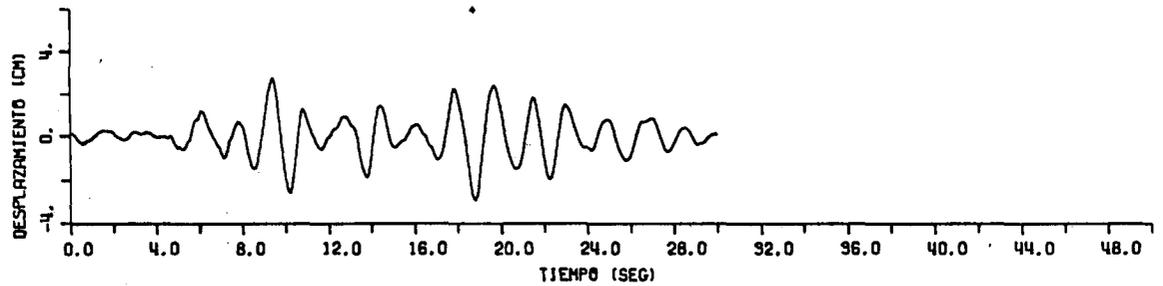
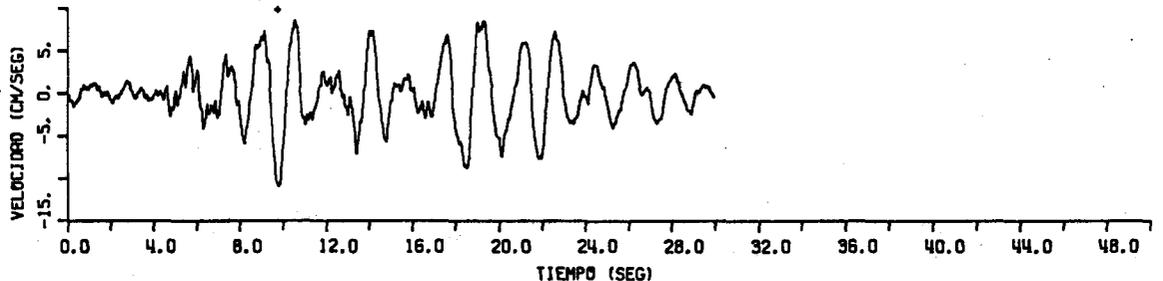
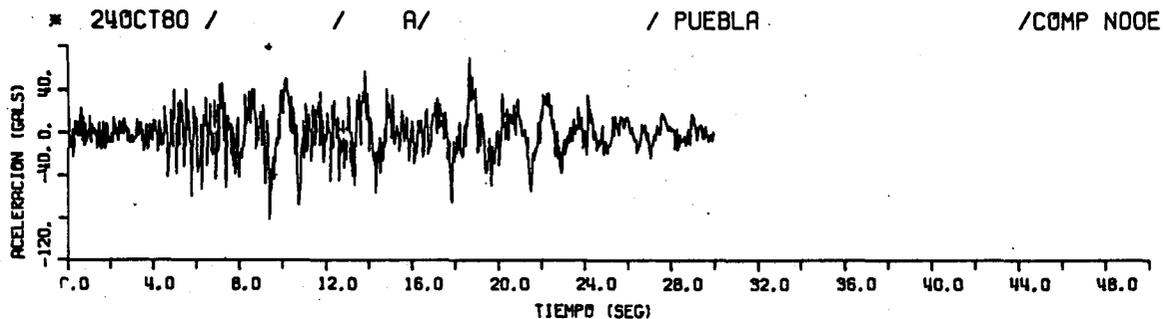


Fig. 12a

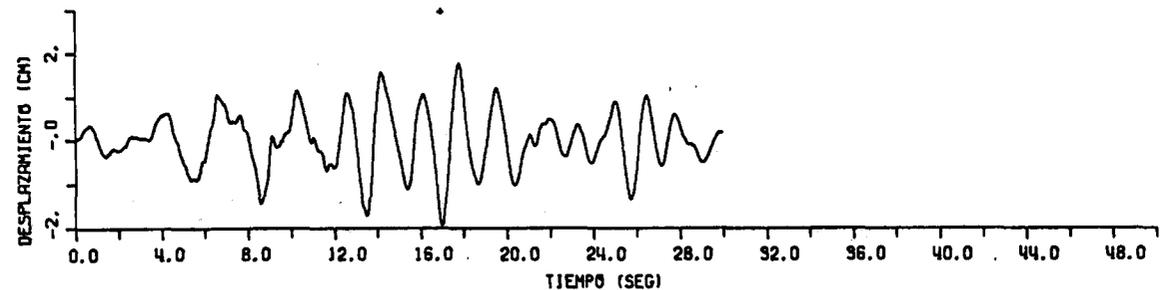
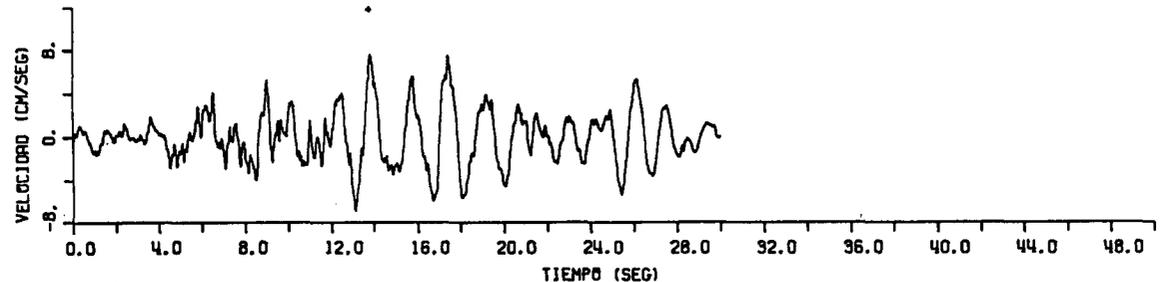
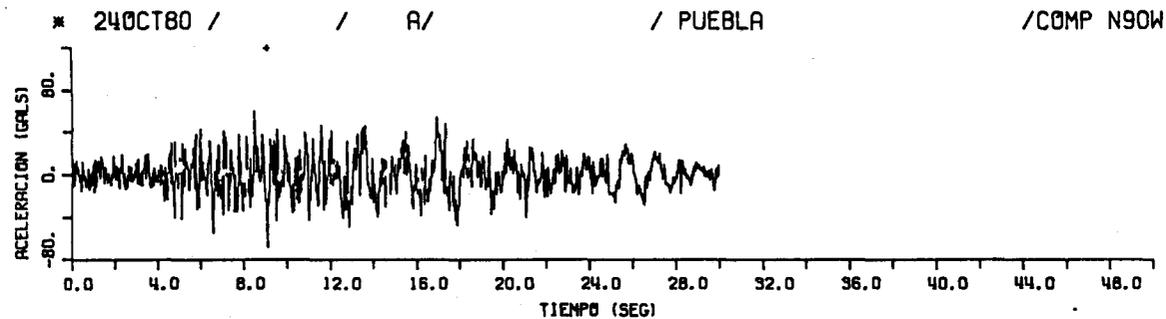


Fig. 12b

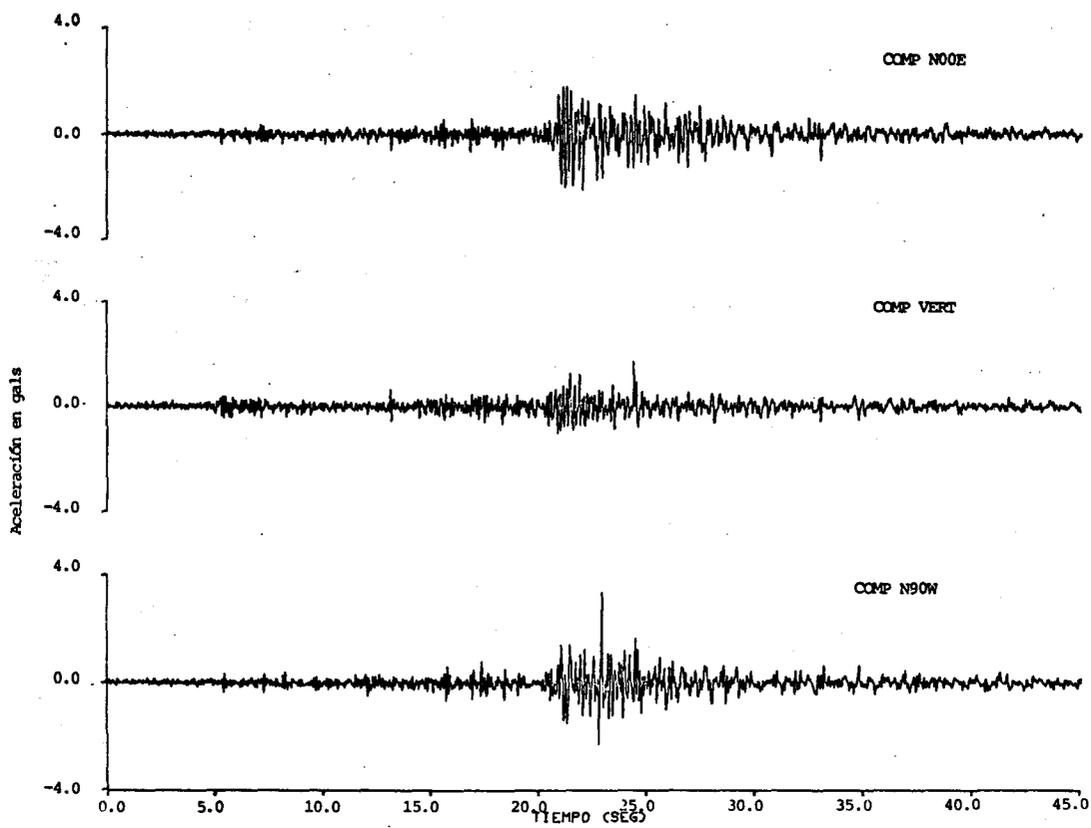


Fig. 13 Aceleraciones registradas durante el "Sismo B" en la estación Puebla

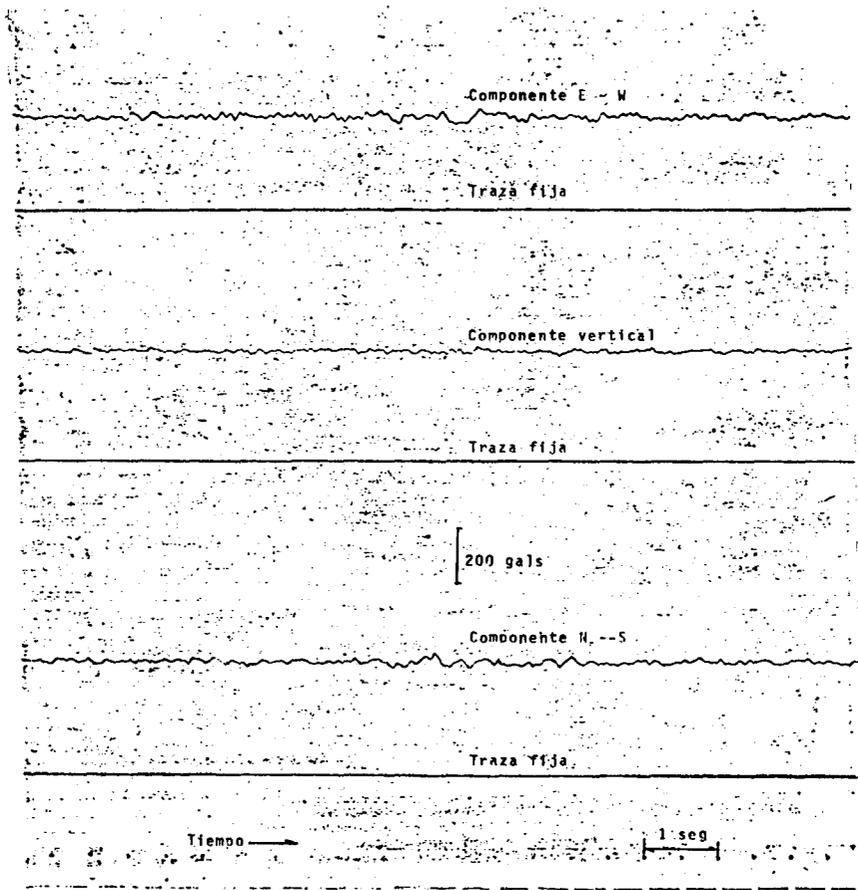


Fig 14 Copia parcial del acelerograma del 241080, registrado en la Ciudad Universitaria ( Datos tabla 8 ).

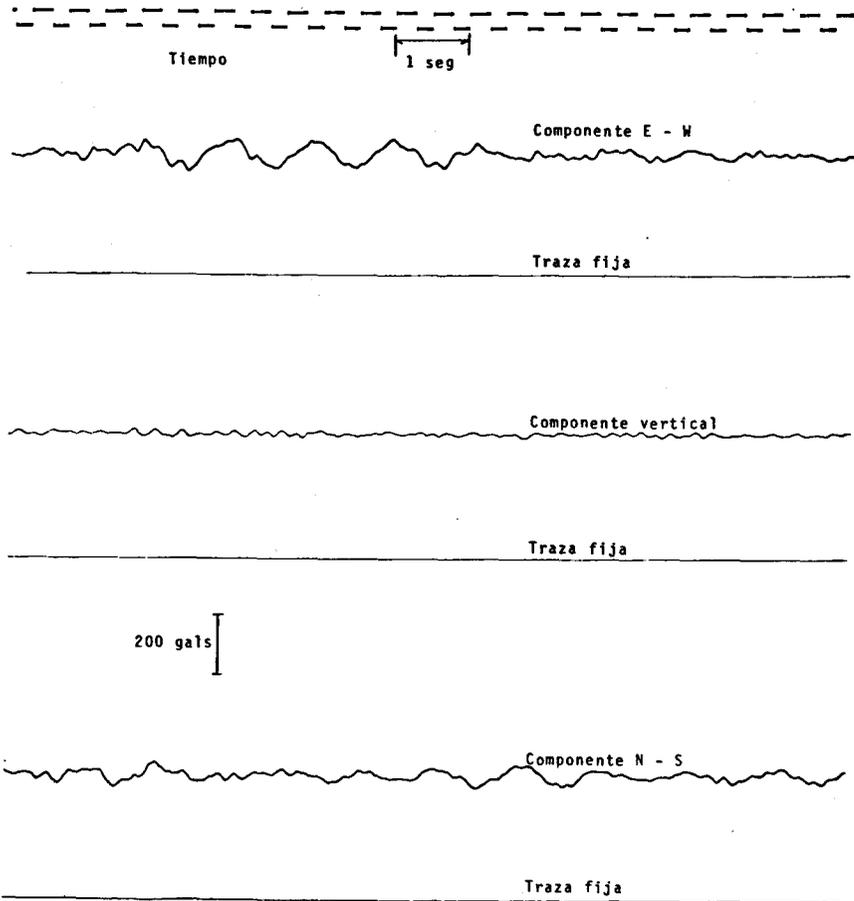


Fig 15 Copia parcial del acelerograma del 241080, registrado en la Alberca Olímpica ( Datos tabla 8 ).

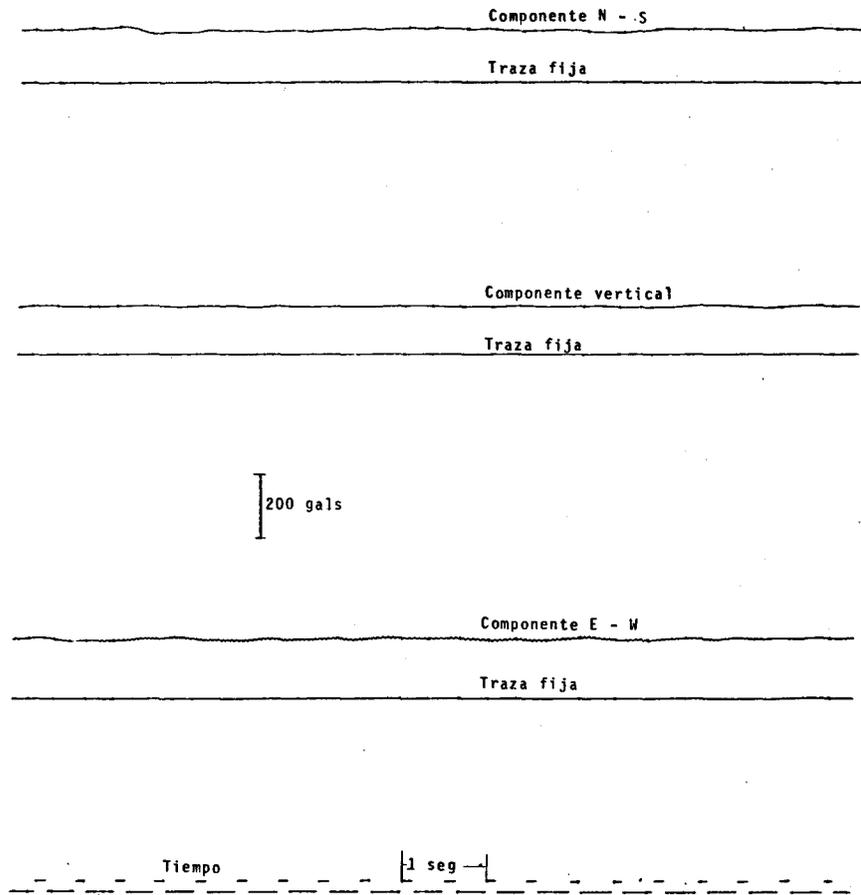


Fig 16 Copia parcial del acelerograma del 241080, registrado en el Palacio de los Deportes ( Datos tabla 8 ).

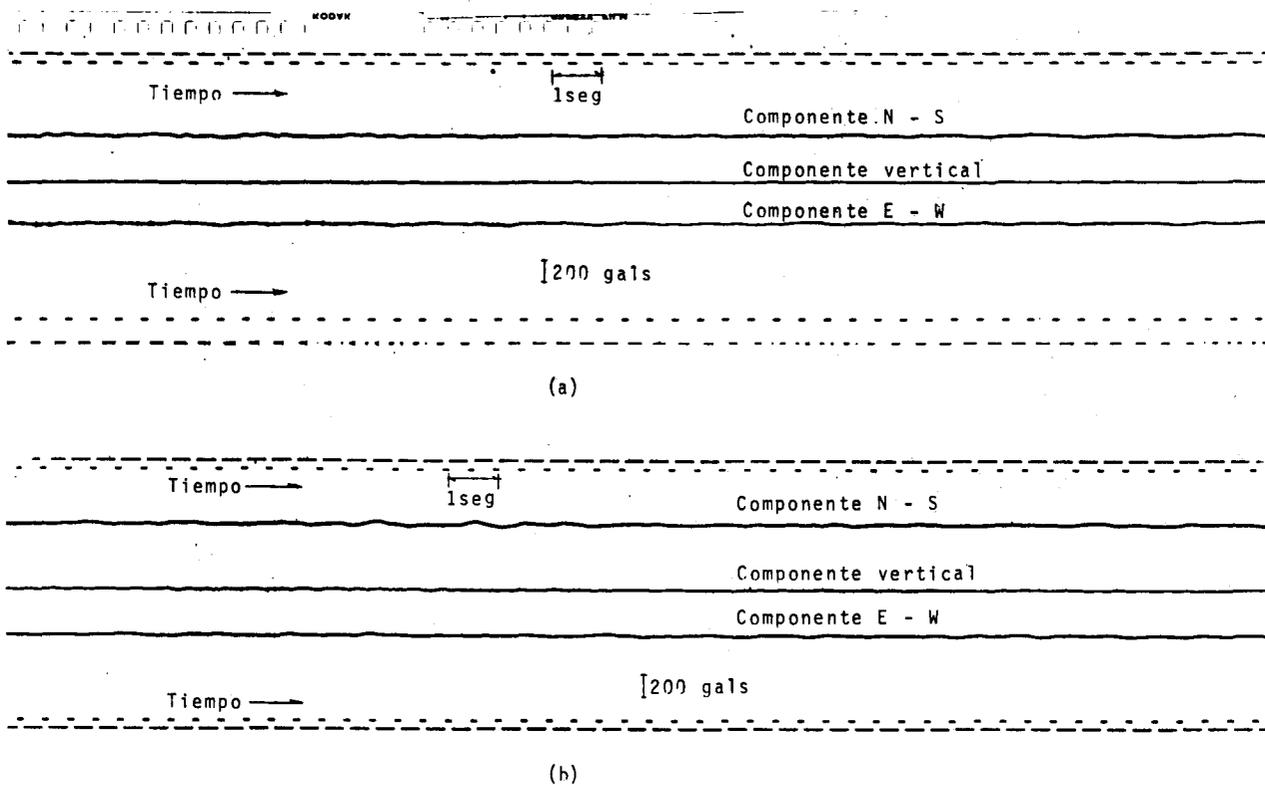


Fig 17 Copia parcial de los acelerogramas del 241080, registrados en: (a) edificio prisma de la Loteria Nacional y (b) edificio Atizapán del conjunto urbano Nonoalco Tlaltelolco ( Datos tabla 8 ).

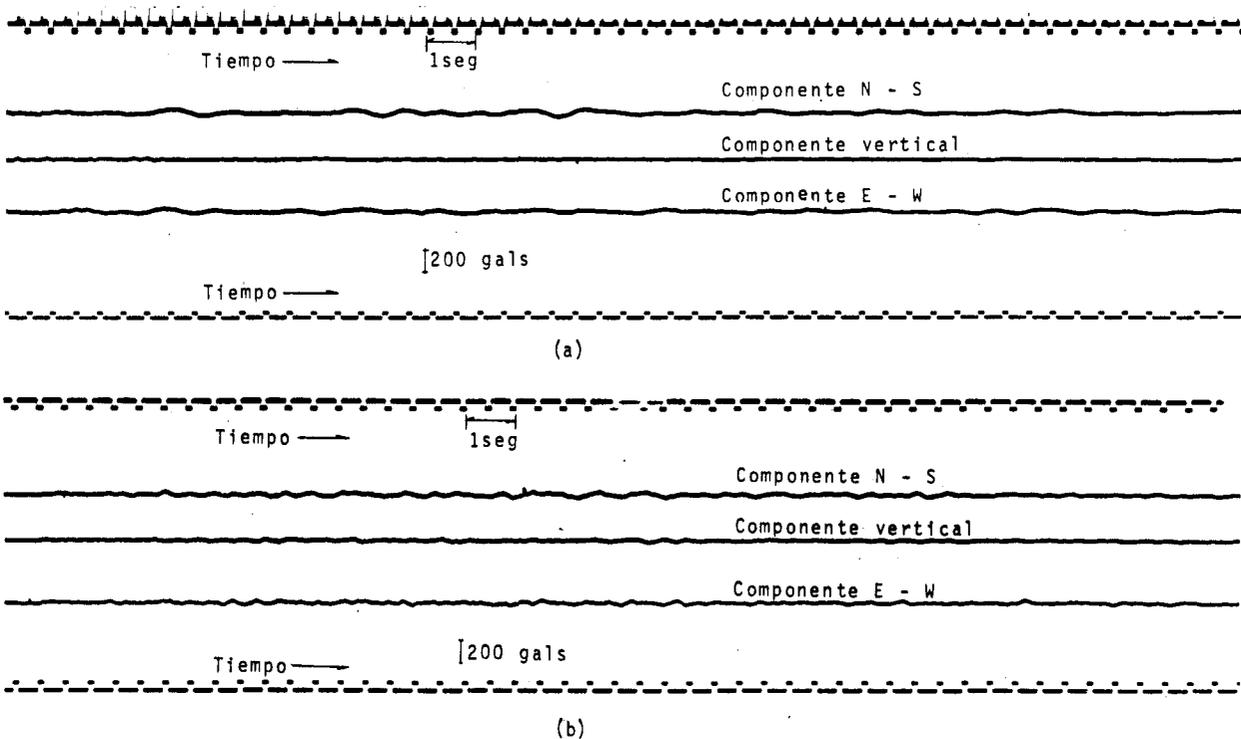


Fig 18 Copia parcial de los acelerogramas del 241080, registrados en: (a) Centro del Lago y (b) Chimalhuacán ( Datos tabla 8 ).

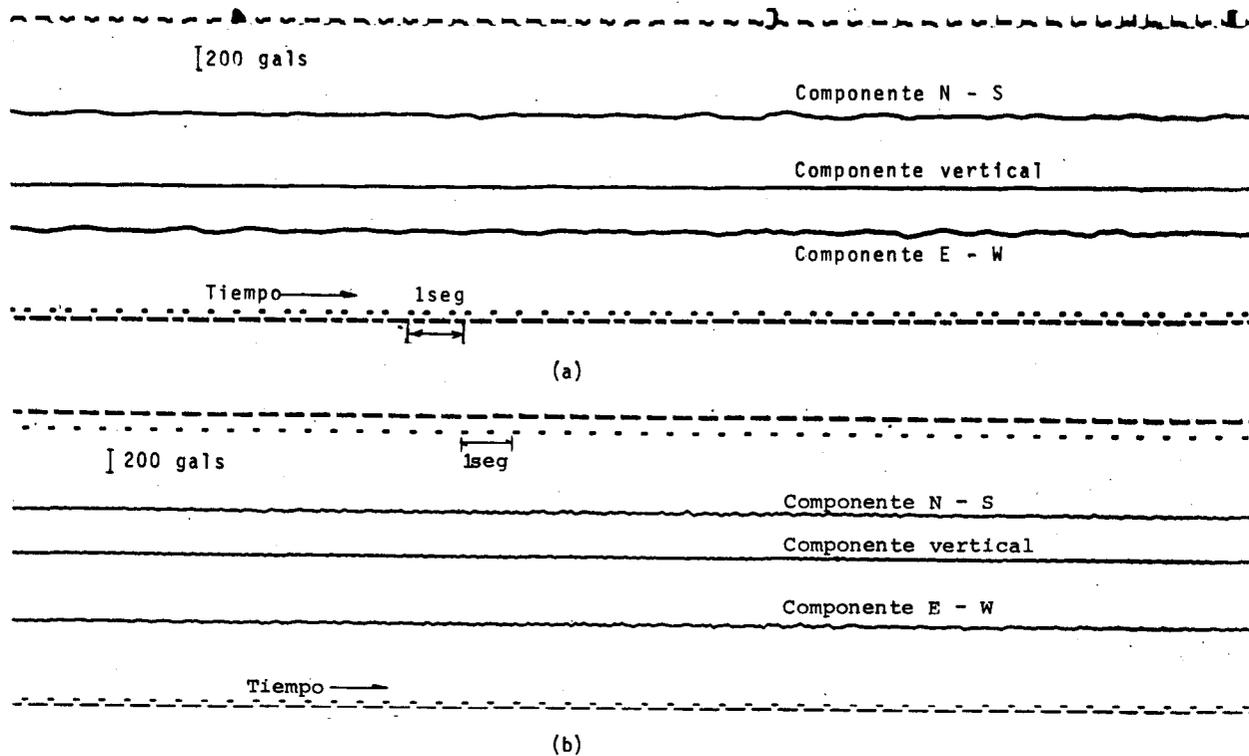


Fig 19 Copia parcial de los acelerogramas del 241080, registrados en: (a) Sosa Texcoco y (b) Parque Nacional el Contador ( Datos tabla 8 )

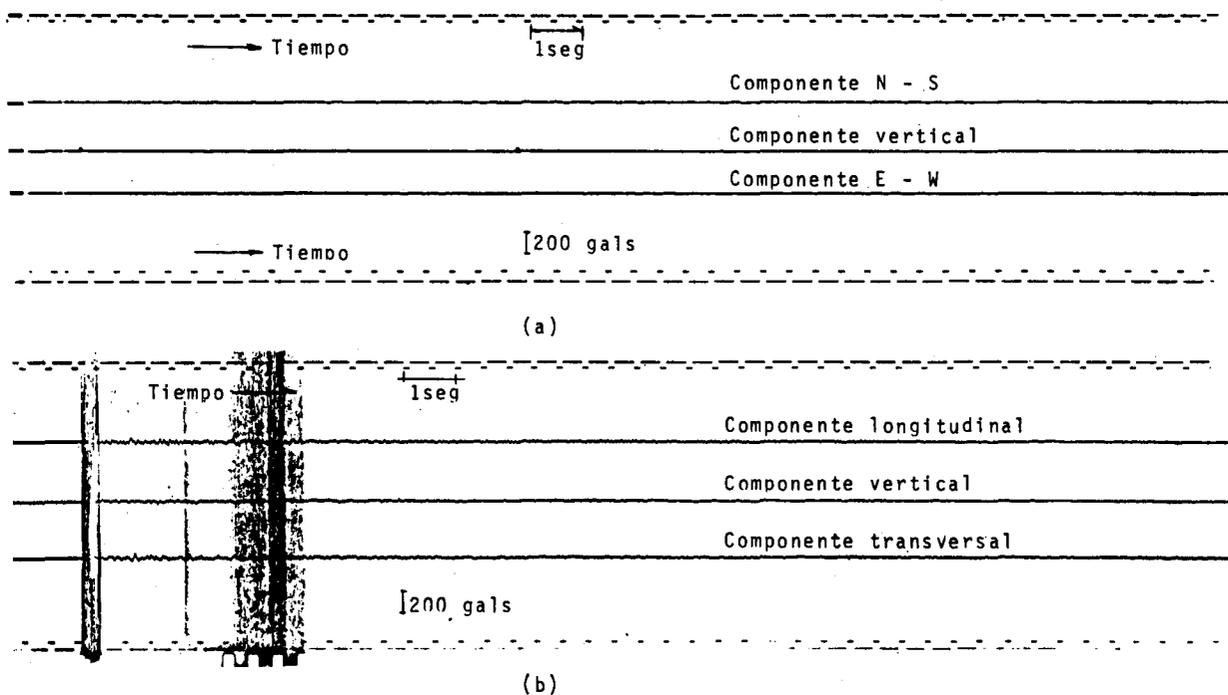


Fig 20 Copia parcial de los acelerogramas del 241080, registrados en: (a) Laguna Verde, Ver. (b) Temascal, Oax. (Datos tabla 8)

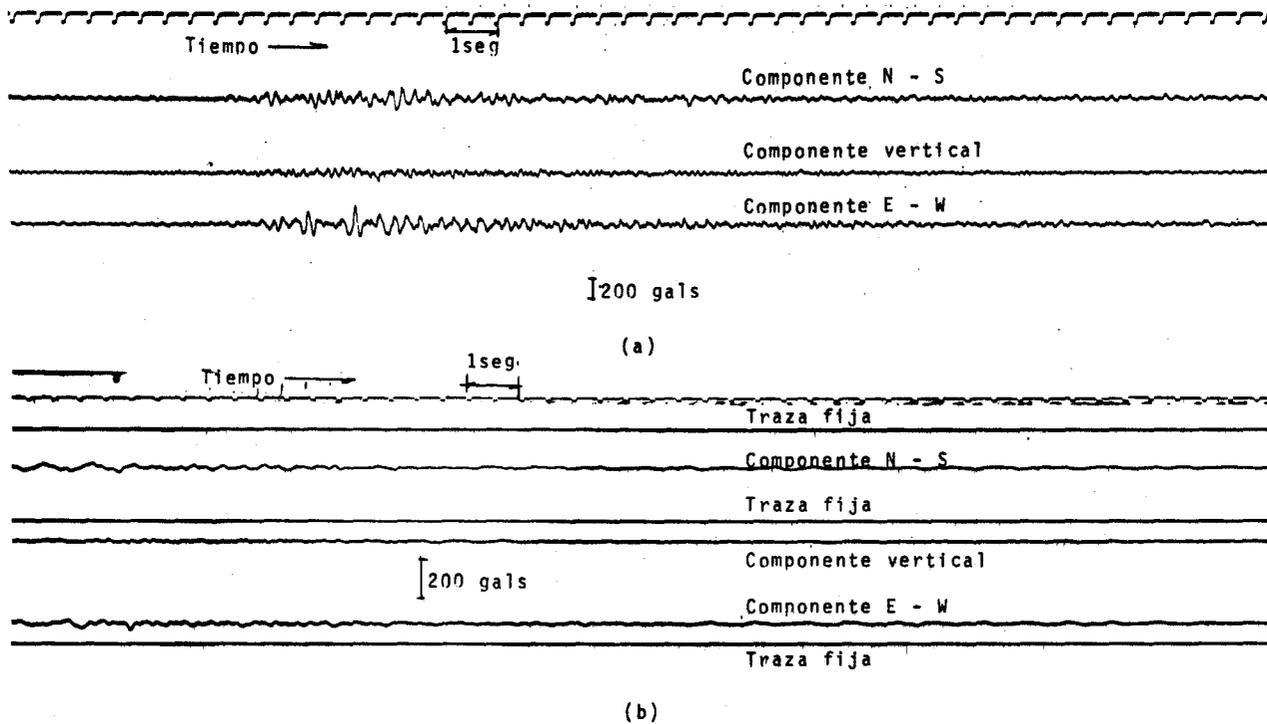


Fig 21 Copia parcial de los acelerogramas del 241080, registrados en: (a) Oaxaca, Oax. y (b) Pajaritos, Ver. (Datos tabla 8)

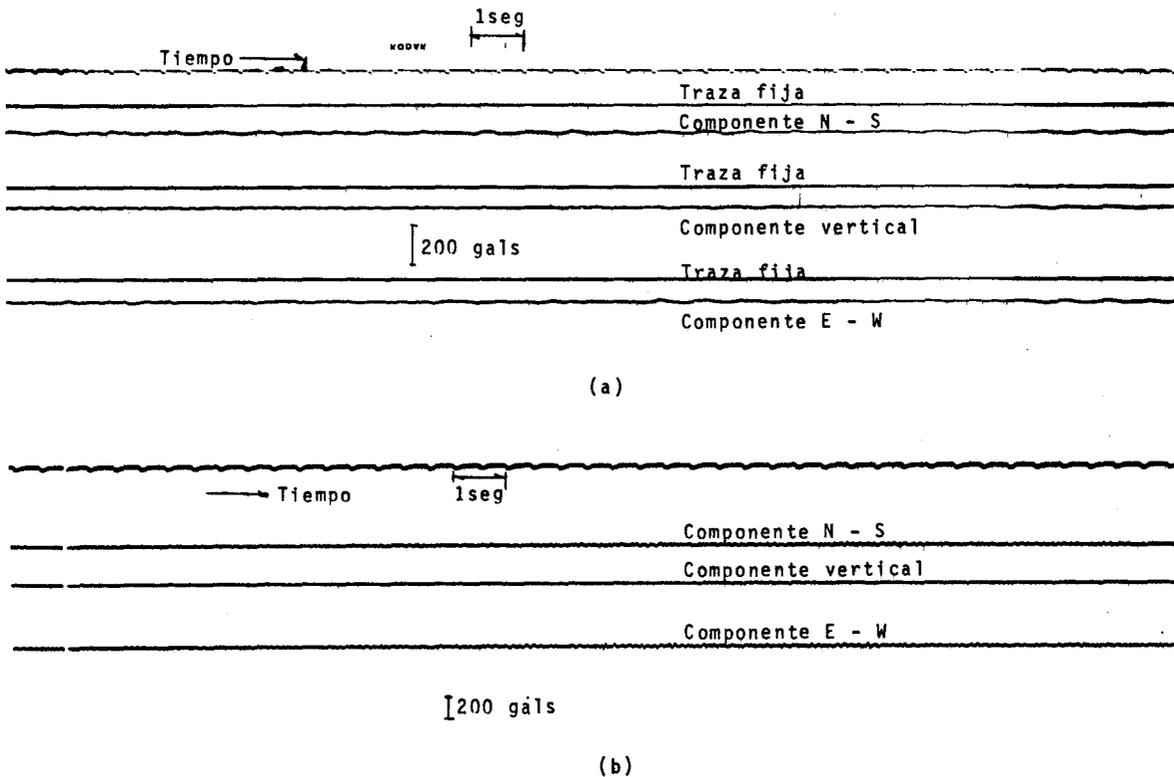


Fig 22 Copia parcial de los acelerogramas del 241080, registrados en: (a) Refineria Minatitlán, Ver. y (b) edificio SAHOP Acapulco, Gro. (Datos tabla 8)

\* 24OCT80 / / A/  
 / CIUDAD UNIVERSITARIA /COMP NOOE  
 ESPECTRO DE RESPUESTA AMORT(%) 0,2,5,10,20

\* 24OCT80 / / A/  
 / CIUDAD UNIVERSITARIA /COMP N9OW  
 ESPECTRO DE RESPUESTA AMORT(%) 0,2,5,10,20

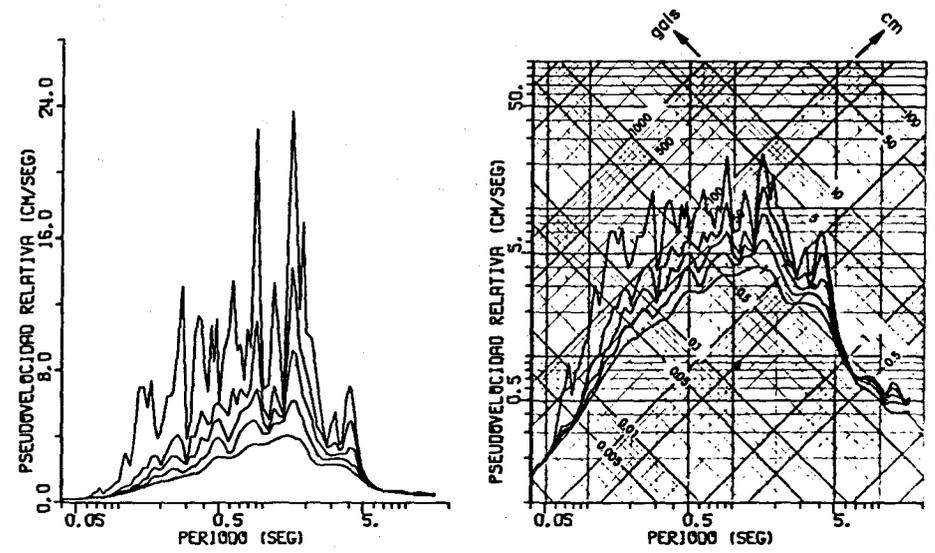
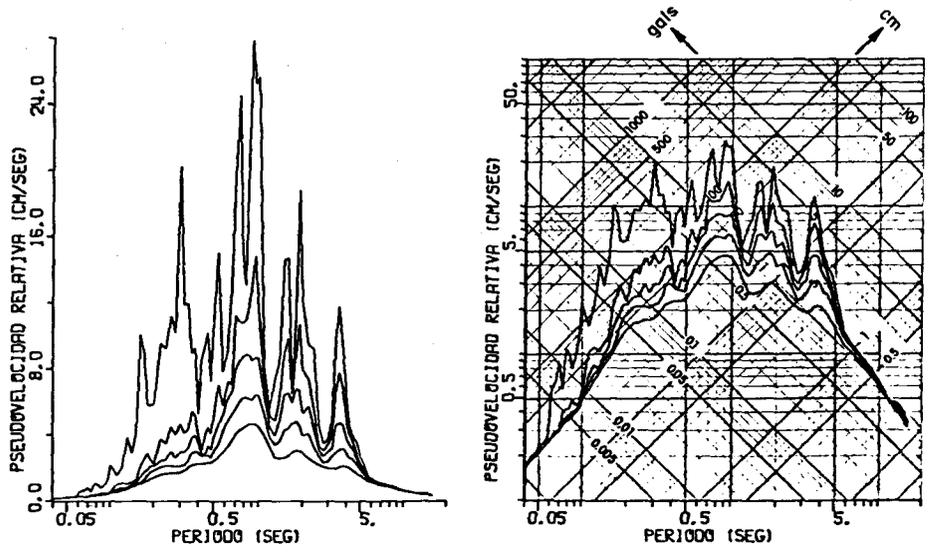
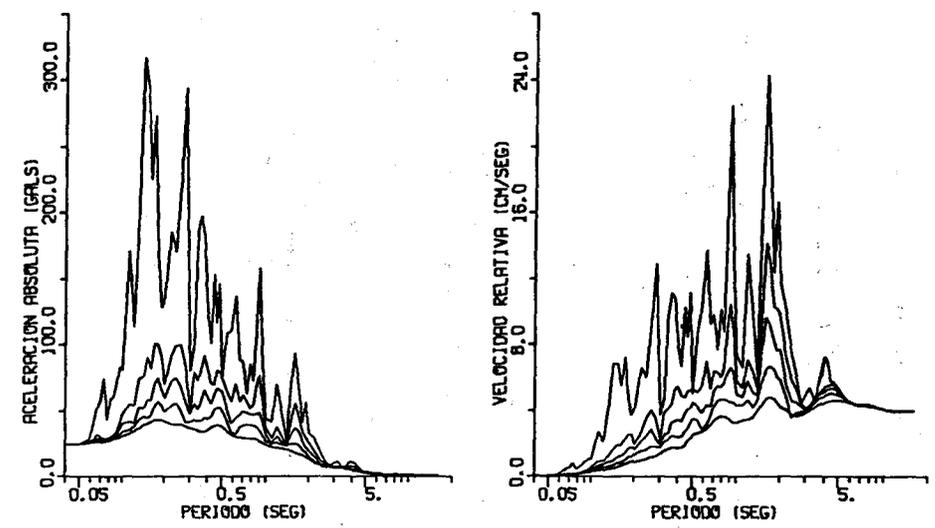
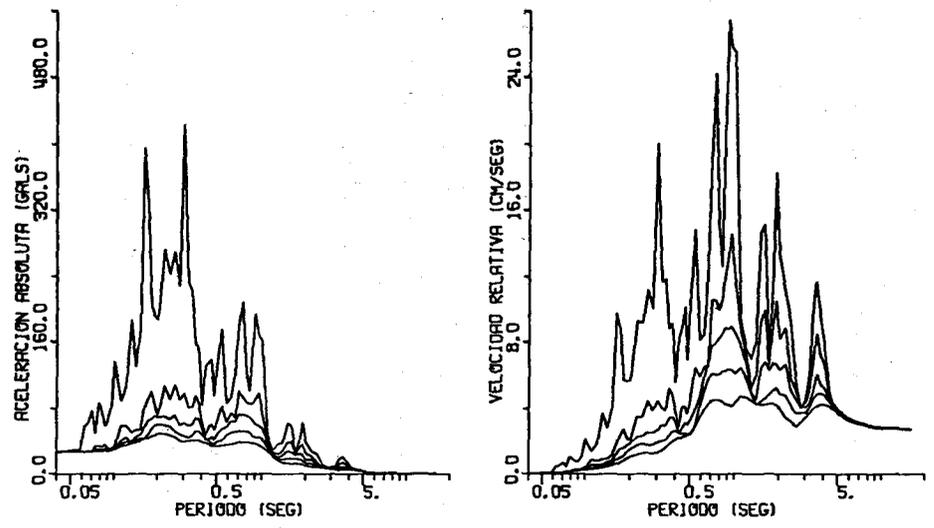


Fig. 23a

Fig. 23b

■ 240CT80 / / A/  
 / CIUDAD UNIVERSITARIA /COMP VERT  
 ESPECTRO DE RESPUESTA AMORT(%) 0,2,5,10,20

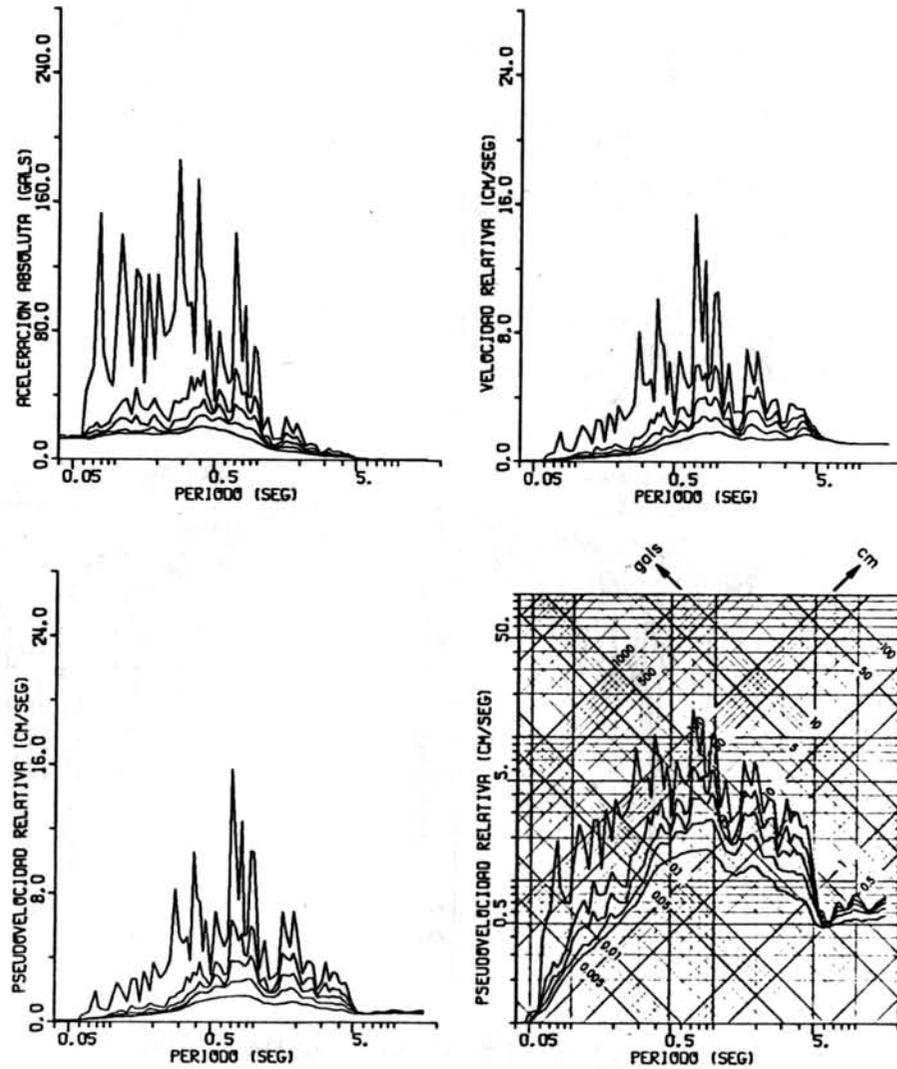


Fig. 23c

■ 240CT80 / / A/  
 / HOSPITAL ABC /COMP NODE  
 ESPECTRO DE RESPUESTA AMORT(%) 0,2,5,10,20

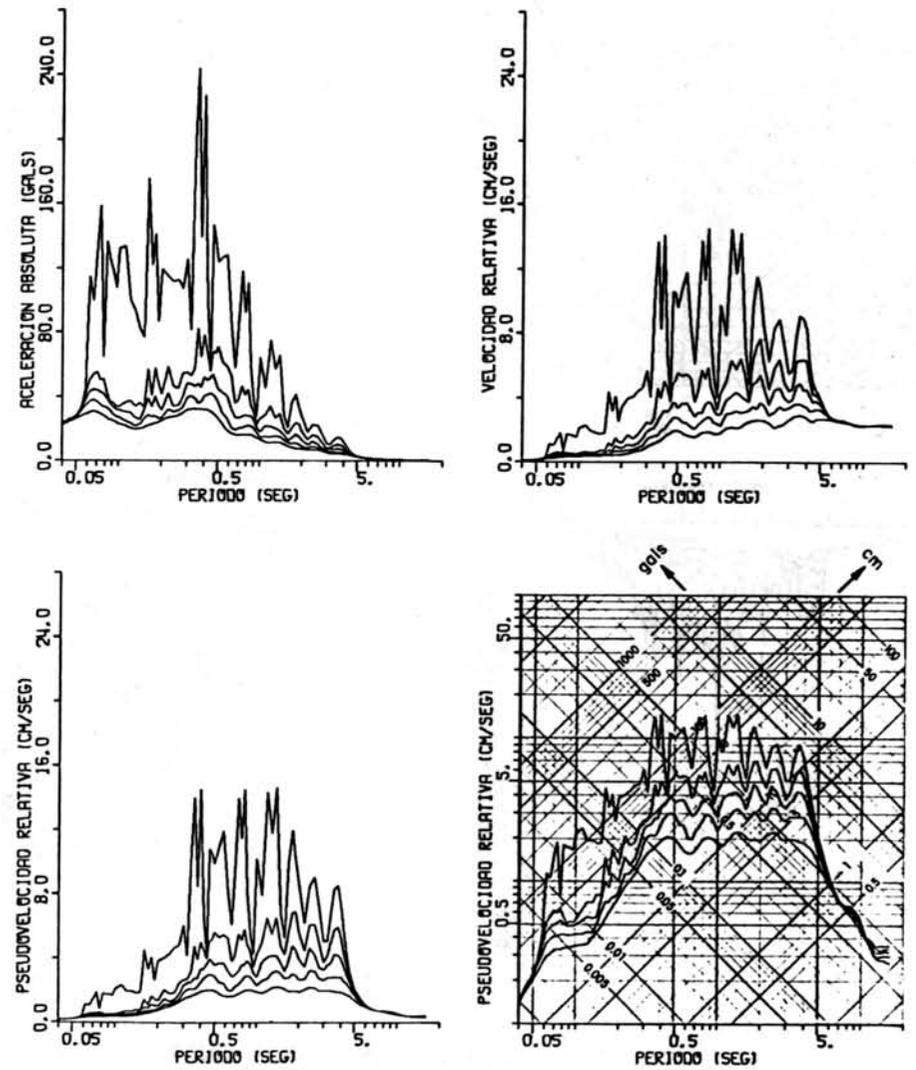


Fig. 24a

24OCT80 / / A/  
 / HOSPITAL ABC / /COMP N90W  
 ESPECTRO DE RESPUESTA AMORT(%) 0,2,5,10,20

24OCT80 / / A/  
 / HOSPITAL ABC / /COMP VERT  
 ESPECTRO DE RESPUESTA AMORT(%) 0,2,5,10,20

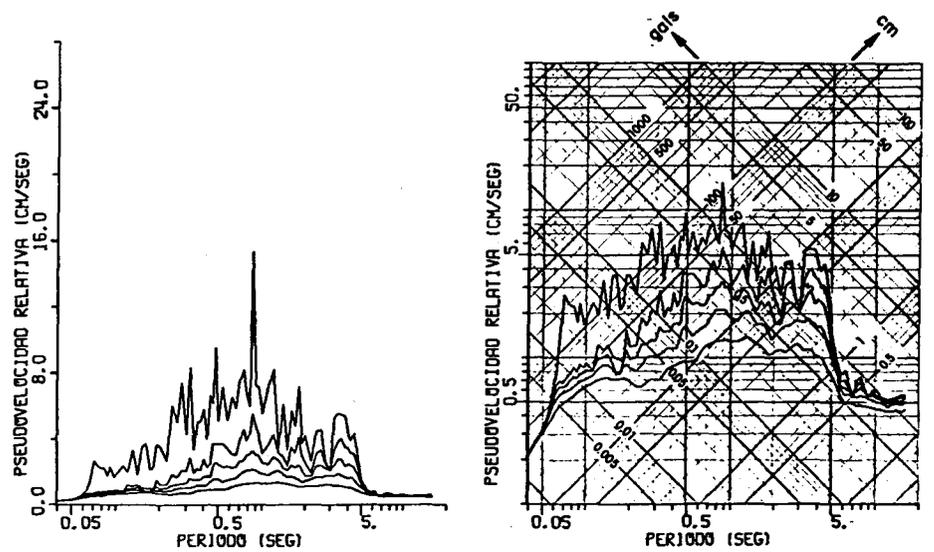
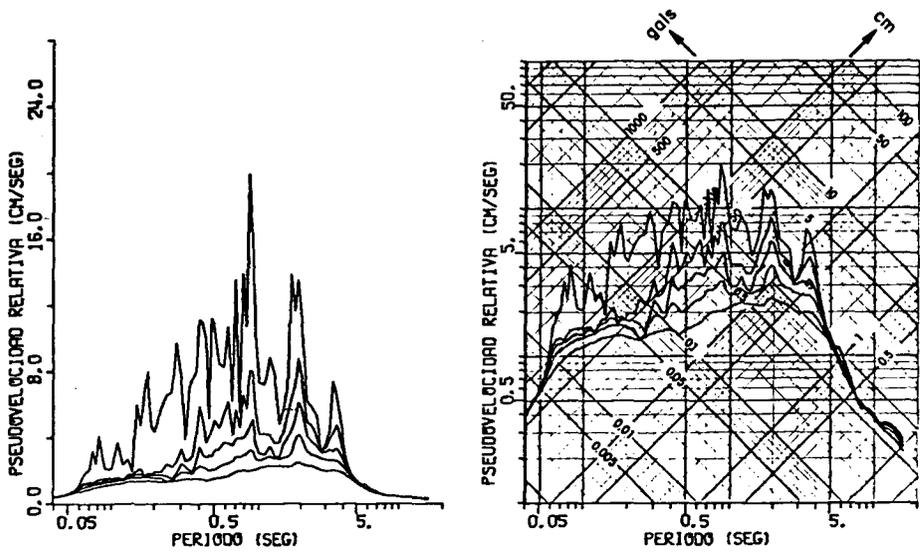
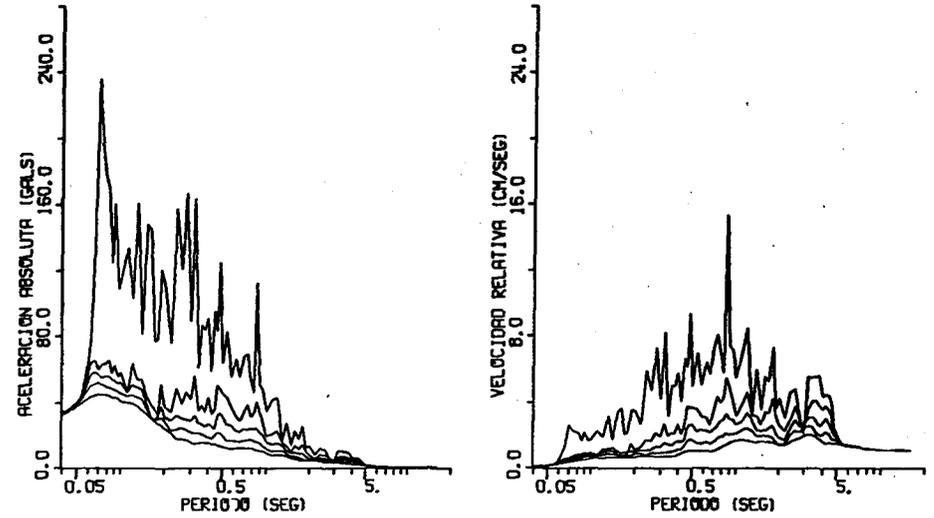
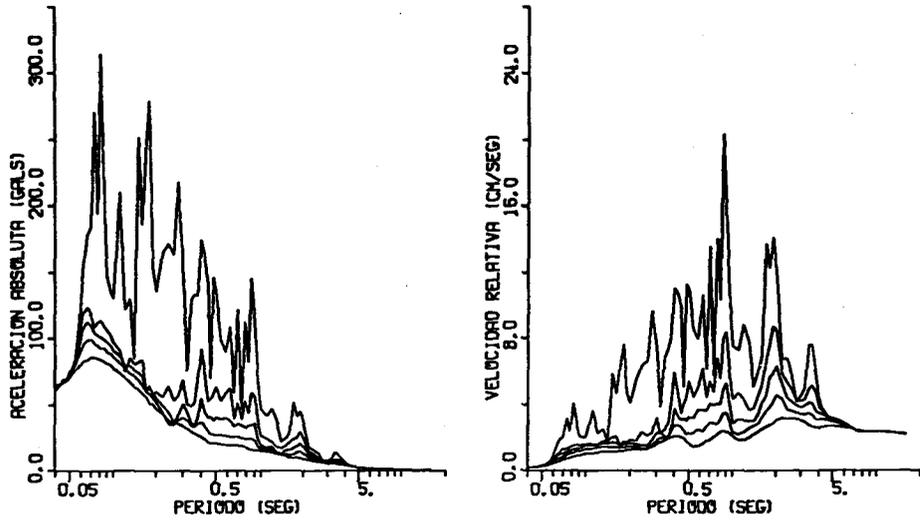


Fig. 24b

Fig. 24c

\* 24OCT80 / / A/  
 / VIVEROS /COMP NOOE  
 ESPECTRO DE RESPUESTA AMORT(%) 0,2,5,10,20

\* 24OCT80 / / A/  
 / VIVEROS /COMP N90W  
 ESPECTRO DE RESPUESTA AMORT(%) 0,2,5,10,20

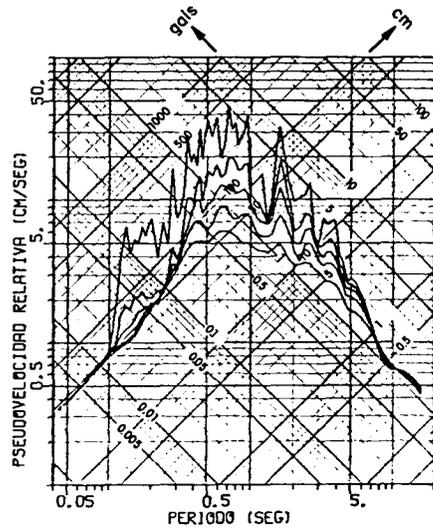
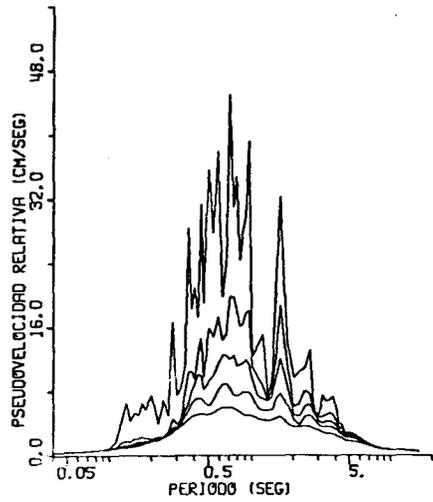
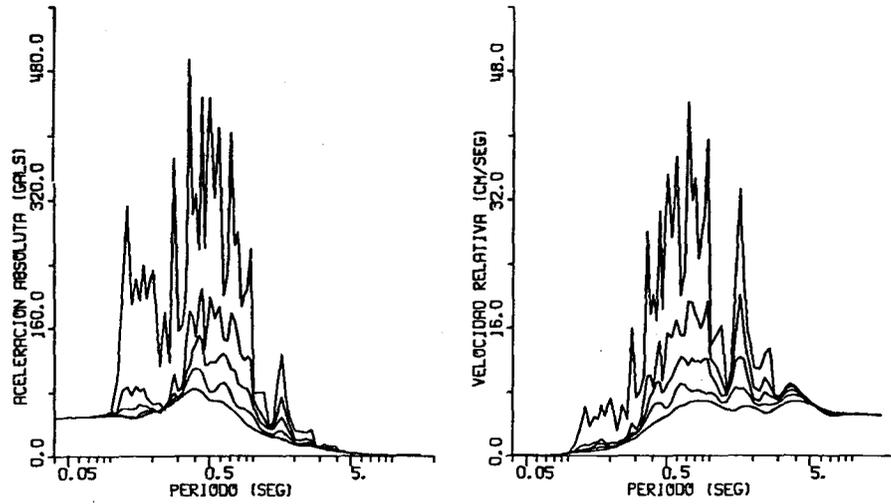


Fig. 25a

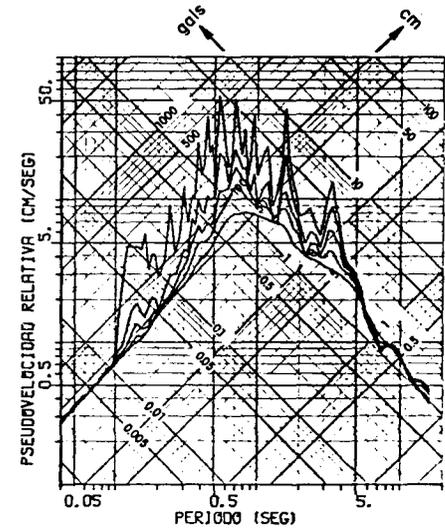
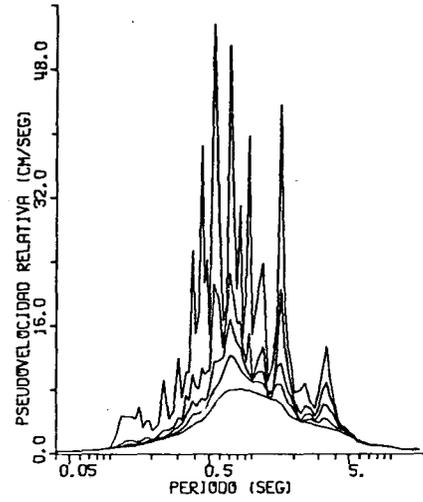
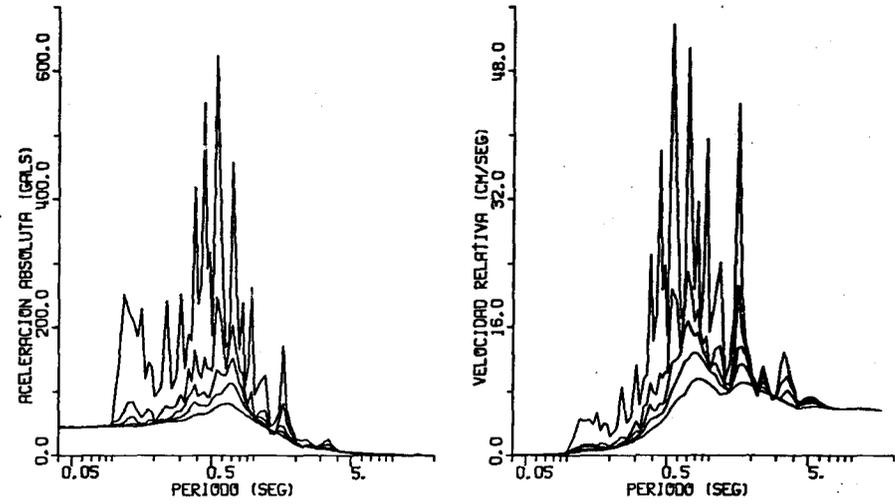


Fig. 25b

\* 24OCT80 / / A/  
 / VIVEROS /COMP VERT  
 ESPECTRO DE RESPUESTA AMORT(%) 0,2,5,10,20

\* 24OCT80 / / A/  
 / SAHOP /COMP NOOE  
 ESPECTRO DE RESPUESTA AMORT(%) 0,2,5,10,20

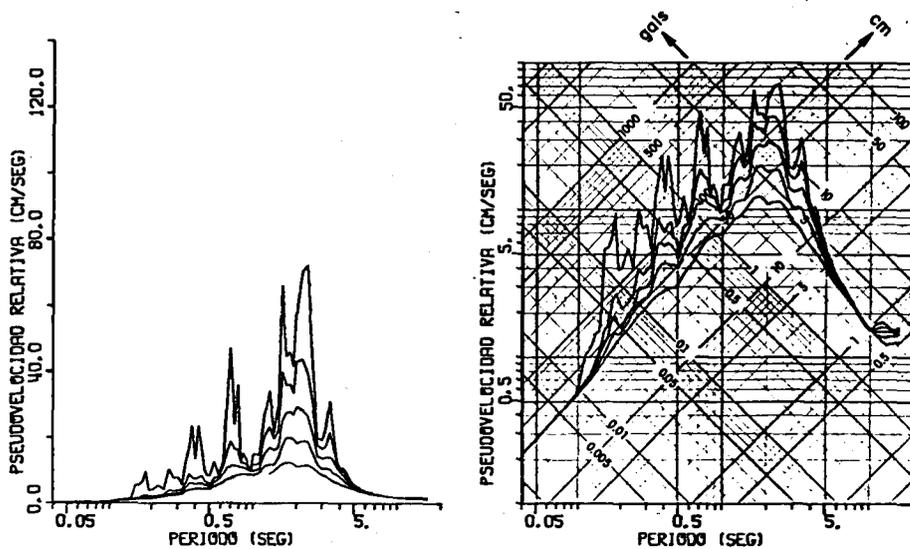
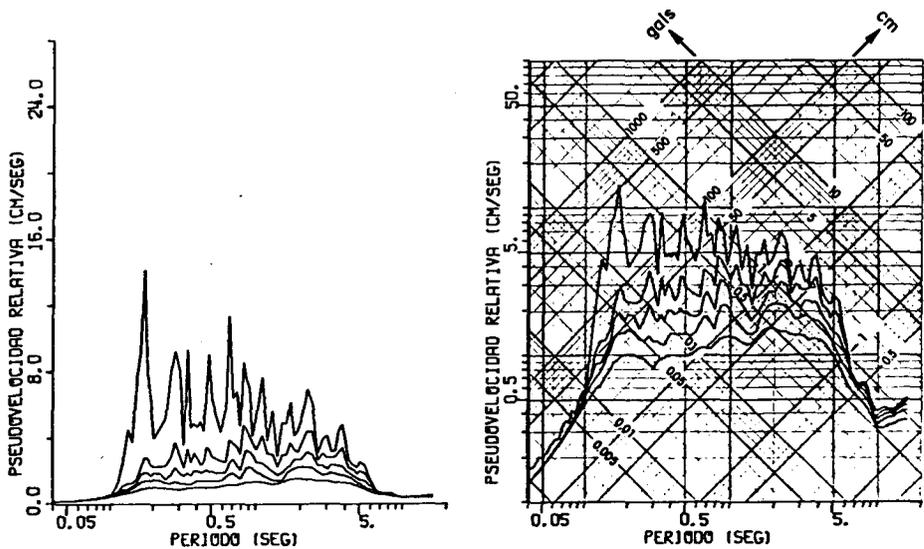
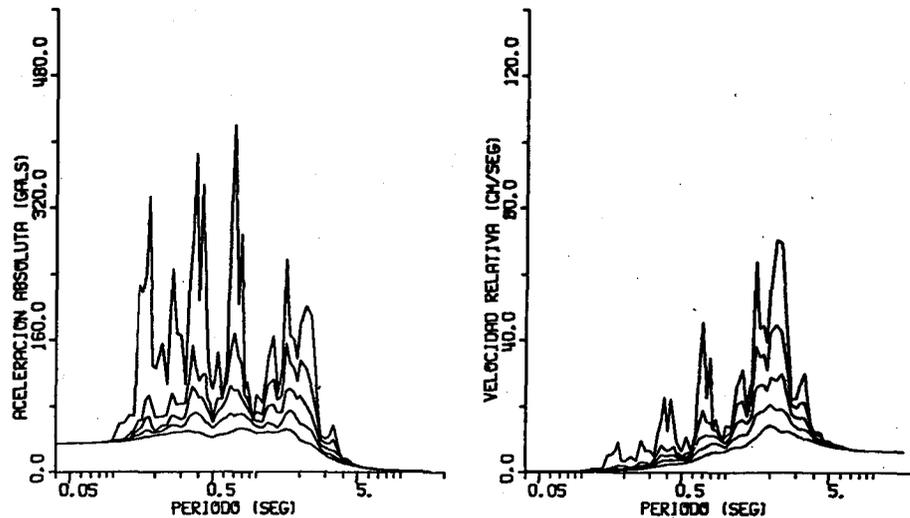
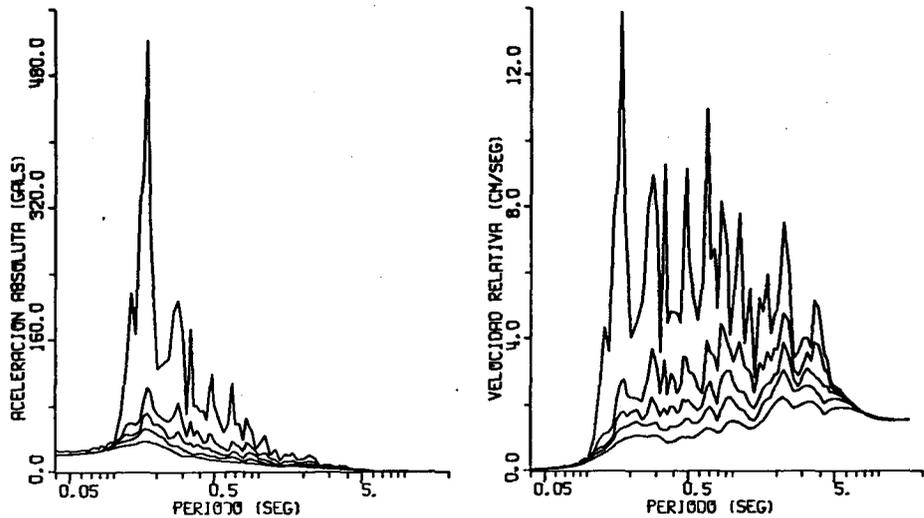


Fig. 25c

Fig. 26a

\* 24OCT80 / / A/  
 / SAHOP /COMP N90W  
 ESPECTRO DE RESPUESTA AMORT(%) 0,2,5,10,20

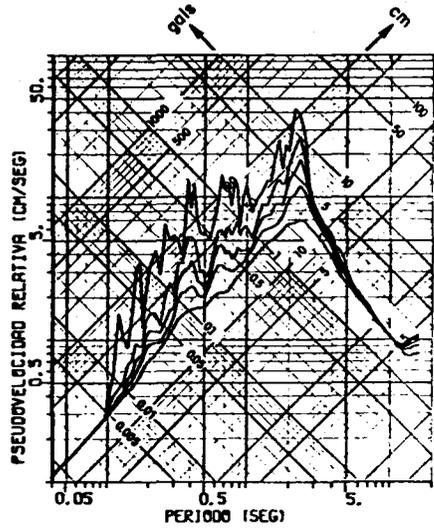
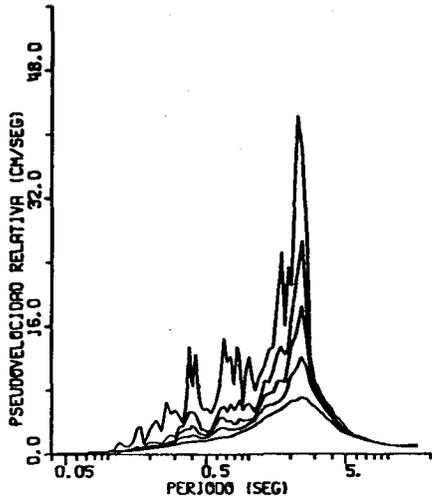
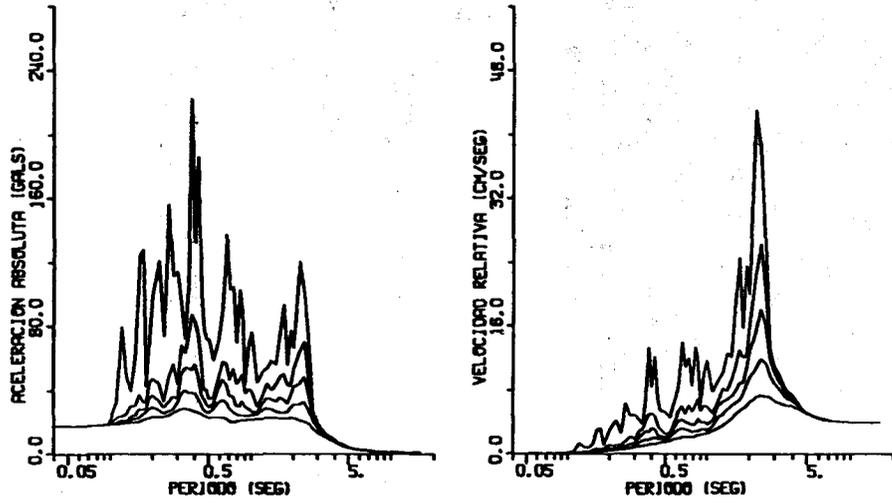


Fig. 26b

\* 24OCT80 / / A/  
 / PUEBLA /COMP N00E  
 ESPECTRO DE RESPUESTA AMORT(%) 0,2,5,10,20

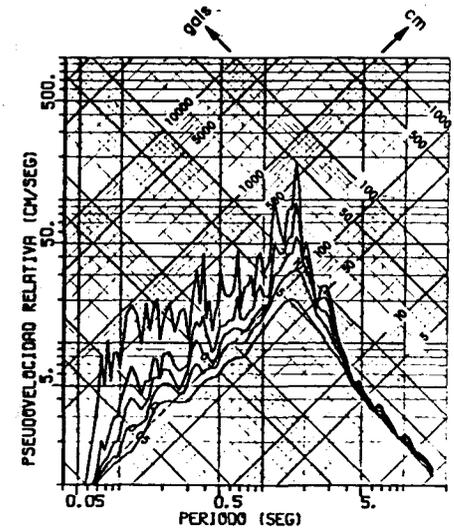
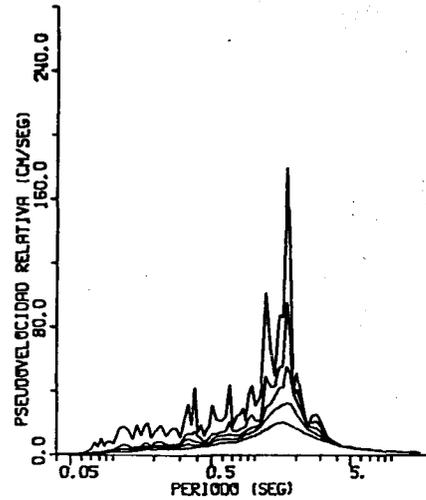
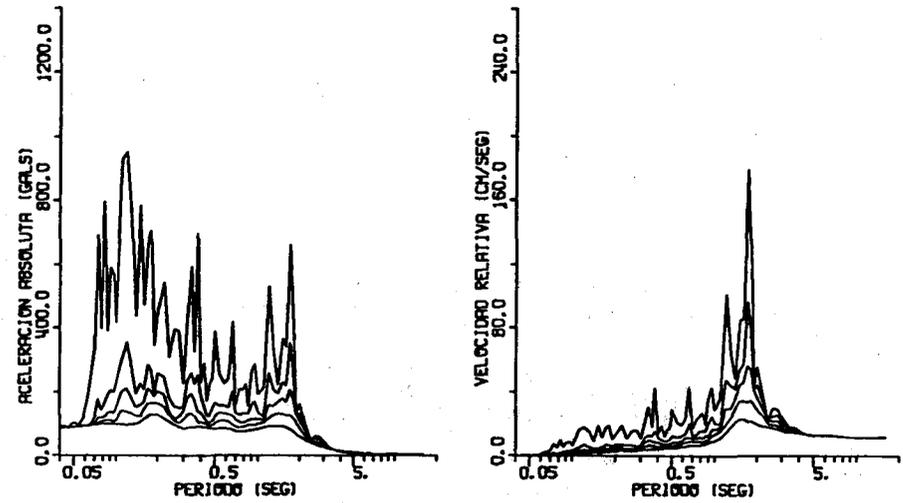


Fig. 27a

24 OCT 80 / / A /  
/ PUEBLA / / COMP N90W  
ESPECTRO DE RESPUESTA AMORT (%) 0.2, 5, 10, 20

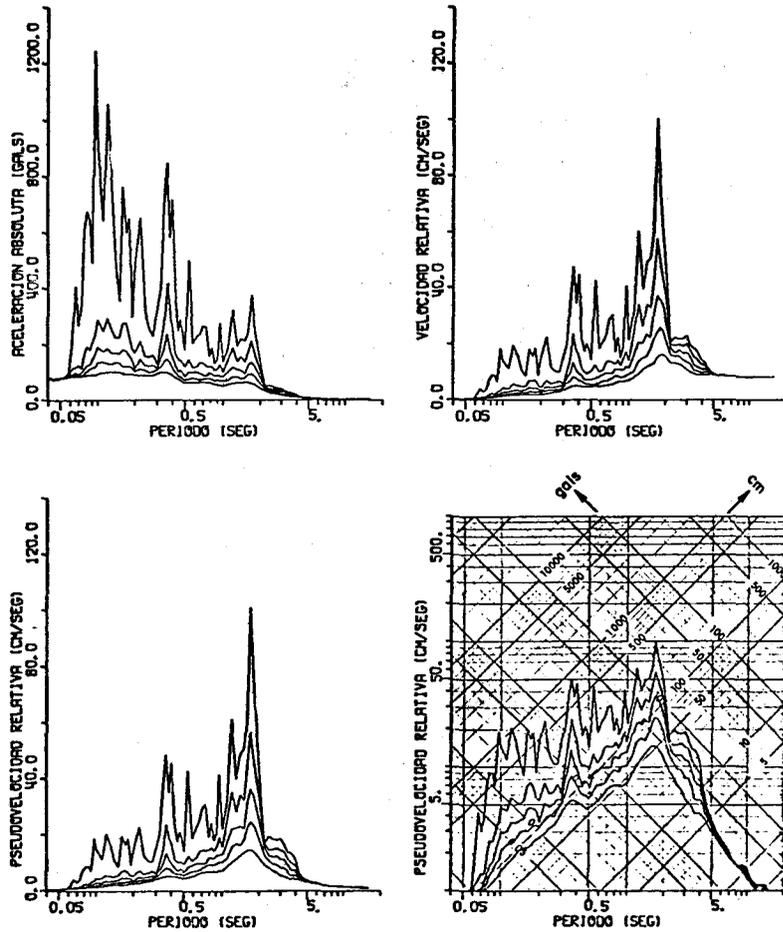


Fig. 27b



Fig 28 Colapso de la estructura por falta de continuidad en elementos estructurales y concreto pobre.



Fig 29 Falla en muros de carga por falta de confinamiento adecuado.



Fig 30 Falla por cortante en columna corta. Nótese que el muro está rematado con una dala ligada a la columna.

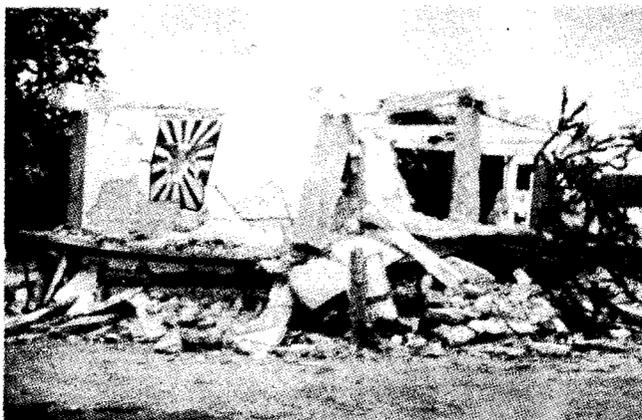


Fig 31 Colapso de una escuela por columna corta y agregados de mala calidad y de tamaño excesivo.