



UNIVERSIDAD VERACRUZANA

INSTITUTO DE INGENIERIA

Biblioteca
Inst. de Ing.

OBTENCION DE LAS CURVAS DE ISOPERIODO DE
LA ZONA CONURBADA VERACRUZ-BOCA DEL RIO

T E S I S

**PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRIA EN INGENIERIA DE ESTRUCTURAS**

PRESENTA:

ING. REGINO LEYVA SOBERANIS

DIRECTOR:

M. en C. Javier Francisco Lermo Samaniego

H. VERACRUZ, VER.

2004

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

RECONOCIMIENTOS

A mi director de Tesis, M. en C. Javier Francisco Lermo Samaniego por su gran apoyo, por sus acertados comentarios y la dedicación a la revisión en la realización de este trabajo.

A los maestros Francisco Williams Linera y Guadalupe Riquer Trujillo por su asesoría, sugerencias y comentarios a lo largo de la elaboración de esta tesis.

Al Dr. Bonifacio C. A. Peña Pardo, como catedrático y director del Instituto de Ingeniería por su paciencia y la enseñanza recibida durante la maestría.



DEDICATORIA

A mi Esposa e Hijos:

Dolores
Irving Nerí
Ivonne Stephanie

Agradeciéndoles profundamente toda su ayuda, apoyo y gran paciencia que me brindaron durante estos años de preparación; por la confianza que han depositado en mí y el ánimo que han brindado en momentos difíciles.

A mis padres:

Esperanza Soberanis
Abelardo Leyva

Por todo lo que me han apoyado durante los años de mi vida; los consejos y experiencias que han compartido conmigo; la entrega que han demostrado para darme un apoyo incondicional

A mis suegros:

Lorenzo Ferrer Liconá (Q.E.P.D)
Juana López Vda. de Ferrer

Por su cariño, paciencia y apoyo en momentos difíciles de la vida; su comprensión y paciencia en momentos de adversidad.



UNIVERSIDAD VERACRUZANA INSTITUTO DE INGENIERÍA

H. Veracruz, Ver., a 16 de Febrero del 2004
DI046/04

Al Candidato al Grado:
Ing. Regino Leyva Soberanis
Presente:

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a Usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el M. C. Javier Francisco Lermo Samaniego para que lo desarrolle como tesis, para obtener el Grado de Maestro en Ingeniería de Estructuras

TEMA:
"OBTENCIÓN DE LAS CURVAS DE ISOPERIODO DE LA ZONA CONURBADA
VERACRUZ-BOCA DEL RÍO"

- 1.- Introducción
 - 2.- Generalidades
 - 3.- Características Geológicas
 - 4.- Características Geotécnicas
 - 5.- Características Dinámicas del Suelo
 - 6.- Microzonificación Preliminar
 - 7.- Conclusiones y Recomendaciones
- Referencias
Apéndices

Sin otro particular, me es grato reiterarle la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

Atentamente
"Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz"


Dr. Bonifacio C. A. Peña Pardo
Director

BPP/apm*

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.	2
1.2 Planteamiento del problema.	2
1.3 Objetivos del trabajo.	3
1.4 Alcances y limitaciones	3
1.5 Organización del trabajo.	3
2. GENERALIDADES	
2.1 Antecedentes.	4
2.2 Ubicación y extensión de la zona en estudio.	4
2.3 Expansión del área urbana.	5
2.3.1 Ciudad Antigua.	5
2.4 Historia sísmica de la región.	6
2.4.1 Reseña de sismos históricos.	6
2.4.2 Ubicación de daños por sismos históricos.	7
2.4.3 Información instrumental.	8
3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS.	
3.1 Antecedentes.	9
3.2 Geología.	9
3.3 Hidrología.	10
4. CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS.	
4.1 Antecedentes.	12
4.2 Características de los suelos en ZCV.	12
5. CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS DEL SUELO.	
5.1 Antecedentes.	15
5.2 Efectos de sitio.	15
5.2.1 Condiciones Geológicas del subsuelo.	15
5.2.2 Condiciones de topografía.	16
5.3 Técnicas para estimar el efecto de sitio.	17
5.3.1 Técnica de la razón espectral estándar.	17
5.3.2 Técnica de Nakamura.	18
5.4 Registro de temblores y vibración ambiental.	19
5.4.1 Características de los equipos.	19
5.4.2 Procedimiento de registro.	20
5.5 Análisis de datos.	20
5.5.1 Registro de vibración ambiental.	20
5.5.1.1 Interpretación del promedio de las razones espectrales.	21
5.5.2 Registro de temblores.	22
5.5.2.1 Análisis con la Técnica de Nakamura.	22
5.5.2.2 Análisis con la Técnica Estándar.	23

Tesis de Maestría

5.5.3	Comparación de temblores con vibración ambiental.	24
5.5.4	Técnica Estándar Promedio.	25
5.6	Mapa de curvas de isoperiodo.	25
6.	MICROZONIFICACIÓN PRELIMINAR	27
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	28

REFERENCIAS

APENDICES



RESUMEN

El objetivo de principal de este trabajo es obtener el mapa de isoperiodo y la microzonificación preliminar de la Zona conurbada Veracruz-Boca del Río (ZCV). Los períodos dominantes del suelo se muestran en un mapa de isoperiodo obtenido con vibración ambiental en 176 puntos, utilizando la técnica de Nakamura. Se instalaron en 5 de estos puntos, estaciones acelerográficas temporales logrando registrar 18 sismos, entre los que destacan algunos lejanos como el de Colima del 21 de Enero de 2003 ($M_e = 7.6$), y locales como el del 24 de Mayo de 2003 ($M_e = 4.1$). Con el registro de sismos, se pudo evaluar el efecto de sitio usando la técnica de Nakamura, Estándar y la Estándar Promedio.

Los resultados de la comparación muestran una buena correlación con la frecuencia predominante, mientras que el valor de la amplificación relativa presenta una disminución de este valor en un factor promedio de cuatro veces. Se consideraron características geológicas, geotécnicas e hidrología superficial así como la distribución de daños en sismos históricos. Junto con los 176 puntos donde se estimaron los períodos dominantes del suelo, la ZCV se pudo dividir en dos zonas principales:

- Zona I: curvas de isoperiodo de 0.1 a 0.3 seg.
- Zona II: curvas de isoperiodo de 0.3 a 0.6 seg.

Los trabajos realizados permiten dar algunas recomendaciones para proyectos de construcción así como de protección civil.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.

Los efectos de un sismo pueden alcanzar proporciones catastróficas y México conoce estas experiencias. La tragedia contemplada ante el colapso de viviendas, el desplome de los templos, el desgajamientos seguidos por avalanchas de los cerros, etc., ha hecho reflexionar al hombre sobre la necesidad de conocer mejor el comportamiento dinámico del suelo y la aplicación de criterios para la protección sísmica.

En México, se ha podido tomar más conciencia del alcance de los efectos de los sismos a raíz del sismo de Septiembre de 1985. Existe una constante preocupación por conocer mejor los diferentes lugares del país en cuanto a los posibles efectos que pudieran tener los sismos no solo en la Ciudad de México, sino en otros puntos importantes de la república mexicana.

Actualmente algunos estados del país cuentan con trabajos relacionados con la microzonificación sísmica. Algunas Ciudades importantes como la Ciudad de México, Bahía de Acapulco, Puebla, Oaxaca, Guadalajara, Tuxtla Gutiérrez, entre otras, han avanzado en este sentido.

En el caso particular, el estado de Veracruz tiene una sismicidad poco estudiada. Sin embargo, su historia sísmica muestra la alta probabilidad de ser afectado por temblores similares a los que ya han ocurrido en el pasado y que han causado un considerable número de pérdidas económicas y de vidas humanas. Existen pues, importantes núcleos de población expuestas al peligro sísmico, que no cuentan con estaciones acelerográficas para el estudio del fenómeno; que sirvan de apoyo para delimitar las diferentes zonas de riesgo (microzonificación), tomando en cuenta también las características geológicas, geotécnicas y geofísicas.

Este trabajo es parte del proyecto "Estudios Sísmicos e Instrumentación en el Golfo de México" (Microzonificación Sísmica de la Zona Conurbada Veracruz-Boca del Río", el cual fue patrocinado por la Universidad Veracruzana y el Sistema de Investigación del Golfo de México SIGOLFO- CONACYT).

1.2. Planteamiento del problema

La Zona Conurbada de Veracruz (ZCV), tiene un crecimiento considerable, convirtiéndose en un importante núcleo de desarrollo turístico y comercial. Además, se cuenta entre los principales puertos mercantiles y financieros del país, por lo que es de primordial interés poner atención en la prevención de desastres.

La ZCV, en la actualidad cuenta con estudios previos de microzonificación sísmica (Lermo, 1998), pero que dejan fuera del análisis las zonas de expansión. He aquí una de las razones por las que es urgente realizar este proyecto. En el pasado esta zona del país ha sido afectada por movimientos sísmicos que han dañado gravemente a las comunidades. En el capítulo 2 de este trabajo se presenta una reseña de sismos que han afectado la zona.

Las características de los suelos en (ZCV) son variadas lo que contribuye a que este problema se vuelva crítico ante la posibilidad de algún evento sísmico de gran intensidad. Las autoridades locales no cuentan con ningún criterio que les permita saber qué zonas son más vulnerables ante la eventualidad de un sismo.

1.3. Objetivos del trabajo.

- 1.- Ampliar el número de puntos de vibración ambiental para cubrir la ZCV actual con el objeto de construir un mapa de isoperiodos.
- 2.- Buscar los sitios adecuados para la ubicación de las estaciones permanentes, así como un sitio de referencia libre de efectos de sitio.
- 3.- Determinar funciones de transferencia empíricas para algunos sitios donde se tenga registros de temblores para estimar su amplificación relativa.

1.4. Alcances y limitaciones.

Dentro de las campañas de vibración en la zona delimitada los registros de vibración ambiental se realizaron a razón de una muestra por cada kilómetro cuadrado de la zona. Sin embargo en algunos casos no fue posible debido a problemas de accesibilidad.

En estos estudios de microzonificación sísmica lo ideal es realizarlos con temblores de gran magnitud, sin embargo, la ocurrencia de sismos mayores de 6 es escasa, por lo que una alternativa que últimamente ha tenido buenos resultados es el uso de registros con sismos de mediana y baja magnitud. Cuando se tiene baja sismicidad, otra alternativa es la vibración ambiental (Lermo y Chávez, 1994a). Se han hecho muchos trabajos en este sentido que han permitido realizar una microzonificación preliminar (Lermo y Chávez, 1994b y 1993).

1.5 Organización del trabajo.

En el capítulo II se delimita la zona en la que se trabajó, una reseña histórica de la evolución de la ZCV y una breve historia acerca de los sismos que han afectado la zona. En el capítulo III se muestra una descripción geológica e hidrológica de la región. El capítulo IV trata el aspecto geotécnico de la zona y la consideración de estudios que se han hecho con anterioridad. En el capítulo V se hace una descripción de las diferentes técnicas usadas en trabajos de microzonificación, además el análisis de los registros de las campañas de vibración ambiental, registros de temblores y el mapa de isoperiodos. El capítulo VI nos presenta una microzonificación preliminar obtenida a partir del mapa de isoperiodos. Finalmente el capítulo VII contiene conclusiones y las recomendaciones para futuros trabajos relacionados con el tema.

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

2. GENERALIDADES

2.1 Antecedentes.

La periferia del Océano Pacífico, es una franja de importante sismicidad en el mundo que abarca desde la Patagonia hasta Canadá en América, incluyendo las costas de México, caracterizada por su gran actividad volcánica, esta zona es conocida como *Cinturón de Fuego del Pacífico* o *Cinturón Circumpacífico* (Figura 2.1).

El territorio nacional se ve afectado principalmente por la actividad de cuatro placas tectónicas: la de Norteamérica, Cocos, Rivera y del Pacífico. La mayoría de los grandes sismos en México se deben a dos tipos de movimiento entre placas: el de subducción en las costa del Pacífico a lo largo de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, y un desplazamiento lateral entre la Placa del Pacífico y la Norteamericana como el que se tiene en la península de Baja California. Menos frecuentes son los sismos generados dentro de las placas (intraplacas), cuya energía liberada y profundidad donde se originan son mayores a los interplaca. También han ocurrido grandes sismos dentro del continente o a lo largo del eje volcánico, sin embargo estos sismos que son corticales, son todavía más escasos que los de intraplaca.

El Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) de 1993, divide a la República Mexicana en cuatro grandes zonas de riesgo sísmico: Zonas A, B, C y D que van de menor a mayor peligro sísmico (Fig. 2.2). Esta clasificación es aplicable a estructuras en terreno firme, sin tomar en consideración el fenómeno de *efecto de sitio*, el cual puede generar amplificación del movimiento en terrenos blandos, de tal forma que el comportamiento dinámico del suelo puede ser diferente en distancias cercanas.

En el estado de Veracruz se localizan tres de las zonas de riesgo sísmico del Manual de CFE: la A, B y C que a su vez se clasifican por el tipo de suelo; sin embargo el Manual reconoce como prioritario el uso de mapas de microzonificación sísmica en las zonas donde éstos existan (Figura 2.3).

El Reglamento de Construcciones para el Estado de Veracruz-Llave vigente, data del 2 de agosto de 1979 y carece de Normas Técnicas Complementarias propias que contemple los lineamientos para el Diseño Sísmico. Desde 1998, se encuentra en revisión para su aprobación una nueva propuesta que sí contempla el diseño sísmico y que al igual que el Manual de CFE, reconoce la importancia de que existan estudios de microzonificación sísmica.

2.2.- Ubicación y extensión de la zona en estudio.

La extensión de la zona en estudio, se delimitó tomando en cuenta los trabajos preliminares relacionados con las características del suelo reportados en la bibliografía. También se evaluó la historia sísmica por la extensión, ubicación y magnitud de los efectos locales de sismos históricos. Una tarea importante fue el estudio de la evolución histórica del crecimiento de la ciudad, para lo que se recurrió a planos y litografías antiguas.

El crecimiento urbano actual así como su proyección futura, pudo ser apreciado con las Cartas proporcionadas por la Dirección General de Ordenamiento Urbano y Regional de la Secretaría de Desarrollo Regional del Gobierno del Estado de Veracruz.

Al evaluar esta información y hacer un comparativo con los estudios existentes de las características morfológicas, geológica y geotécnicas, quedaron en evidencia zonas de interés para

los estudios de microzonificación, lo que dio la pauta a seguir para delimitar el área de estudio en este trabajo, así como visualizar futuras áreas de expansión de los mismos (Figura 2.4).

La Zona Conurbada Veracruz-Boca del Río está ubicada en la costa del Golfo de México, parte media oriental del Estado de Veracruz, al norte de la llanura de sotavento.

El área en estudio, dentro de la ZCV cuenta con más de 500 000 habitantes y se encuentra comprendida entre las coordenadas geográficas:

19° 06' 00'' y 19° 14' 06'' de latitud norte.
96° 06' 03'' y 96° 15' 30'' de longitud oeste .

Limita con los siguientes municipios: al norte con La Antigua, al noroeste con Paso de Ovejas, al suroeste con Manlio Fabio Altamirano, al sur con Medellín y al sureste con Alvarado.

Estas coordenadas, determinan un área aproximada de 180 Km² dentro de la cual se localiza el casco histórico de la ciudad de Veracruz, en algún tiempo también conocida como "Ciudad de tablas", por el tipo de construcciones que en ella predominaba.

2.3. Expansión del área urbana.

Las Cartas de usos, destinos y reservas correspondientes a la Actualización del Programa de Ordenamiento de la Zona Conurbada de los municipios de Veracruz-Boca del Río-Medellín-Alvarado y la de usos y reservas del sector norte de la ciudad de Veracruz, presentan además, el destino del crecimiento urbano de la ciudad, indicando las áreas de reservas, hidrología, topografía, densidad de población, vialidades, etc.

Con la información anterior, se observó que la expansión industrial es notoriamente marcada hacia el suroeste de la ciudad, mientras que la expansión habitacional y turística lo es hacia el sureste.

2.3.1. Ciudad Antigua

La Villa Rica de la Vera Cruz, primer ayuntamiento de México y hoy ciudad de Veracruz, fue fundada y edificada en arenales en 1519, limitando al norte y el este con el Golfo de México. Por su desprotegida ubicación, la población era atacada frecuentemente y sin mayor resistencia por piratas y traficantes, por lo que se construyó hacia 1770 el Castillo de San Juan de Ulúa en el Islote del mismo nombre, que luego es unido a la ciudad. En 1790, se inicia la construcción de la muralla que rodeaba la ciudad, y de la que actualmente solo queda el Baluarte de Santiago. Pronto, los límites de la muralla quedaron rebasados con el auge de la ciudad que se pobló de comerciantes de todos lados. Alexander von Humboldt en 1807, calcula que 16 mil habitantes poblaban el puerto, sin contar la población flotante de marineros, arrieros, pasajeros y vivanderos. "Los migrantes dice se aglomeran en los arrabales de extramuros alrededor de la iglesia del Santo Cristo y San Sebastián. Las casas comienzan a construirse de mampostería y a dejar la madera como material principal".

En algunos planos y litografías que datan del siglo XVIII (Figuras 2.5 y 2.6) hasta nuestros días se localizaron antiguos ríos y caudales, espejos de agua, zonas de relleno, y áreas ganadas al mar, que existían en zonas ahora dentro de la mancha urbana, cuyo suelos pueden presentar características dinámicas especiales.

2.4.- Historia sísmica de la región.

La regionalización sísmica en México es todavía burda si tomamos en consideración que aún existen regiones donde han ocurrido grandes sismos, algunos de ellos catastróficos como en el centro y sur de Veracruz, con epicentros dentro del estado, cuyo origen no han podido ser asociados a ningún accidente geológico (Xalapa 1920, Jáltipan 1959) (Ordaz, M., 1999). No se cuenta con registros instrumentales suficientes en algunas zonas que puedan confirmar la existencia de fallas, la extensión y el avance de las mismas, así como el origen, recurrencia y características de algunos movimientos. La solución provendrá precisamente de la densidad y calidad de instrumentos instalados.

Sismos Históricos en la Región						
Fecha	Magnitud	Profundidad Km	Latitud	Longitud	Observaciones	Referencia
04-01-1920	$m_b=6.5$ $M_s=6.2$	15	19.27°	-97.08°	Temblor de Xalapa	Suter et al., (1996)
15-01-1931	$M_s=7.8$	40	16.34°	-96.87°	Temblor de Oaxaca	Singh et al., (1985)
26-07-1937	$M_s=7.3$	85	18.48°	-96.08°		Jiménez y Ponce (1977-78)
26-08-1959	$M_w=6.4$	21	18.26°	-94.43°	Temblor de Jáltipan	Ponce y Suárez (1985)
11-03-1967	$M_w=5.7$	24	19.23°	-95.74°	Temblor de Veracruz	Ponce y Suárez (1985)
28-08-1973	$m_b=7.3$ $M_w=7.0$	82	18.30°	-96.53°	Temblor de Orizaba	Abe (1981) Singh y Wyss (1976)

Tabla 2.1

En este trabajo, se consideraron los sismos históricos a partir de la instrumentación sísmica en México, la cual inicia en la época del porfiriato en 1910. El objetivo general de este estudio no es detallar las zonas sismogénicas sino el impacto de sismos históricos grandes, y es en este período, donde se pueden obtener valores de intensidad y magnitud, así como una localización más exacta de los mismos (Tabla 2.1). Para ello se reconocen como los sismos más importantes aquellos que ocasionaron daños en Veracruz y ciudades cercanas.

2.4.1.- Reseña de sismos históricos

El primer terremoto al que hacen mención los españoles después de la conquista, es el ocurrido el 1 de abril de 1523, en la sierra de Veracruz y como se sabe por la gran variedad de documentos históricos, muchos otros más quedaron plasmados por sus efectos en la sociedad que los experimentaba. Sin embargo como se dijo anteriormente, nos limitaremos en este trabajo a la época instrumental, a partir del Gobierno de Porfirio Díaz cuando la instalación de sismógrafos en el país nos permiten tener datos más confiables.

Aparentemente el número de eventos sísmicos aumenta en el período instrumental, sin embargo lo que sucede es que la gran mayoría de las personas no sienten algunos movimientos. En

la hemeroteca del diario El Dictamen se localizaron las reseñas sobre las apreciaciones de los efectos de los sismos históricos en la región:

3 de enero de 1920, (Temblor de Xalapa), se rompe la cañería de agua de El Tejar a Veracruz, devastó parte de Puebla y del Estado de Veracruz, y se estimaron cerca de 3000 muertos, así como numerosos daños en casas, derrumbes de edificaciones y cerros (Figura. 2.7).

15 de enero de 1931, el reloj del faro se desniveló y se cayó parte del techo del segundo piso. Se abrió una grieta en la calle de Canal entre Independencia y Clavijero.

25 de julio de 1937, en Veracruz, daños severos en la parroquia de la Asunción, amenaza de desplome de la torre sobre el café de La Parroquia. Cuarteaduras peligrosas en el palacio municipal y numerosas casas con cuarteaduras. Se estimaron entre Puebla y el Estado de Veracruz 30 muertos y 60 heridos.

26 de agosto de 1959, (Temblor de Jáltipan), en Jáltipan, destrucción casi total de la ciudad, 10 muertos y 138 heridos (Figura 2.8).

11 de marzo de 1967, (Temblor de Veracruz), con epicentro en los límites australes del municipio de Veracruz. En Veracruz, desplome de la cúpula del Hotel Victoria, que sufre peligrosas cuarteaduras, caída de una cornisa, descuadre de la cúpula del edificio de la Aduana, daños en más de 50 viviendas, cuarteaduras en la estación de Radio Sondeo recién construida (Figura 2.9).

28 de agosto de 1973, (Temblor de Orizaba), en Veracruz, destrucción de un tramo del acueducto de Tembladeras de 30 pulgadas, 40 casas agrietadas, la cúpula de la parroquia de la Purísima Concepción con agrietamientos, rotura de aparadores comerciales, caída de un muro en las calles de Juárez y 5 de Mayo. Entre Puebla, Oaxaca y Orizaba, se estimaron cerca de 453 muertos, 2000 heridos y 100,000 personas sin hogar (Figura 2.10).

La tabla (2.1) muestra las referencias que otros han hecho a estos temblores y sus características.

2.4.2.- Ubicación de daños por sismos históricos.

La cronología histórica de sismos que han causado daños, se presenta ubicando los puntos donde se registraron daños en un mapa geo-referenciado (Figura 2.11). Para ubicar algunas construcciones y sitios de la época, fue necesario recurrir a bibliotecas, planos, archivos y otras fuentes, pues algunas de ellas ya no existen en la actualidad o tienen otros nombres y destinos. Se delimitó las zonas de daño, así como las posibles causas de acuerdo a sus características de geología, geomorfología, geotecnia, etc. Se observa que los daños están concentrados en el centro de la ciudad principalmente, ya que esta zona es donde se encontraban los edificios más altos y antiguos, generalmente de mampostería (piedra mítica), a diferencia de las otras áreas de la ciudad donde predominaban las casas de madera (Ciudad de las tablas), por lo que se presume que aunque hayan ocurrido algunos daños, es muy probable que se despreciaran por no tener consecuencias y no fueran registrados.

Es conveniente mencionar que la ZCV hasta hace aproximadamente 30 años, solo contaba con unos cuantos edificios de menos de diez niveles, y sus construcciones más altas son más recientes.

2.4.3.- Información instrumental.

El Centro de Previsión del Golfo que estableció el general Don Porfirio Díaz en 1910, fue localizado originalmente en el edificio del antiguo Ilustre Instituto Veracruzano (aparentemente hasta 1940), y posteriormente reubicado en la calle de Canal No. 582 entre Zaragoza e Independencia, en el centro histórico. En la visita que se realizó a esta estación se pudo apreciar que las dos bases de concreto en donde estuvieron colocados los instrumentos se encuentran en perfecto estado. Dicha estación estuvo a cargo del Servicio Sismológico Nacional hasta el año de 1996 en que fueron retirados los dos sismógrafos Wiechert, uno vertical con una masa de 80 kilos suspendida de un resorte y, el otro horizontal con una masa de 200 kilos, ambos instrumentos se encuentran en el Instituto de Geofísica de la UNAM. Actualmente se tiene un acelerógrafo colocado en una de las bases.



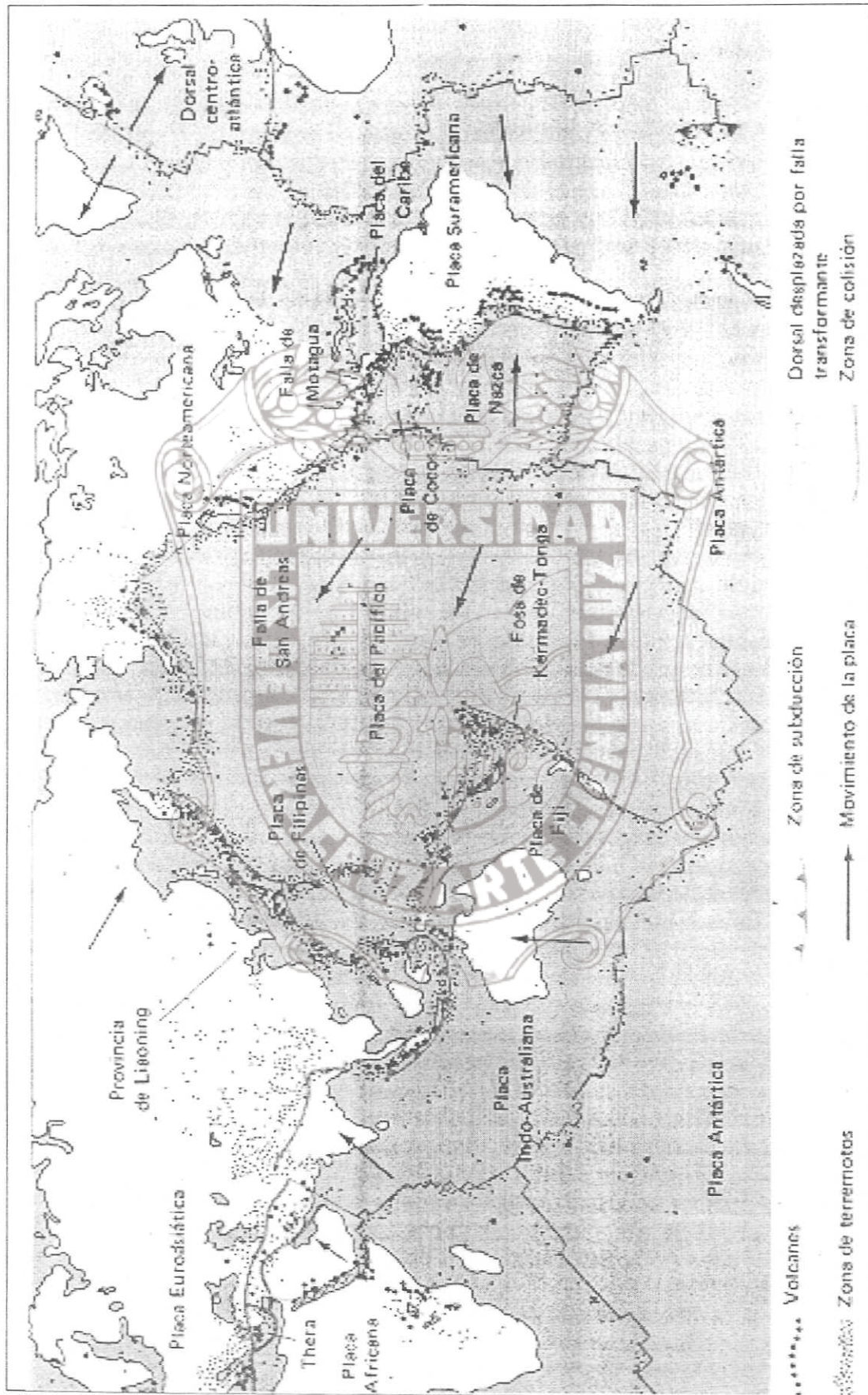


Figura 2.1 Mapa del mundo que muestra la relación entre placas tectónicas más importantes y los terremotos y volcanes reciente. Los epicentros de los terremotos están representados por círculos pequeños y los volcanes por círculos grandes (Adaptado de Bolt, 1978)

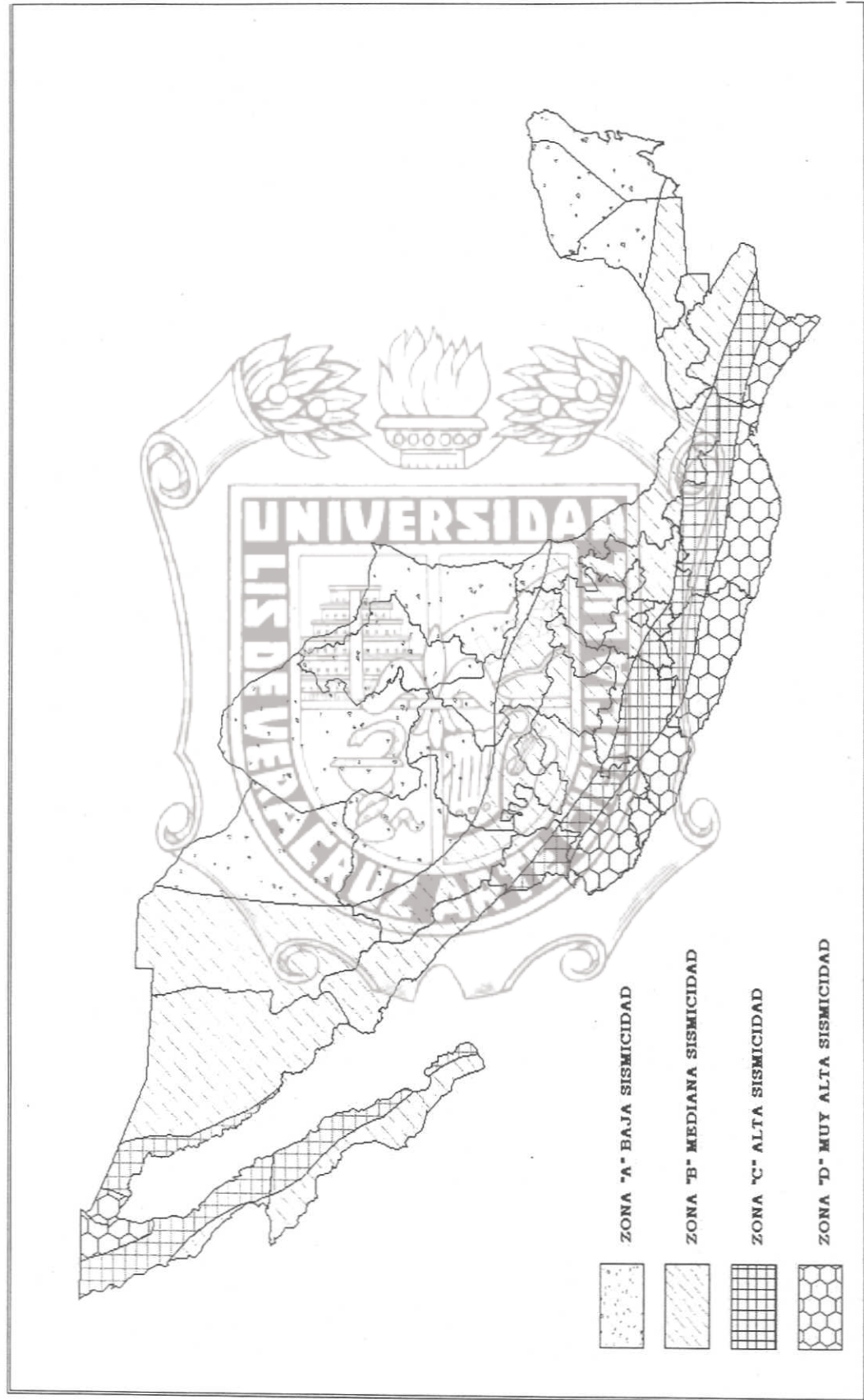


Figura 2.2. Mapa adaptado del Manual de Diseño de Obras Civiles de CFE, 1993



Figura 2.3. Mapa adaptado a partir del Manual de Diseño de Obra Civiles de CFE, 1993



Figura 2.5 Antigua ciudad amurallada de Veracruz, cartografía inglesa, finales del siglo XVIII, donde se muestra el cauce del Río Tenoya. Actualmente la zona amurallada es parte del centro histórico del puerto de Veracruz (Benítez et al, 1986)

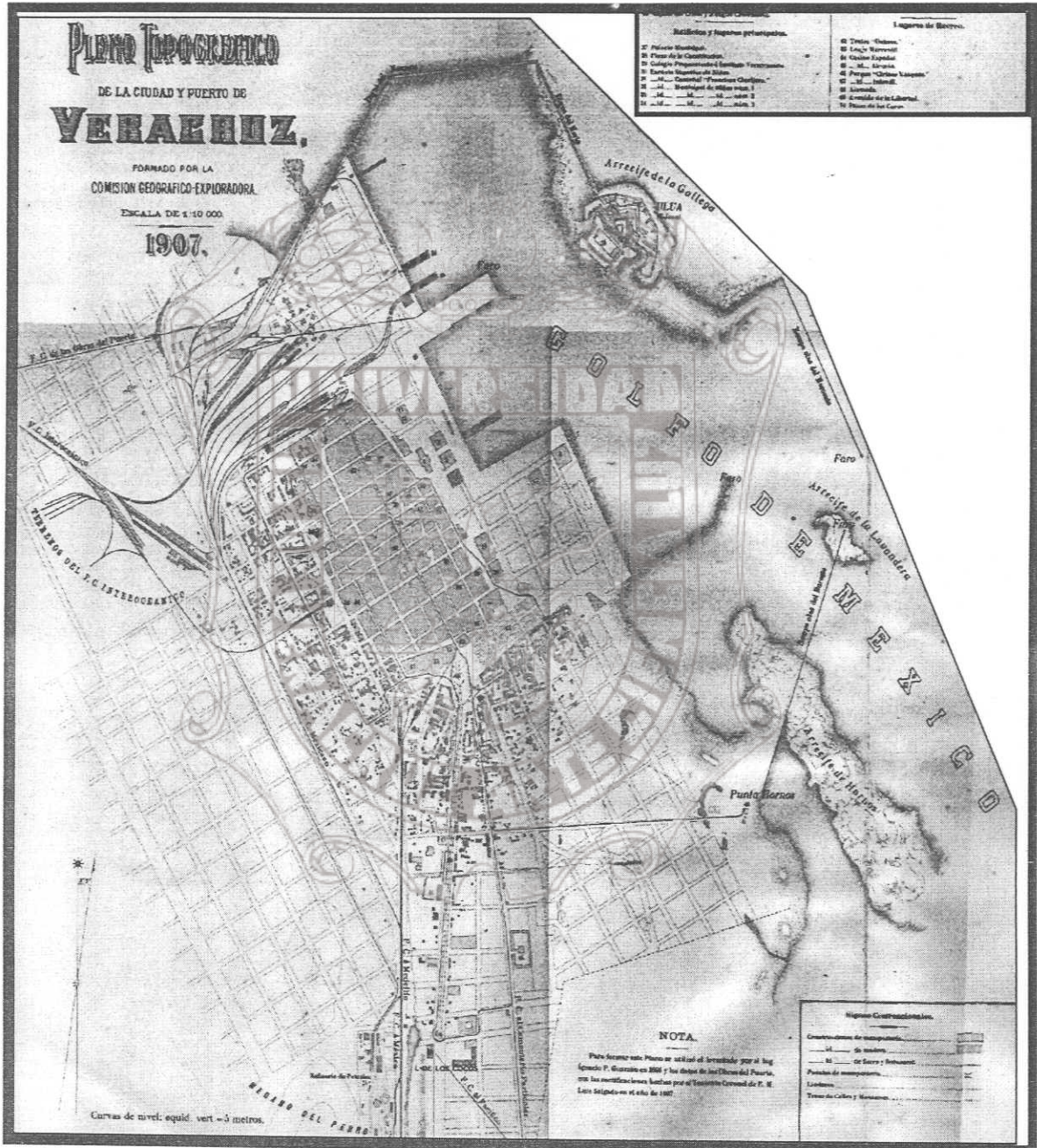


Figura 2.6 Mapa Antigua Ciudad Amurallada de Veracruz Cartografía Inglesa, donde se muestra el desarrollo de la ciudad y los antiguos ríos, arroyos y lagunas que por el crecimiento poblacional han desaparecido (Comisión Geográfica Exploradora, 1908)

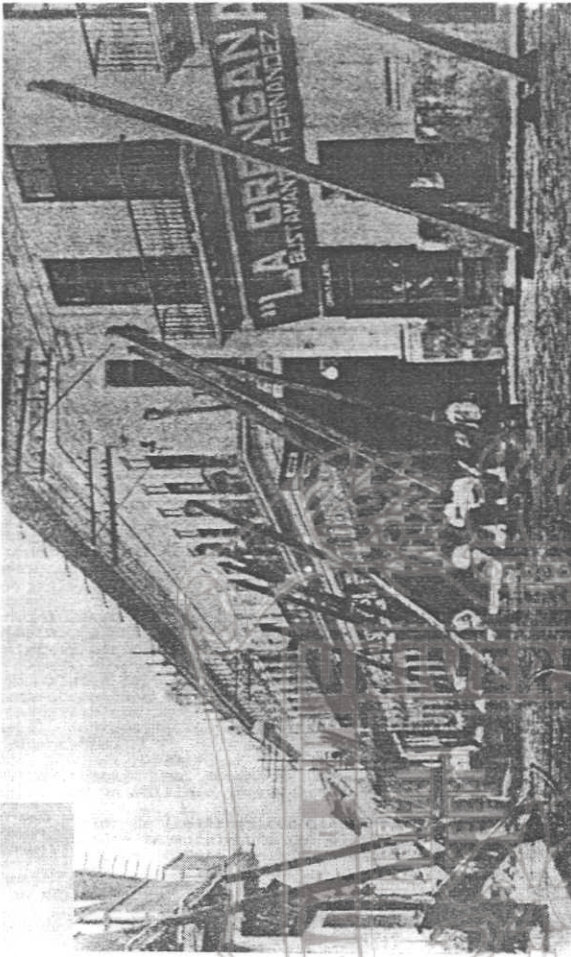
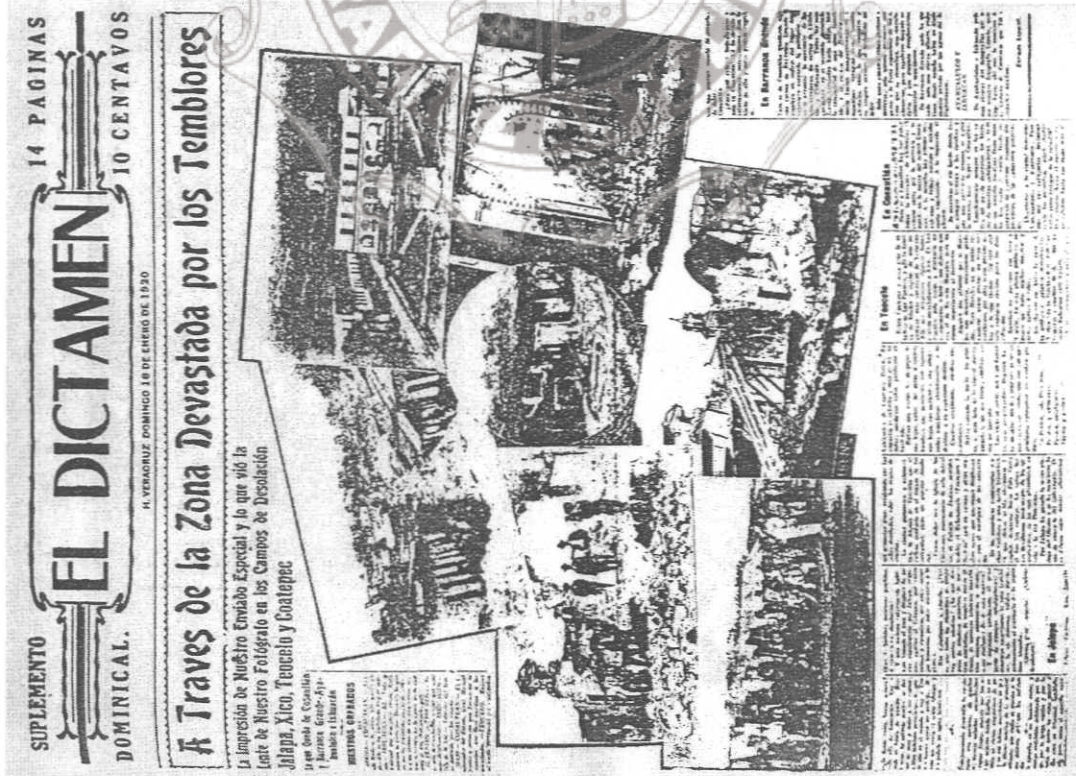
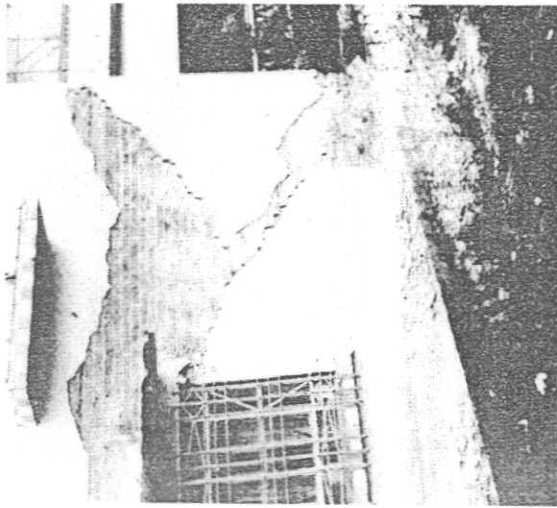


Figura 2.7 Daños en la ciudad de Jalapa debido al sismo de Jalapa del 3 de Enero de 1920. Foto de la izquierda (Hemeroteca del periódico El Dictamen). Fotos de la derecha, arriba centro histórico de Jalapa, abajo iglesia destruida en Teocelo (Suárez, G.)

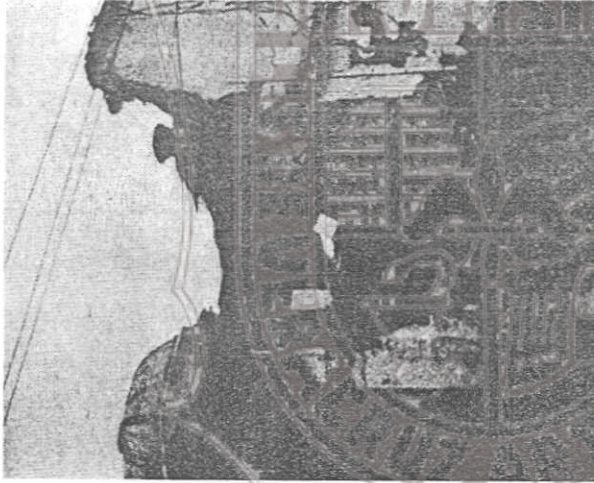


Figura 2.8 Daños en Jáltipan, Ver., debidos al sismo del 26 de Agosto de 1959 (Luna Bauza, C., 1994)

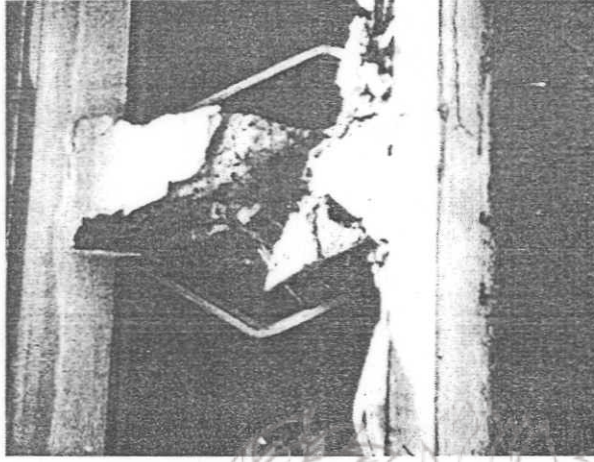
Agrietamiento de vivienda en Córdoba



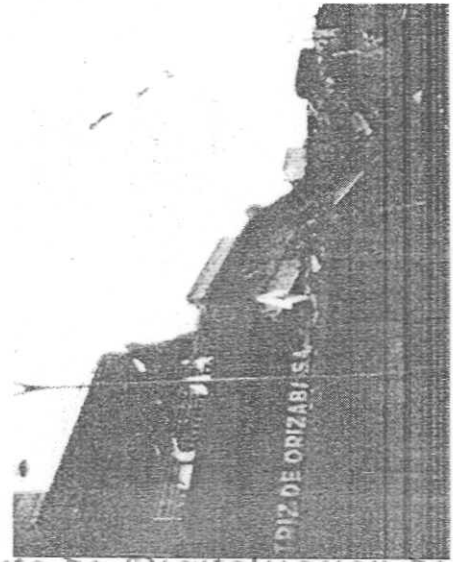
Derrumbe de Iglesia en Orizaba



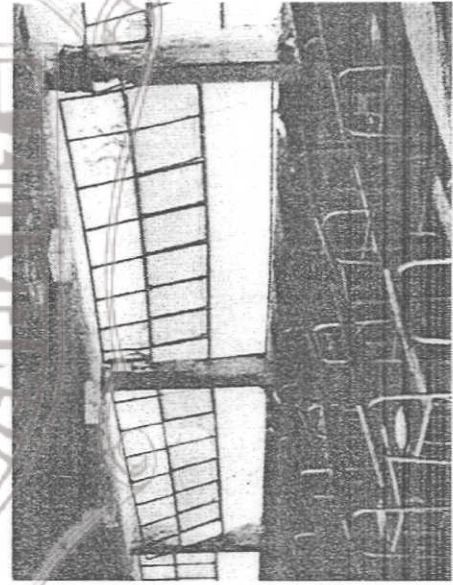
Falla de Columnas en Cd. Serdán



Derrumbe de Edificio en Orizaba



Falla de columnas en Escuela de Orizaba



Agrietamiento en vivienda de Córdoba

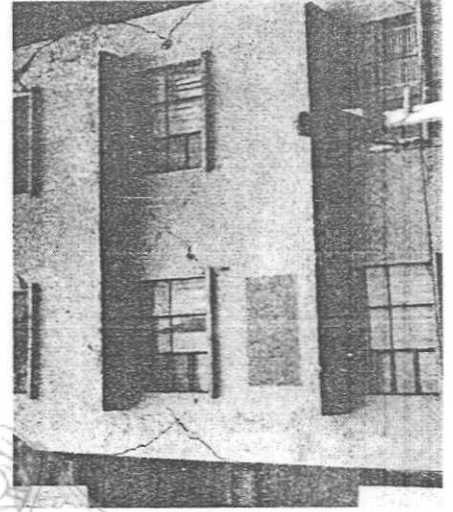


Figura 2.10 Daños en la región de Córdoba y Orizaba, Ver., debidos al sismo del 28 de Agosto de 1973 (Del Valle, E., 1973)

3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS.

3.1 Antecedentes

La ZCV está integrada por el municipio de Boca del Río y una parte de los municipios de Veracruz, Medellín y Alvarado. Su altitud sobre el nivel del mar es en general baja (10 m.), formada por una planicie llana de origen fluvio-marino, con numerosas formas fluvio-deltaicas, dunas litorales, depresiones y cauces; carece de alturas importantes, cuenta con zonas de inundación y es húmeda y calurosa. El tipo de clima ha sido descrito como cálido-subhúmedo, con una temperatura promedio anual de 27 °C y con precipitación media anual de 1,700 mm en verano.

Dos tipos de masas de aire dominan el estado: *la tropical*, generadora de depresiones, tormentas y ciclones; y *la polar*, conocida como "nortes", que son los vientos dominantes de la ZCV y alcanzan velocidades de hasta 130 Kilómetros por hora. Debido al efecto de los "nortes" se puede observar que el avance de los médanos y el vuelo de las arenas tienen su componente principal en esa dirección.

3.2 Geología.

El estado de Veracruz ha sido conformado a través del tiempo por la acción de diversos factores geológicos: Orogénicos, tectónicos y volcánicos que se iniciaron en el Terciario Superior y culminaron en el Cuaternario, además de procesos erosivos, que dieron origen a su fisiografía actual.

La unidad de conglomerados del Terciario que se distribuye al oeste de la ciudad de Veracruz, es de origen continental y está constituida por clásticos de rocas preexistentes. Cubre discordantemente a rocas marinas del Terciario, su expresión morfológica es de lomeríos de pendientes suaves.

Los suelos son los que ocupan la mayor extensión y están formados por material erosionado de las rocas preexistentes. Su granulometría es variada, va desde gravas y arenas hasta arcillas y limos. Los hay lacustres, palustres, eólicos, litorales, aluviales. Estos suelos forman los depósitos más recientes (Cuaternario).

La geología regional de la ZCV data de la era del Cenozoico (C) período Cuaternario (Q) con roca de origen sedimentario con las siguientes unidades litológicas: aluviales (al) ocupando un 52.7 % de la superficie municipal, arenisca conglomerado (ar-cg) un 13.35 %, eólico (eo) un 33.10% y litoral (li) un 0.85% (Páez, 2001) (Figura 3.1).

En el estado de Veracruz existen 8 provincias fisiográficas y 12 subprovincias; las provincias son: Llanura Costera del Golfo Norte, Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico, Sierra Madre del Sur, Llanura Costera del Golfo Sur, Cordillera Centroamericana, Los Tuxtlas y Sierra de Chiapas y Guatemala (Enciclopedia Municipal Veracruzana, 1998).

Los Municipios de Veracruz, Alvarado, Medellín y Boca del Río, se ubican en la subprovincia de la Llanura Costera Veracruzana, que de manera general se divide en tres grandes regiones: sistemas de lomeríos al oeste, *la llanura costera aluvial* y los sistemas de lomeríos del sur y sureste. La ZCV se ubica en la segunda región, la cual es angosta en el norte con una importante área alargada de dunas costeras cerca del puerto de Veracruz, que se ensancha en forma considerable a la altura de Boca del Río, donde desemboca el Río Jamapa.

Los dos grandes procesos formativos de la ZCV fueron: primero, la acción marina y eólica sobre el litoral y los campos de dunas, lo que favoreció la formación de un litoral con playas y anteplayas de alta energía, además, una conformación semiestable y activa de dunas cuya tendencia es de mantenerse o incluso incrementarse nuevamente en el futuro inmediato. El segundo proceso formativo, es por los cambios de la actividad fluvial de los ríos en el pasado, como el Río Medio que influyó en la formación de las terrazas fluviales antiguas inactivas, y en el caso del Río Jamapa con diferente actividad en la actualidad. Entre los dominios de la dinámica litoral (frentes de dunas) y el inicio superficial de las terrazas fluviales se encuentran los terrenos de interfase y cambio, dando como resultado que el área se forme en una estructura sedimentaria fluvio-marina.

3.3 Hidrología.

La topografía de la zona es más o menos plana, sin elevaciones notables y con extensas porciones bajas inundables y pantanosas; la topografía es interrumpida solo por pequeñas elevaciones irregulares correspondientes a dunas antiguas, las cuales presentan sus ejes longitudinales aproximadamente paralelos a la línea de la costa norte-sur, y las depresiones que quedan entre ellas frecuentemente están ocupadas por áreas inundables o inundadas permanentemente (lagunetas) (Figura 3.2).

Desde el punto de vista urbano, las áreas planas o de baja pendiente serían las más adecuadas para fines de urbanización; sin embargo en la zona de conurbación, muchas de estas áreas se encuentran ubicadas por debajo de la cota de 10 msnm, lo cual las hace susceptibles a problemas de inundación, por la lentitud del drenaje superficial entubado. Todas las áreas situadas por debajo de esta cota no se consideran aptas para el desarrollo urbano y deben ser mantenidas por áreas verdes, para protección ecológica, eólica y de márgenes fluviales.

Se estima que el 60% de la ciudad de Veracruz se encuentra ubicada en un área sensiblemente plana o de pendientes suaves que abarcan una franja paralela a la línea de la playa, con un ancho variable entre 1 y 2 Km. El límite de esta zona está constituido por los depósitos de médanos, con eje longitudinal en la dirección norte noroeste y ambos lados de los médanos, por las zonas bajas inundables que han sido gradualmente rellenadas para su utilización (Figura 3.3) (Páez, 2001).

Las características topográficas e hidrológicas de la ZCV conducen a la existencia de serios riesgos de inundación. De acuerdo a esto, existen tres categorías de zonas en el área metropolitana:

- Zona inundable periódicamente
- Zona inundable parcialmente
- Zona inundable excepcionalmente

Zona inundable periódicamente.- En estas zonas situadas en cotas baja, existe una alta frecuencia de los periodos de inundación, por lo menos una vez al año o incluso de manera semi-permanente. Las áreas con estas características son:

- La cuenca de la Laguna de San Julián.
- La llanura de inundación de los ríos Jamapa, Cotaxtla y Arroyo Moreno.
- Área del sistema lagunar de Mandinga.

Estas áreas deben mantenerse libres de ocupación urbana, ya que aún cuando en un momento dado puedan estar secas, existe el riesgo de inundación.

Tesis de Maestría

Zona inundable parcialmente.- Localizadas en la periferia de las zonas inundable periódicamente, incluyen áreas con mal drenaje, en su mayoría formadas por dunas semiestabilizadas (médanos), que en muchos sitios presentan una inundación permanente a lo largo de todo el año. No son áreas propias para uso urbano por problemas de drenaje. Gran parte de la periferia de la mancha urbana presenta estas características.

Zona inundable excepcionalmente.- Se ubica en la periferia de las anteriores, o entre ellas. Con una cota mas elevada, evita su inundación con excepción de períodos de lluvias muy intensas. Estas áreas pueden ser utilizadas para fines urbanos, siempre que se cuente con redes adecuadas de drenaje.



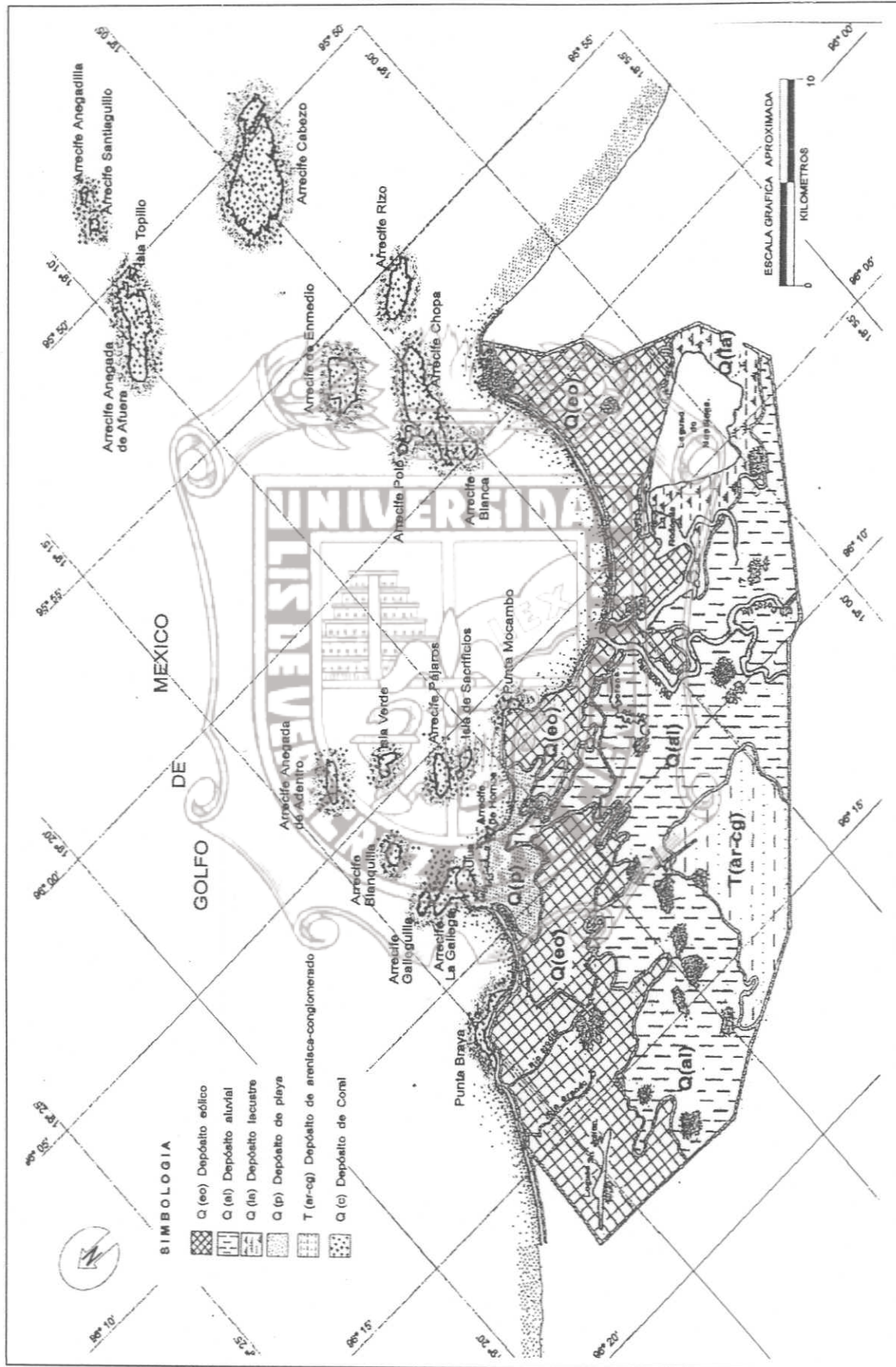


Figura 3.1 Características Geológicas de la zona conurbada de los municipios de Veracruz, Boca del Río, Alvarado y Medellín. (Basado en planos de Secretaría de Desarrollo Urbano Municipal (1994) Vol. II, Cartas Geológicas del INEGI y Tesis Páez, I. 2001)



Figura 3.2 Plano de los ríos y lagunas mas importantes que actualmente tiene la zona conurbada Veracruz-Boca del Río (Basado en Carta Topográfica del INEGI, Veracruz E14B49).

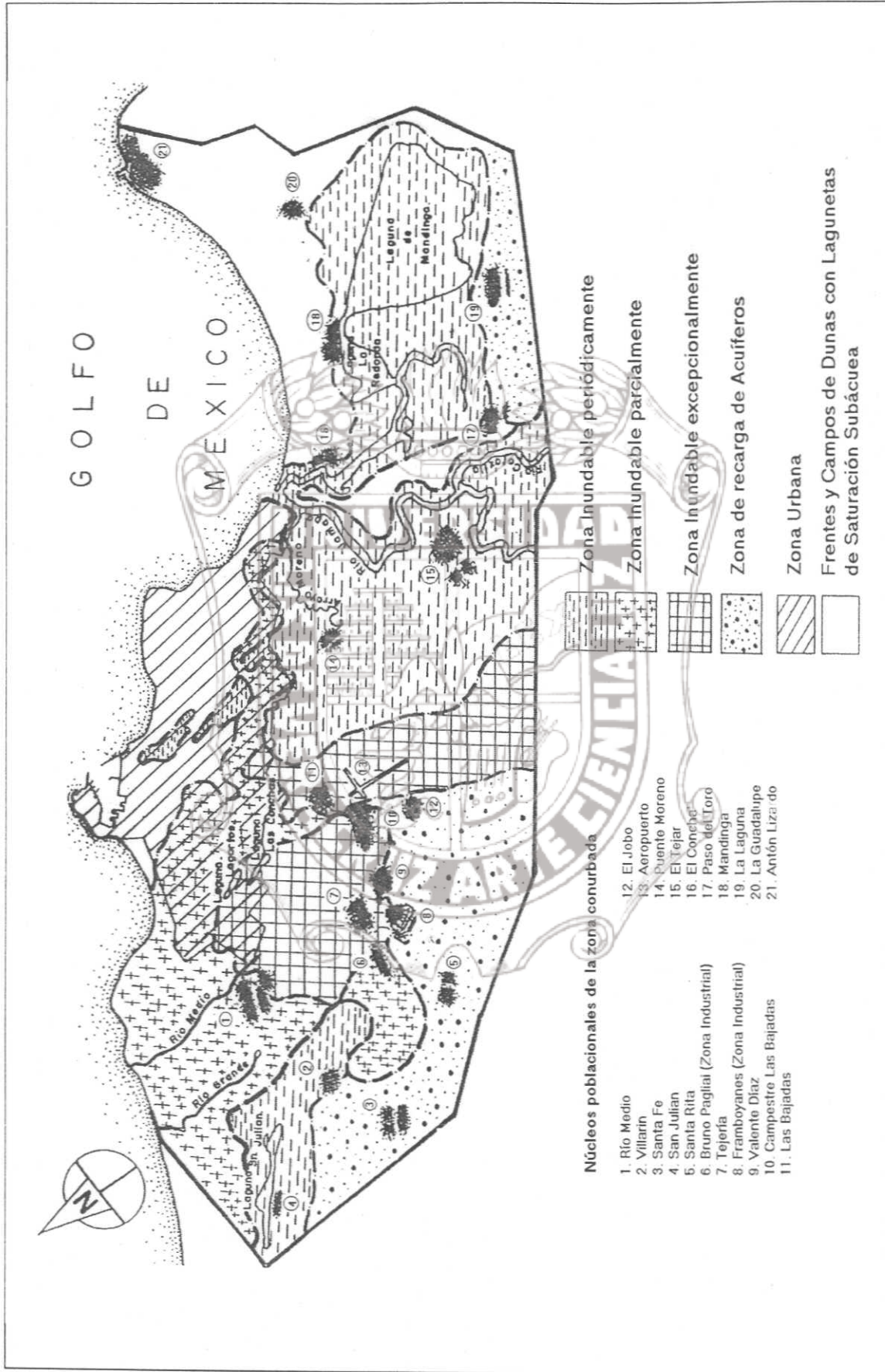


Figura 3.3 Características Topográficas e Hidrológicas de la zona conurbada de los municipios de Veracruz, Boca del Río, Alvarado y Medellín. (Basado en planos de Secretaría de Desarrollo Urbano Municipal (1994) Vol. II, Cartas Geológicas del INEGI y Tesis Páez, 2001)

4. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS.

4.1. Antecedentes.

Conocer las características geotécnicas de los suelos, nos ayuda a entender el comportamiento dinámico de los mismos. La primera zonificación geológica-geotécnica de la ZCV la propone Esquivel en 1976 (Esquivel, 1976) usando 15 estudios de suelos. En 1979 surge un trabajo de tesis a cargo de Miranda (Miranda, 1979) (Figura 4.1), y en el 2001 se retoma el tema en otro trabajo de tesis en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana, con 100 estudios de sondeos (Páez, 2001) el cual complementa los trabajos anteriores. Los mapas de los trabajos de referencia están hechos en forma de croquis, guardando solo una escala simbólica. En el presente trabajo, para poder elaborar un mapa georeferenciado, se siguió la topografía y la hidrología de la zona, de acuerdo a estudios hechos por el INEGI (Carta Topográfica E14B49).

Los estudios de suelos disponibles, no abarcan toda el área en estudio, se concentra en la zona urbana principal, sin incluir zonas en expansión urbana e industrial, por lo que en esta etapa se determinaron las principales características geotécnicas del mapa geológico, sin llegar a un mapa geotécnico por los pocos datos para delimitar zonas. El mapa elaborado en esta parte de la investigación (Figura 4.2) integra las características geológicas-geotécnicas de la zona en estudio, tomando en cuenta todos los trabajos realizados anteriormente.

4.2 Características de los suelos en ZCV.

1) Depósitos Eólicos Q(eo).

Unidad formada por el acarreo y retrabajo de arenas litorales por acción eólica. Los suelos de esta zona están constituidos por arenas finas limosas de origen eólico y marino que se localizan en los depósitos de médanos que se extienden atrás y dentro de la ZCV, con orientación aproximada norte-sur, que indica la dirección de los vientos predominantes de la zona. Sobre estas dunas está construida la parte alta de la ciudad de Veracruz, que llegan a tener hasta 15 m de altura respecto al nivel del mar. Los minerales presentes en estos suelos son feldespatos, micas, fragmentos de roca, cuarzo y fragmentos de fósiles.

2) Depósitos de Dunas Q(d)

Estos depósitos se encuentran entre las dunas y el mar, presentan una ligera pendiente hacia la costa y están constituidos por arenas limosas y poco limosas, de origen marino con restos de conchas y fósiles, depositadas por la acción de la alta marea en la zona de la playa y en las zonas planas. Son arenas ricas en feldespatos, micas, cuarzo y fragmentos de roca.

Los afloramientos más importantes de estos materiales se localizan en el centro de la ciudad de Veracruz y a lo largo de la costa litoral de la ZCV.

3) Depósitos Aluviales Q(al)

En la ZCV los afloramientos de estos materiales se localizan atrás y entre algunos cordones de dunas litorales y a lo largo del río Jamapa, Originados por la acción fluvial, su textura y granulometría varía de una región a otra. Hacia la porción occidental, son suelos poco consolidados de arena gruesa a ligeramente gravosos, compuestos por vidrio volcánico, feldespatos, micas y fragmentos de roca. Hacia la planicie costera, los suelos son limos arenosos

compuestos por cristales de cuarzo, feldespatos, micas, fragmentos de roca y gran contenido de limos, escasamente consolidados. Se caracteriza por ser la zona de inundación en la que no existía, hasta hace algunos años, desarrollo urbano. Debido al origen de estos sedimentos, estos están constituidos por una alternancia de arenas, limos arcillosos y suelos orgánicos.

4) Depósitos de Coral Q(c)

El subsuelo de esta zona está constituido por depósitos de coral y arenas coralíferas que se encuentran subyaciendo a las arenas superficiales de la playa en la línea del litoral a profundidades del orden de los 15 y 20 metros. Formados a partir de los duros esqueletos de pólipos, parientes de las anémonas y las medusas, animales cuyo diámetro no suele pasar de 5 mm, que se desarrollan en enormes colonias y en donde viven aproximadamente un tercio de las especies marinas. Se formaron hacia finales del terciario y principios del cuaternario sobre los suelos marinos de mayor antigüedad. Se presentan frente a la costa de la ZCV, principiando por la ciudad de Veracruz y terminando en Punta Antón Lizardo, quedando sepultados por sedimentos de arenas aluviales, debido a la regresión de la línea de costa. Los arrecifes de la costa de Veracruz presentan características particulares, clasificándose estos como arrecifes diseminados, desplantados sobre una superficie llana denominada suelo marino o plataforma continental. Los arrecifes están compuestos por una roca muy porosa de caliza de color blanco amarillento, conocida como madrepora y por abundantes fragmento de conchas de moluscos.

5) Arenisca-Conglomerado T(ar-cg)

Esta unidad corresponde a una secuencia continental de conglomerados polimícticos, el esqueleto lo forman clastos redondeados a subredondeados de basalto, andesita, caliza y travertino, en una matriz arenosa, escasamente cementada por carbonatos. Las areniscas son de grano medio a grueso de color gris y pardo claro, con clastos de feldespato, plagioclasa y fragmentos de roca redondeados a subredondeados. En esta unidad subyacen calizas, basaltos, tobas básicos y conglomerados cuaternarios. La morfología que presenta es de extensas terrazas disectadas y acantiladas. Estos depósitos se localizan hacia el oeste en la porción central de la ZCV.

6) Depósitos Lacustres Q(la)

Están constituidos por limos, arenas y materia orgánica, que se forman en las zonas lagunares. Es posible identificar en las arenas minerales como cuarzo, feldespatos y nódulos de hematita, así como fragmentos líticos. Los afloramientos de estos materiales se localizan alrededor de la laguna de Mandinga que se sitúa al sureste de la ZCV. Esta zona queda fuera del área de estudio.

Para este proyecto se contó con aproximadamente 30 estudios de suelos adicionales, de los cuales el 52 % de los sondeos fueron exploratorios, de los tipos alterado-continuo y alterado-selectivo, con recuperación de muestras alteradas mediante muestreador de tubo partido y prueba de resistencia a la penetración estándar. El 17 % de los sondeos correspondieron al tipo mixto, en estos sondeos se alternó el muestreo alterado anteriormente descrito, con muestreo inalterado mediante tubos de pared delgada tipo Shelby. El 31 % de los sondeos, son pozos a cielo abierto, obteniéndose muestras principalmente alteradas en las excavaciones. Las profundidades de las exploraciones oscilan entre 0.80 y 30.5 m. En el anexo 1 se presentan algunos estudios de suelos en algunos puntos donde se midió la vibración ambiental.

Finalmente de todos estos estudios que se han realizado podemos decir que la mayor parte de la ZCV esta constituida por arenas finas limosas, de origen eólico y marino, que presentan un

Tesis de Maestría

nivel de aguas freáticas, generalmente cercano a la superficie, con excepción de las arenas de médano. El contenido de finos varía entre 3% y 35%, y una compacidad, que dependiendo del tipo de depósito puede variar de suelta a media cerca de la superficie, a media y compacta entre los 10 y 15 metros de profundidad.

Dentro de la ZCV existen pequeños estratos de arcilla orgánica, localizadas principalmente en las partes bajas de la Ciudad de Veracruz, a profundidades que varían entre los 0 y 10 metros a partir de la superficie, y con un espesor inferior a 2 metros.

En las zonas sureste y suroeste de la ciudad de Veracruz, el subsuelo esta constituido principalmente por depósitos aluviales recientes de arcillas limosas con arena y materia orgánica; el espesor de estos estratos puede variar entre 2 y 10 m.



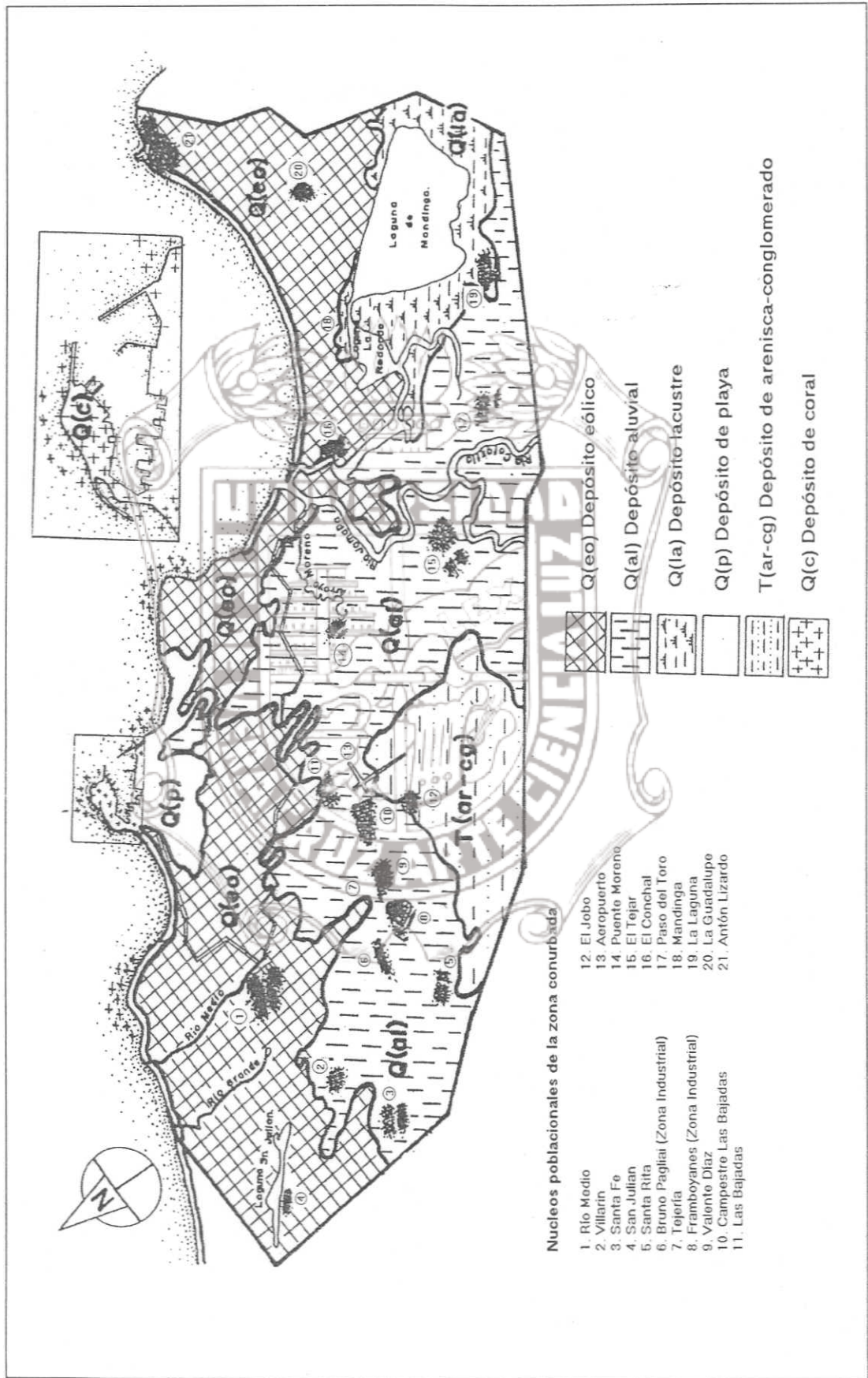


Figura 4.1 Zonificación Geológica-Geotécnica de la Zona Conurbada de los municipios de Veracruz, Boca del Río, Alvarado y Medellín (Miranda, 1979).



Figura 4.2 Características Geotécnicas basada en todos los estudios anteriores y colocadas en un plano geo-referenciado

5. CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS DEL SUELO

5.1 Antecedentes.

Son varios los métodos para estimar los efectos de sitio con fines de microzonificación, los cuales se pueden dividir en dos grupos de acuerdo con el material que trabajan:

Métodos Teóricos: son aquellos que se basan en modelos matemáticos, siendo su material de trabajo información geofísica, geológica y geotécnica detallada del sitio a evaluar.

Métodos Empíricos: Se basan en el análisis de registros de movimientos fuertes, débiles y de vibración ambiental.

En este trabajo solo utilizaremos el método empírico.

5.2 Efectos de sitio.

5.2.1.- Condiciones Geológicas del Subsuelo

De acuerdo con la ley de la conservación de la energía, se puede concluir que el desplazamiento de las partículas asociado a las ondas sísmicas que se propagan en un cuerpo sólido, debe incrementarse al pasar de un medio de alta velocidad de propagación a un medio de baja velocidad. Teóricamente se ha determinado que la aceleración asociada con las ondas sísmicas aumenta en la superficie al pasar de un medio rocoso (alta velocidad) a un estrato de sedimentos blandos (baja velocidad). El aumento depende de la relación de las velocidades de propagación en los dos medios y de la profundidad de la columna de suelo. De esto se deduce que las condiciones locales del subsuelo tienen efecto sobre la amplitud del movimiento en la superficie.

En general se puede decir que la intensidad de la sacudida del terreno y la cuantía de los daños serán mayores en suelos blandos sin consolidar que en suelo firme rocoso. En el sismo de Urayasu, Japón se pudo colocar un instrumento a 37 metros de profundidad en suelo consolidado y otro en la superficie que contiene una capa de 30 m de limo. La comparación de ambos registros muestra claramente el efecto de amplificación en estratos de aluvión y suelos blandos (Sauter, 1989) (Figura 5.2.1).

En un terremoto ocurrido en 1967 en Caracas, Venezuela se pudo corroborar el efecto de los suelos blandos sobre las construcciones. A pesar de que la magnitud no fue lo bastante fuerte ($M = 6.4$) y que el epicentro tuvo lugar a 56 Kilómetros de la ciudad, la sacudida causo el colapso de cuatro edificios de entre 10 a 12 pisos y muchas edificaciones altas sufrieron daños estructurales y arquitectónicos considerables. En el recuento de los daños se pudo observar que un edificio de mas de 10 pisos de altura los daños fueron mayores debido a que este estaba sobre un aluvión de 160 m. En edificios de 5 a 9 pisos la intensidad de daño era mayor para profundidades de aluvión de 50 a 70 m de profundidad, mientras que para edificios de 3 a 5 pisos el daño tendía a incrementarse cuando el subsuelo tenía un aluvión de entre 30 y 50 m. En suelo firme o roca el daño fue despreciable. Esta distribución de daños sugiere que además del efecto del subsuelo, debe considerarse el efecto de resonancia entre los edificios con el movimiento de la columna de suelo, cuyo periodo predominante de vibración aumenta con la profundidad del estrato (Sauter, 1989).

El ejemplo mas notorio del efecto de sitio es la Ciudad de México, cuyo subsuelo consiste en sedimentos saturados en el lecho del Lago de Texcoco. Estos estratos aluviales muestran

periodos fundamentales de vibración en el rango de 2 y 5 segundos, que son susceptibles de entrar en resonancia con ondas sísmicas de periodo largo. Estas características son la causa de que el movimiento del lecho rocoso sea amplificado en la zona del antiguo lago. En el sismo de Michoacán de 1985 se pudo comprobar que a medida que el sitio se aleja del epicentro las amplitudes de la aceleración disminuyen cuando el efecto de sitio no influye, pero, resultó notorio en una estación que se colocó en la zona del antiguo lago que las amplitudes de la aceleración aumentaron comparándolas con otras colocadas en suelos rocosos. Por ejemplo, en la zona de la UNAM (suelo firme) se registraron aceleraciones de 0.047 g y en la SCT (suelo blando), situada a pocos kilómetros de distancia las aceleraciones fueron del orden de 0.187g, es decir, una amplificación del orden de 4 veces (Celebi, 1987) (Figura 5.2.2).

De lo expuesto anteriormente se concluye que las características y profundidad del subsuelo tienen un efecto significativo sobre la intensidad de la sacudida y la severidad de los daños. Las ondas sísmicas pueden ser amplificadas a través de estratos de suelos aluviales blandos y la respuesta de los edificios puede aumentar considerablemente si el periodo natural de vibración de los mismos coincide con el periodo predominante de la columna de suelo, dándose el fenómeno de resonancia.

5.2.2.- Condiciones de topografía.

La topografía del terreno influye significativamente en la intensidad del movimiento sísmico y puede mostrar un efecto amplificador o atenuador. Se han realizado análisis teóricos cuyos resultados indican que ciertas formas topográficas, especialmente montes y valles, muestran varios grados de amplificación. Se ha observado que dependiendo de las frecuencias, de la dirección y del ángulo de incidencia aumenta la amplitud del movimiento en los bordes de valles y en la cresta y en las laderas de las colinas se ha comprobado analíticamente un incremento en la intensidad de la vibración, mientras que el fondo de valles se presenta un efecto atenuador. En edificaciones localizadas en la cima de las colinas (E), en el borde de valles (C) y en depósitos de suelos blandos (F), se han observado un aumento en la cantidad de daños comparándolas con edificaciones similares construidas en terreno plano (A) y fondos de valles (D) (Figura 5.2.3) (Sauter, 1989).

En el terremoto del 3 de Marzo de 1985 en Viña del Mar, Chile, en un desarrollo habitacional se observó que los daños mas severos fueron en edificaciones situadas en la cima de los montes, comparados con los daños en edificios de construcción similar localizados en valles. Este sismo tuvo la particularidad de tener réplicas que facilitaron la comprobación de los efectos de la topografía ya que se obtuvieron sismogramas de velocidad en instrumentos instalados en la cima y crestas del canal de Beagle. Se hizo un comparativo de los sismogramas y se observó una amplificación en la estación colocada en el valle sobre el suelo aluvial, con respecto a la colocada en roca, a su vez una amplificación aun mayor en la cima de las colinas respecto al valle. Se comprobó que, en general, la amplificación en las crestas es mayor para frecuencias de 2 a 4 Hertz, que corresponde a su vez al ámbito de frecuencias naturales de edificios de 4 a 5 pisos, que son los que sufrieron mayor daño por efecto de resonancia (Figura 5.2.4). El registro de VAL (Valparaíso) corresponde a suelo duro, CBA (Canal de Beagle) es en la zona del valle y CBB, CBC, CBE y CBF son registros obtenidos en las cimas o crestas de los montes del proyecto habitacional de Canal de Beagle en Viña del Mar, Chile (Celebi, 1987).

Se han realizado investigaciones mediante procedimientos analíticos sobre la influencia de los valles en la amplitud e intensidad del movimiento sísmico. Se ha comprobado que puntos cercanos al valle se amplifica hasta en un 50% respecto a un sitio de terreno plano, y en el propio borde del valle la amplificación es del doble respecto al punto de referencia, mientras que en el

Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana

fondo del valle se registra mas bien un efecto atenuador y una disminución de la aceleración máxima en un 65%. Con esto se ha demostrado que la variación en la intensidad del movimiento sísmico puede ser realmente grande debido a las irregularidades que puede presentar el sitio (Vogt, 1987).

Existen muchos otros factores que influyen en la intensidad del movimiento relacionadas con las condiciones topográficas, pero generalmente se acepta que el ángulo de incidencia y el tipo de onda sísmica y la geometría de la topográfica son las más importantes. En el caso de los valles la amplificación esta relacionada con el ancho de la depresión; generalmente la amplificación en los bordes será mayor si la longitud de onda sísmica es menor que el doble del ancho del valle. Las condiciones geológicas también tienen igualmente influencia significativa en el caso de valles poco consolidados donde el efecto puede ser aun mayor. Se puede decir que aun es difícil cuantificar el efecto de amplificación causado por las condiciones e irregularidades topográficas, aún con el uso de sistemas de análisis y computación complejos. Las condiciones reales son muchas mas complicadas a los modelos simplificados asumidos por los estudios teóricos.

5.3. Técnicas para estimar el efecto de sitio.

5.3.1 Técnica de la razón espectral estándar.

La evaluación de los efectos de sitio debido a la geología local o topografía han llegado a ser uno de los requerimientos más importantes en los estudios de microzonificación. Una de las técnicas más populares para estimar los efectos de sitio en regiones de moderada a alta sismicidad es usar la técnica de la *Razón Espectral Estándar* de registros sísmicos. La técnica de la razón espectral es muy popular para el análisis de registros de movimientos débiles y fuertes

Para la aplicación de esta técnica suponemos implícitamente que los efectos de sitio pueden ser modelados por una capa unidimensional 1D. Se han hecho muchos trabajos en ese sentido. Uno de los primeros fue el de Borchardt (1970), quien avaló el calculo empírico de las funciones de transferencia, para la evaluación local de los efectos de sitio en diferentes tipos de suelos (e.g., Borchardt y Gibbs, 1976; Tucker y King, 1984; Jarpe et al, 1988, Singh et al, 1988a; Chávez-García et al, 1990).

Este método consiste en registrar varios temblores en una serie de estaciones colocadas en zonas estratégicas de la región en estudio, donde una de esas estaciones sirve como estación de referencia. Esta estación de referencia debe estar localizada en roca, donde pudiera considerarse que está libre de efectos de sitio. Una vez obtenido el registro de un mismo evento en cada una de las estaciones, se toma una ventana del acelerograma del paquete de las ondas S, la cual es usada para estimar las razones espectrales relativas a la estación de referencia, cuyo registro se presume está libre de los efectos de sitio causados por incidentes topográficos o irregularidades geológicas.

El procedimiento consiste en escoger una ventana en común del acelerograma del evento registrado en el lugar que se desee conocer los efectos de sitio y dividirlo entre la misma ventana del mismo evento registrado en la estación de referencia. El cociente obtenido de comparar ambas ventanas se define como la razón de espectro de amplitudes de Fourier entre ambas estaciones, suavizados con el objeto de reducir la varianza del cociente. Generalmente se toman ventanas de unos 20 a 30 segundos sobre la parte intensa de la señal, que corresponde a las ondas S del sismo (Figura 5.3.1).

Sin embargo, el método de la *Razón Espectral Estándar* tiene importantes limitaciones para estimar los efectos de sitio. Algunos de estos han sido señalados por Safak (Safak, 1991).

Suponiendo que tenemos instalada una estación de referencia en roca dura y queremos evaluar la amplificación de un movimiento de suelo en sedimentos en suelos blandos. El nivel de ruido insignificante es diferente en ambas estaciones, no todos los eventos grabados por la estación de suelo blando serán grabados por la estación de referencia. Esta situación implica grandes periodos de observación para grabar varios sismos en ambas estaciones. Otro problema es que en ciertos casos, puede ser muy difícil encontrar un lugar conveniente para la estación de referencia.

5.3.2 Técnica de Nakamura.

En esta tesis se presenta una alternativa para la evaluación de las funciones de transferencia empíricas sin usar una estación de referencia. Esta alternativa, originalmente propuesta por Nakamura (Nakamura, 1989) para interpretar la medición de microtemblores, se apoya en la hipótesis de que la componente vertical del movimiento de suelo contiene mas información de la fuente y trayectoria del sismo que las componentes horizontales. En un estudio hecho en las ciudades de México, Acapulco y Oaxaca, (Lermo y Chávez-García, 1994) se compararon los resultados de la técnica de Nakamura con la técnica de la razón espectral estándar, y en los tres casos los resultados son muy alentadores y sugieren que, si los efectos de sitio son causados relativamente por la geología, es posible estimar el periodo dominante y el nivel de amplificación local usando registro de una sola estación.

La técnica que aplicamos para registro de sismos fue originalmente usada por Nakamura para interpretar los microtemblores. La hipótesis de partida es que la energía de los microtemblores consiste principalmente de ondas Rayleigh, y que la amplificación del efecto de sitio es debido a la presencia, en la superficie, de una capa de suelo blando que esta sobre un suelo firme o basamento. En estas condiciones se tienen cuatro componentes que involucran el movimiento del suelo: las componentes del movimiento horizontal y vertical en el suelo firme, las componentes del movimiento horizontal y vertical en la superficie (Figura 5.3.2). De acuerdo con la técnica de Nakamura, es posible estimar el efecto de amplitud de la fuente por la razón A_S

$$A_S = \frac{V_S}{V_B} \quad (5.3.2.1)$$

Donde:

V_S = espectro de amplitud de la componente vertical del movimiento en la superficie

V_B = espectro de amplitud de la componente vertical del movimiento en el basamento.

Nakamura entonces procede a definir un efecto de sitio estimado para fines de ingeniería sísmica, como la razón

$$S_E = \frac{H_S}{H_B} \quad (5.3.2.2)$$

Donde:

H_S = espectro de amplitud de la componente horizontal del movimiento en la superficie.

H_B = espectro de amplitud de la componente horizontal del movimiento en el basamento.

Ahora, para compensar S_E por el efecto de fuente, nosotros calculamos una función que modifica el efecto de sitio, S_M , como

$$S_M = \frac{S_E}{A_S} \quad (5.3.2.3)$$

el cual es equivalente a

$$S_M = \frac{\left(\frac{H_S}{V_S}\right)}{\left(\frac{H_B}{V_B}\right)} \quad (5.3.2.4)$$

y finalmente, si aceptamos que la razón H_B/V_B es igual a la unidad, la función del efecto de sitio, corregida por términos, puede ser escrita como

$$S_M = \frac{H_S}{V_S} \quad (5.3.2.5)$$

La suposición de que H_B/V_B es igual a la unidad fue verificado experimentalmente por Nakamura, usando microtemblores comparando los registros obtenidos en la superficie con los registros medidos en pozos profundos. Esta técnica ha sido suficientemente comprobada por Ohmachi (1991) al interpretar medidas de microtemblores en el Área de San Francisco, y por Lermo y Chávez-García (1994) quienes aplicaron este método de análisis de registros de microtemblores en cuatro diferente ciudades en México y obtuvieron buenos resultados comparados con la razón espectral estándar usando los registros de velocidades de temblores pequeños.

Sin embargo, es difícil explicar porqué una técnica concebida para analizar las ondas Rayleigh, que son ondas superficiales, en registros de microtemblores debiera trabajar para la parte intensa de los sismogramas, las ondas S, las cuales son ondas de cuerpo. Para justificar en forma empírica porqué sucede esto, es bueno tomar en cuenta el siguiente argumento. Tomemos como ejemplo la ciudad de México, que es un caso relevante en cuanto al estudio de los efectos de sitio. Aquí, la amplificación del movimiento del suelo debido a una delgada capa de arcilla extremadamente blanda, alcanzó un factor de 50 en algunas frecuencias durante el sismo de Michoacán en 1985. Sin embargo, a pesar de lo grande de los efectos de sitio, la componente vertical de desplazamiento no tuvo amplificaciones considerables no obstante las características del suelo. Además, con los estudios mas recientes hechos con la red Acelerográfica de la Ciudad de México han confirmado que no cambia la componente vertical, de acuerdo a los eventos medidos recientemente, tal como el sismo de 25 de Abril de 1989, $M_s = 6.9$. Al parecer la componente vertical no está sujeta a importantes efectos de sitio sufridos por las componentes horizontales, de modo que éstas pueden ser usadas para medir los movimientos de suelo de las mismas condiciones locales del sitio.

5.4 Registro de temblores y vibración ambiental.

5.4.1 Características de los equipos.

Se cuenta con dos acelerógrafos modelo GSR-18 marca Refraction Technology, Inc. (antes Terra Technology Corp), con resolución de 18 bits a 200 mps (muestras/seg.), rango dinámico de 108 dB a 200 mps; servoacelerómetro triaxial SSA-320 de escala máxima 0.5 de g; configuración almacenada en un EEPROM interno, independiente de batería de respaldo, adaptador externo de tiempo GPS y con tarjeta de memoria extraíble tipo PCMCIA flash de 16 Mb (Tabla 5.4.1).

El tercer acelerógrafo es un modelo ETNA marca Kinemetrics Inc., con resolución de 18 bits a 200 mps, rango dinámico de 108 dB a 200 mps, acelerómetro tipo triaxial, modelo Episensor, con escala completa de 1.0 g, adaptador externo de tiempo GPS y con dos tarjetas de memoria extraíble tipo PCMCIA flash de 64 Mb, respectivamente (Tabla 5.4.2).

5.4.2 Procedimiento de registro.

En las campañas de vibración ambiental generalmente se usaron los equipos GSR-18. Previamente en gabinete se le colocaban los parámetros necesarios para las campañas de vibración ambiental. En el caso de los equipos GSR-18, que fueron los que mayormente se usaron en las campañas, los parámetros fueron los siguientes. En el programa Allview de los equipos GSR-18, en la barra del menú ir a Recorder y luego System, en esta pantalla se modifican las características que puedan identificar a la campaña en proceso. Dentro de Recorder, ir a Recording Setting, luego a Event, y en esta cambiar los parámetros de Pre-evento, Pos-evento y la escala para el arranque del equipo. En las campañas se utilizó un pre-evento de 1 segundo, un post-evento de 60 segundos y una escala para el arranque del equipo de 0.01 en los tres canales. Una vez cambiados estos parámetros el equipo estará en las condiciones adecuadas para la realización de la campaña de vibración ambiental. Lo que sigue es llevar el equipo al punto donde se desea conocer la forma de vibrar del suelo.

- A).- Colocación en el punto a medir haciendo todo lo posible que no sea cerca de lugares con mucho ruido y sobre suelo que permita que el equipo no se desnivele.
- B).- Elegido el sitio, se procede a ubicarlo con un GPS manual y en coordenadas UTM para posteriormente colocarlo en el sitio correcto en un plano geo-referenciado de la zona.
- C) Una vez colocado se procede a orientar el equipo colocando la dirección positiva del canal 2 del sensor señalando hacia el Norte y la dirección del canal 2 hacia el Oeste.
- D).- Se procede a nivelar el equipo, bien con el nivel interno del sensor o hacer uso de un nivel manual que se puede poner sobre la tapa del equipo ya orientado.
- E).-Una vez nivelado y orientado correctamente se procedía a medir.
- F).- Sobre la tapa se enciende la luz amarilla (Event) la cual nos indica que el equipo ha iniciado la medición. Cuando esta luz amarilla se apague entonces la grabación del evento ha terminado.
- G).- Se procede a apagar el equipo y llevarlo a otro punto de interés.

5.5 Análisis de datos.

5.5.1 Registro de vibración ambiental.

En lo referente a las campañas de vibración ambiental se llevaron a cabo un total de 18 campañas abarcando 176 puntos. Este era uno de los objetivos que se cumplió ya que se llegó a

cuando menos tener una medición por kilómetro cuadrado, y en algunos casos se pudo hacer mas de una (Tabla 5.5.1). Cada punto donde se midió la vibración ambiental se ubicó con un GPS en coordenadas UTM y se colocó en un plano geo-referenciado de la zona.

Los registros obtenidos en campo se descargan en una PC portátil, llevando el aparato a gabinete, se conecta la PC al puerto serial del GSR-18. Se procede a abrir el programa Allview (Software del equipo), en la barra de Menú se elige Recorder y se elige Event Recording Files se despliegan los archivos registrados en el equipo y se selecciona una carpeta donde se colocaran. Otra alternativa para bajar la información del equipo es colocar la Tarjeta PCMCIA en la computadora portátil y bajarlos con el ambiente Windows.

Una vez que se tiene el registro con la extensión GSR este se procede a cambiar a archivo ASCCI, lo cual se puede hacer por medio del programa Allview. Estando el registro en archivo ASCCI, se divide la señal en tres archivos diferentes, uno para cada canal. Hecho esto, se procede a abrir el programa Degtra 95 (Instituto de Ingeniería de la UNAM) y se lee en la ventana superior la componente horizontal E-W y en la ventana inferior la componente vertical Z. El programa permite hacer ventanas de 20 segundos. Seleccionado el tramo de 20 segundos que se va analizar se obtiene el Espectro de Fourier de cada componente.

El programa automáticamente despliega los Espectros de Fourier de cada componente, y la razón de ambos espectros. Esta división se hace para aplicar la técnica de Nakamura antes descrita. Se hacen tres ventanas para los 60 segundos registrados, la primera 1-20 segundos (sin abarcar el golpe de la excitación), la segunda de 20-40 segundos, la tercera de 40-60 segunda y una cuarta ventana de 20 segundos es elegida en las partes donde el registro tenga menos alteraciones. Estas 4 ventanas generan cuatro razones espectrales para la componente E-W. Para la otra componente N-S realizamos la misma operación generan otras cuatro razones espectrales. Cada vez que se excitaba el equipo nos genera un total de 8 ventanas de razones espectrales. Para cada punto donde se midió la vibración ambiental se excitó el acelerógrafo en dos ocasiones por lo que para cada punto tenemos un total de 16 ventanas (Figuras 5.5.2 y 5.5.3).

De las 16 ventanas que se tienen, se procede a obtener el promedio de todas las razones espectrales en la dirección E-W y de todas las razones espectrales N-S (Figura 5.5.4). Esta gráfica contiene las razones espectrales en el rango de 0.1 a 10 en amplitud y las frecuencias entre 0.1 a 10 Hz. Las líneas delgadas muestran las razones espectrales de las 8 diferentes ventanas de cada dirección. La línea gruesa representa el promedio de estas razones espectrales.

5.5.1.1 Interpretación del promedio de las razones espectrales

La razón espectral promedio para cada dirección nos permite conocer cómo vibra el suelo. Donde se presenta el pico máximo de la razón espectral es la frecuencia que nos permite obtener el periodo de vibración del suelo. El Apéndice I nos muestra el total de 176 puntos donde se midió el período dominante del suelo. A continuación damos unos ejemplos de cómo se interpretaron estos cocientes espectrales.

Para el punto P5 ambas razones espectrales promedio tienen un pico que coincide para el mismo rango de frecuencias esto indica que el suelo tiene una misma forma de vibrar en ambas direcciones.

En el punto P38 la razón espectral promedio no rebasa la unidad, esto nos dice que este suelo es estable y no presenta amplificación. Por lo que no se puede definir una frecuencia y su respectivo periodo.

El P128 presenta variaciones en la amplificación, en estos casos puede decirse que hay efectos bidimensionales. Pudiera ser que una de las dos direcciones haya quedado orientada en la dirección de algún pequeño valle.

Los casos como el P108 nos muestra dos picos continuos esto indica que probablemente tenemos varios paquetes sedimentarios con diferentes características dinámicas. El rango de frecuencias va desde 3 hasta 10 Hz.

Para casos P76 donde tenemos una mayor amplitud en la dirección E-W se debe tomar como amplitud relativa la mayor.

Para el caso de P129 tenemos efectos de sitio muy importantes alrededor de 3 Hz en las dos componentes, tomando como mayor la N-S que muestra una amplificación de 4 veces con respecto a una estación de referencia (estación en roca).

En la Tabla 5.5.5 se presentan las frecuencias, periodos y amplificaciones para cada uno de los puntos en que se tomó medición de la vibración ambiental. Algunos puntos tienen una frecuencia cero debido a la ausencia de efecto de sitio.

En la figura 5.5.6 se muestra el mapa de periodos obtenidos por las campañas de vibración ambiental, ubicándolos con un mapa geo-referenciado en coordenadas UTM. En Algunas zonas no se tuvo acceso debido a dificultades en el terreno, pero se trató de abarcar lo más posible cada kilómetro cuadrado de la zona en estudio.

5.5.2 Registro de temblores.

La Tabla 5.5.7 muestra los eventos registrados a lo largo de los años de 2001, 2002 y parte de 2003. Se describen en dicha tabla la fecha, hora, latitud, longitud y la zona donde ocurrió el evento de acuerdo con los registros del Servicio Sismológico Nacional (SSN). Como se puede observar se pudieron registrar un total de 17 eventos distintos, que abarcan desde la costa de Chiapas, sismos ocurridos en la costas de Guerrero y Oaxaca hasta el mas reciente y lejano ocurrido en el estado de Colima. Algunos sismos locales también fueron registrados en la zona norte del estado de Veracruz, así como algunos sismos ocurridos en la zona sur del estado colindando con el estado de Oaxaca (Figura 5.5.8).

Se muestra también en el Apéndice II, los sismos registrados, donde se grafican las principales características de dichos eventos. Se graficó, en una primera hoja, para cada sismo, su Acelerograma, Espectro de Fourier, Espectro de Respuesta. En una segunda hoja, las velocidades y los desplazamientos. Todo esto nos permite saber cómo cada registro influyó en la zona en estudio.

En la figura 5.5.9 se demuestra la distribución de las cinco estaciones temporales dentro de la zona en estudio. La estación ENVE no se colocó porque queda fuera de la zona delimitada. La Tabla 5.5.9a muestra las coordenadas globales y tipos de suelo de cada una de las estaciones (Williams, 2003).

5.5.2.1 Análisis con la Técnica de Nakamura.

La figura 5.5.10 muestra con líneas delgadas las razones espectrales (Técnica de Nakamura) para las componentes horizontales N-S y E-W para sismos registrados en la estación IIVE. Con línea continua gruesa se muestra el promedio de ambas componentes. Se puede observar que la máxima amplitud está en el rango de frecuencia 1 a 2 Hz, mientras que también se observa que hay cierta energía para las bajas frecuencias de 0.7 Hz, la cual está más pronunciada para la dirección E-W.

La figura 5.5.11 se presenta el caso de la estación CHVE, donde se registraron 5 sismos, donde se muestra que la amplitud máxima anda por el orden de 1-2 Hz, y también muestra cierta energía en las bajas frecuencias, por el orden de 0.7 Hz.

En la figura 5.5.12 tenemos el caso de la estación FWVE. Aquí se pudieron registrar 2 sismos los cuales no pueden darnos un promedio muy real, pero notamos que la máxima amplitud está por el rango de 1 a 1.5 Hz, y algunos picos en las frecuencias bajas en un rango de 0.6 a 0.7 Hz.

La figura 5.5.13, es la estación POVE con solo dos registros obtenidos. Esta estación muestra diferencias notables comparadas con las anteriores, lo que está indicando que está en una zona geotécnica diferente. Presenta una amplitud máxima en un rango de frecuencias mucho más amplio, en este caso va de 4 a 7 Hz.

La figura 5.5.14 nos presenta la estación ENVE, la cual está ubicada en la Escuela Naval de Antón Lizardo, Ver., donde se puede mostrar que hay una amplificación bastante considerable usando los dos sismos que se registraron en esta estación. La frecuencia para la máxima amplitud está muy cercana a los 2 Hz. Esta estación está ubicada a unos metros de la playa sobre un suelo rellenado y por debajo una conglomerado de coral.

Finalmente en la figura 5.5.15, se presenta la estación COVE ubicada en zona de medanos de arena. En esta estación poco se pudo analizar ya que solamente se registró un sismo pequeño. Pero, se puede notar que el pico de máxima amplitud por el rango de los 3 Hz, y cierta amplificación por las frecuencias de 1 a 2 Hz. También se puede notar una amplificación muy grande del orden de 10.

5.5.2.2 Análisis con la Técnica Estándar.

La Técnica Estándar requiere de una estación en suelo firme que permita evaluar otros sitios que estén sobre suelos blandos. En un principio se pensó que la estación POVE sería la correcta, ya que las mediciones con vibración así lo indicaban y los mapas de geología indican que se encuentra muy cercana a la zona de conglomerados. Pero, como se puede notar en la Figura 5.5.10, al aplicar la Técnica de Nakamura con sismos débiles se puede ver una importante amplificación. Esta amplificación aún se incrementa para las altas frecuencia llegando hasta al grado de amplificarse 4 veces. Al momento de realizar este trabajo se sigue el monitoreo de posibles lugares para tener una estación de referencia más confiable. Aun cuando no se pudo lograr tener una estación de referencia ideal, es decir libre de efectos de sitio, se utilizó la estación POVE con ese propósito, para poder hacer la aplicación de la Técnica Estándar, ya que el efecto de sitio de esta estación no coincide con la de las otras estaciones.

La figura 5.5.16 nos muestra la aplicación de dicha técnica para poder ver la amplificación de la estación CHVE con respecto a la estación POVE para el caso del sismo del 16 de Enero de 2002 ($M_e = 6.3$) en la Costa de Chiapas y para el sismo del 30 de Junio de 2002 ($M_e = 3.9$) localizado en la costa Norte del estado de Veracruz. La figura nos muestra con líneas continuas delgadas la razón espectral para las dos componentes horizontales entre el sitio CHVE y la estación de referencia POVE. La línea continua gruesa es el promedio de las razones espectrales obtenidas con la Técnica Estándar en la estación CHVE. Este promedio nos muestra una frecuencia dominante alrededor de 2 Hz con una amplificación relativa de cinco veces.

5.5.3 Comparación de temblores con vibración ambiental.

En las campañas de vibración ambiental también se tomaron medidas de las 4 estaciones principales. Para la estación CHVE corresponde al punto P54, para IIVE es el punto P15, para FWVE es P39 y para POVE es P40, de acuerdo con la Tabla 5.5.5. Estos promedios obtenidos se compararon con los promedios obtenidos de sismos para cada una de las estaciones, tal y como lo muestran las Figuras 5.5.10 a la 5.5.15 de este mismo capítulo. De hacer estas comparaciones se pueden sacar las siguientes conclusiones para cada una de las estaciones. En cada una de las figuras se muestra con línea continua delgada el promedio de vibración ambiental y la línea continua gruesa presenta el promedio de los sismos registrados en la estación, aplicando la Técnica de Nakamura.

ESTACION CHVE: Esta comparación se inició con esta estación porque es el único sitio donde se pudo aplicar la Técnica Estándar con sismos, cuyo resultado graficado en la figura 5.5.16 será comparado con los resultados de la Técnica de Nakamura aplicado a vibración ambiental (P54) y a sismos (Figura 5.5.11). Así pues la figura 5.5.17 muestra esta comparación, donde se ha trazado con línea gruesa los resultados de la Técnica Estándar para las dos componentes horizontales. Con línea delgada los resultados de la Técnica de Nakamura con sismos y con línea discontinua los resultados con registros de vibración ambiental. A simple vista es notoria la diferencia en cuanto a la amplitud de la frecuencia dominante del resultado al aplicar registros de vibración ambiental con respecto a los de sismos, la cual presenta una diferencia de cuatro veces aproximadamente.

Con respecto a las diferencias observadas entre la Técnica de Nakamura aplicada a sismos con respecto a la Técnica Estándar, presentan las dos una frecuencia dominante y una amplificación relativa similares para ambas componentes horizontales (N-S y E-W). Estos valores en promedio son: $t_0 = 2$ Hz. y $A_0 = 4$ veces. Sin embargo la Técnica de Nakamura presenta algunos máximos de menor amplitud que el de 2 Hz. hacia bajas frecuencias, las cuales no aparecen con la Técnica Estándar. Esta diferencia es muy importante resaltarla ya que fácilmente se puede interpretar como otra frecuencia dominante de estratos más profundos si solo tuviéramos el resultado de la Técnica de Nakamura.

ESTACION IIVE: En la Figura 5.5.18 se muestra la comparación de la vibración ambiental y el promedio de 12 sismos registrados en esta estación. Aún cuando hay cierto desfaseamiento en el pico máximo obtenido con sismos con relación al de vibración ambiental en ambas direcciones, se puede decir que hay coincidencia en cuanto a la frecuencia dominante. Pero con respecto a la amplificación relativa se observa el mismo comportamiento de la estación anterior

ESTACION FWVE: La Figura 5.5.19 muestra que tanto el promedio obtenido con vibración ambiental como el promedio obtenido con sismo guardan una similitud alrededor de la frecuencia dominante de 2 Hz. Sin embargo, los resultados con registros de sismos presentan un máximo alrededor de 1Hz. Definir cual es el periodo del sitio es difícil si no se tiene un número mayor de sismos o aplicar otra técnica como la Estándar.

ESTACION POVE: La Figura 5.5.20 se puede observar cierta diferencia en cuanto a las frecuencias donde ocurre el pico máximo comparado con el resto de las estaciones. Para este caso el pico máximo esta dentro del rango de 4 a 7 Hz. Esto nos sugiere que el suelo de la zona tiene diferentes características geotécnicas, pero guarda una relación congruente con relación a la vibración ambiental en cuanto a la frecuencia dominante.

De este análisis se puede resumir lo siguiente:

1. Se confirma que la estimación del efecto de sitio con la técnica de Nakamura aplicada a registros de microtemores solo sirve para estimar de forma preliminar la frecuencia dominante de un sitio, y que su valor de amplificación relativa siempre da un valor menor a lo estimado con otras técnicas.
2. Con respecto a la técnica de Nakamura con registros de sismos comparada con la Técnica Estándar, se observó que requiere de un mínimo de tres sismos para obtener una buena estimación del sitio. Así como presenta una mayor dispersión hacia bajas frecuencias la cual confunde el pico o banda de frecuencias dominantes

5.5.4 Técnica Estándar promedio.

Otro análisis que se hizo y que da resultados interesantes y que pudiera ser aplicado en lugares donde no se tienen muchos eventos registrados, fue aplicado para el sismo de Arequipa, Perú el 23 de Junio de 2001 (Lermo et al, 2002). Para ello se obtuvo el promedio de los Espectros de Fourier de las dos direcciones horizontales para cada sismo registrado en una determinada estación. Una vez obtenidos todos los espectros de Fourier de todos los sismos registrados en una estación, se hizo un promedio para cada una de las dos direcciones horizontales, lo que pudiera llamarse Espectro de Fourier-promedio. Las figuras 5.5.21 a 5.5.24 nos muestran los promedios de Espectros de Fourier para las estaciones CHVE, IIVE, ENVE y la estación de referencia POVE. Con estos promedios obtenidos se hacen funciones de transferencia de cada una de las estaciones con respecto a POVE. Esto es lo que pudiera llamarse Técnica Estándar Promedio. Las figuras 5.5.25 a 5.5.27 nos muestran estas funciones de transferencia de la Técnica Estándar Promedio para las estaciones CHVE, IIVE y ENVE.

Al comparar esta Técnica Estándar Promedio obtenida a partir de los promedios de los Espectros de Fourier, con la Técnica Estándar en la Estación CHVE se puede notar que ésta presenta ligeramente una menor amplitud. Pero puede decirse que en general las amplitudes máximas coinciden en la frecuencia dominante y en la amplitud relativa (Figura 5.5.28).

En la figura 5.5.29, para la estación IIVE se compara esta Técnica Estándar Promedio, solo con la promedio de Nakamura con sismos para esta estación y la vibración ambiental. De nuevo podemos ver que las tres técnicas coinciden en la frecuencia dominante para la máxima amplitud. Lo que nos muestra que, en casos de no tener sismos simultáneamente registrados en suelo blando y la estación de referencia, se pudiera usar esta Técnica Estándar Promedio.

En la estación ENVE, se hizo el mismo procedimiento que en IIVE, y también hay coincidencias de las tres técnicas mostradas en la figura 5.5.30. Solo que se puede notar que la vibración ambiental está muy por debajo y no muestra amplificación.

5.6 Mapa de curvas de isoperiodos.

La figura 5.6.1 presenta el mapa de curvas de isoperiodos basado en las campañas de vibración ambiental, donde se unieron los puntos de igual periodo por medio de líneas. Para la elaboración de este mapa se tomaron en cuenta los estudios anteriores realizados desde el punto de vista geotécnico como el de Esquivel (1976) y el estudio preliminar de vibración ambiental realizado en 1995 (Lermo, et al 1995), donde se estudia la zona urbanizada de la ZCV. Este trabajo amplía el estudio hasta las zonas de probable crecimiento de la ZCV.

Tesis de Maestría

Se observa que la distribución de los valores de los periodos dominantes del terreno (T_0), coinciden con el tipo de geología superficial e hidrología. Los valores de los periodos dominantes del suelo van de 0.1 segundos para las zonas más firmes a 0.6 segundos para las zonas más desfavorables. De acuerdo con la figura 5.6.2 se puede observar que las zonas que presentan características más desfavorables se encuentran en los bordes de los depósitos de dunas, (*Zonas Aluviales*) entre los cuales y debido al escurrimiento natural de los antiguos ríos hacia el mar, formaron los depósitos aluviales más profundos, los cuales tienen periodos dominantes entre los 0.4 y 0.6 segundos. Por otro lado *la zona de dunas* presenta periodos dominantes de entre 0.3 y 0.1 segundos aproximadamente, observándose zonas más consolidadas hacia la parte Oeste de la ZCV, donde se encuentra una zona de conglomerado. Por último, *la zona de playa* presenta periodos dominantes muy variables de entre 0.4 y 0.5 segundos. Y la zona de depósitos de coral alrededor de 0.1 segundos.



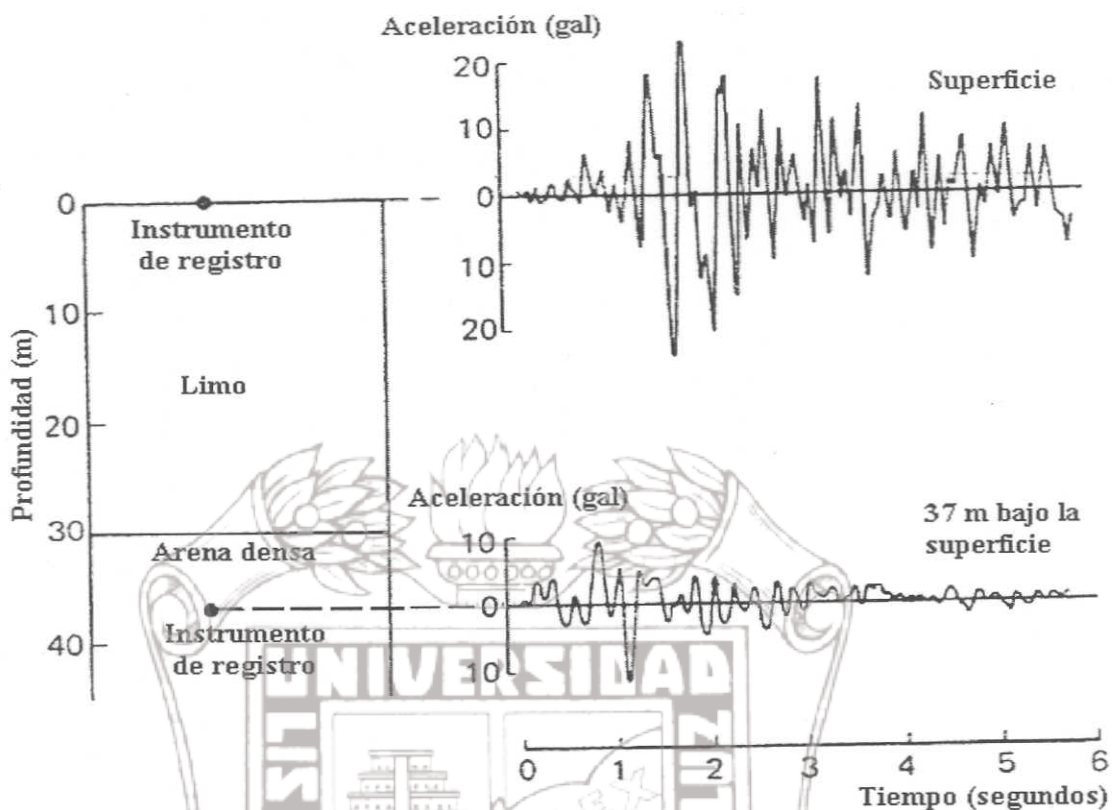


Figura 5.2.1 Registros de aceleraciones obtenidos en Urayasu, Japón. Arriba registro en la superficie y abajo registro a 37 m. de profundidad por debajo de una capa de suelo blando. (Adaptado de Sauter, F., 1989).

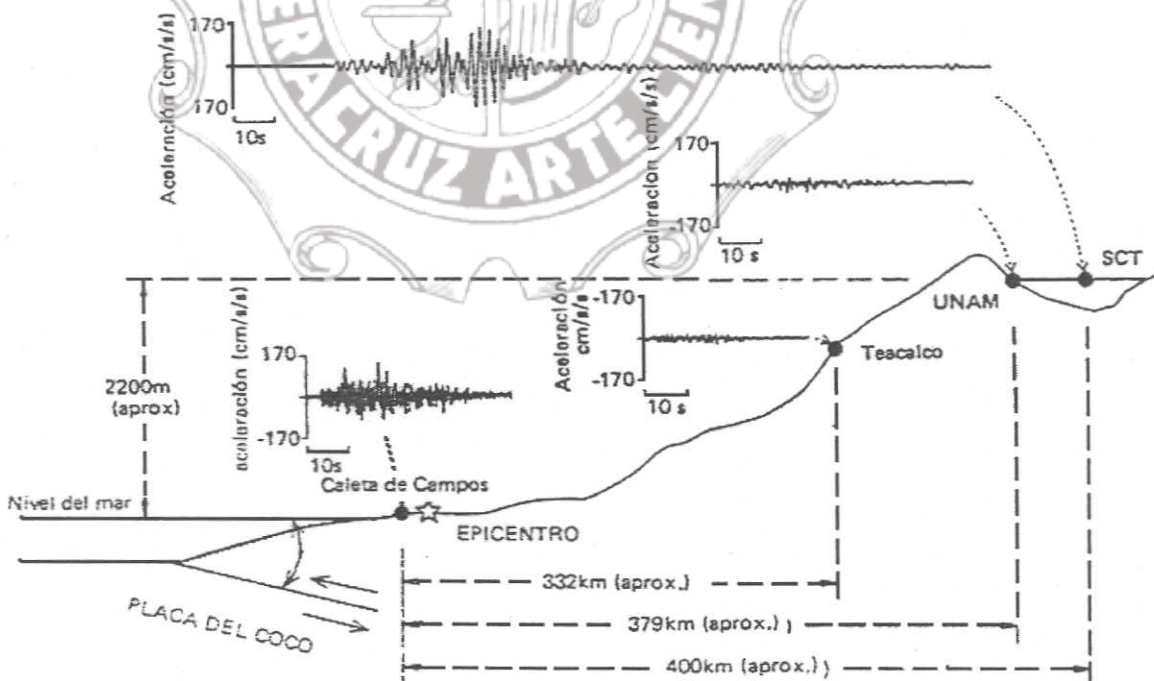


Figura 5.2.2 Diferentes amplificaciones registradas para el Sismo del 19 de Septiembre de 1985 en Michoacán, Mexico. Los sismogramas representan la componente E-O de los registros de aceleración. Se destaca la amplificación de suelos blandos en la estación SCT que esta a 400 Kms. del epicentro. (adaptado de Celebi, M, Prince, J., et al 1987).

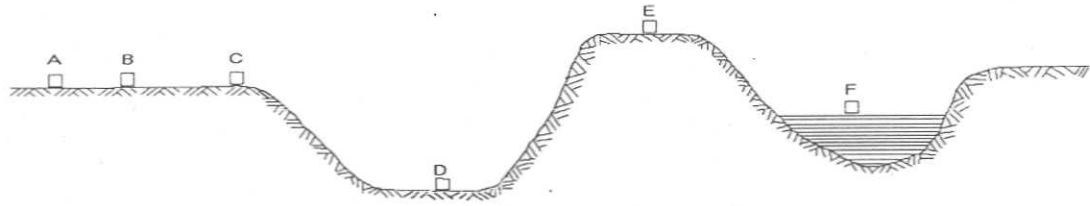


Figura 5.2.3 Condiciones topográficas locales que influyen en los efectos de sitio (Adaptado de Sauter, 1989)

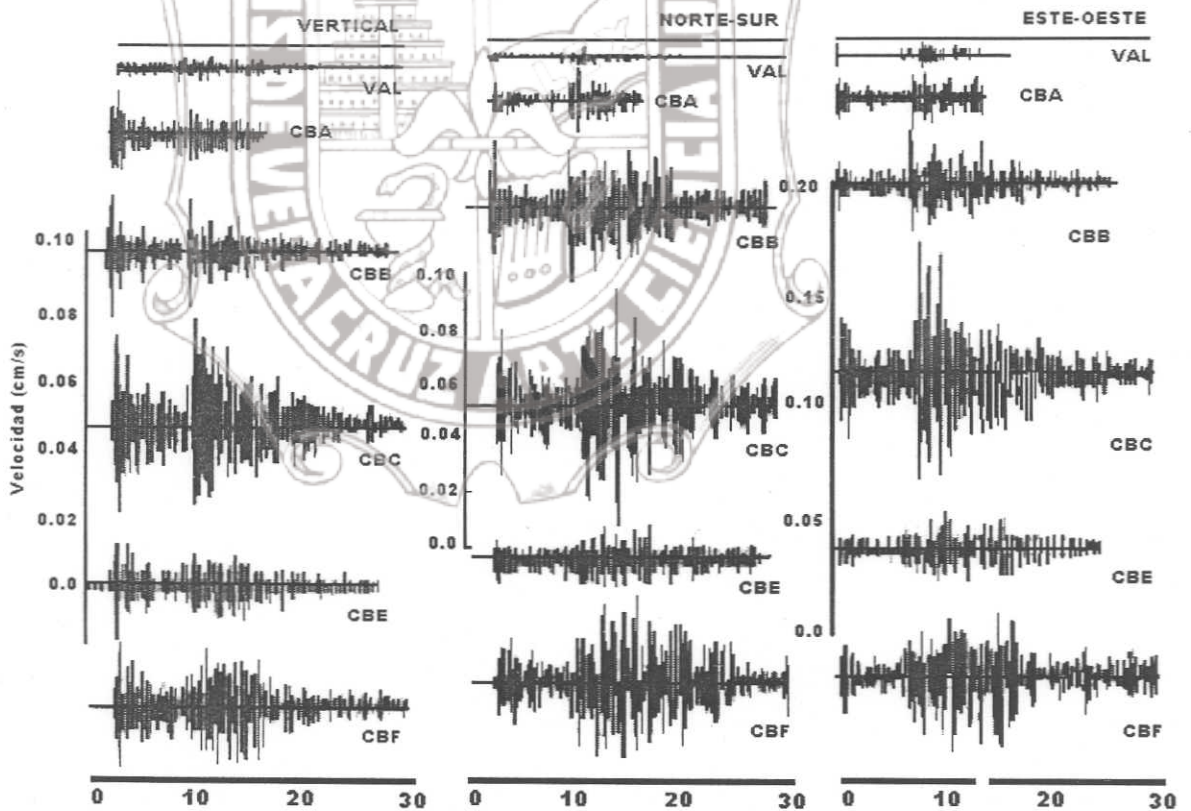


Figura 5.2.4 Registros de velocidades de una replica del sismo de Chile del 3 de Marzo de 1985, donde se muestran los efectos de sitio debidos a las condiciones del suelo y su topografía. (Adaptado de Celebi, 1987).

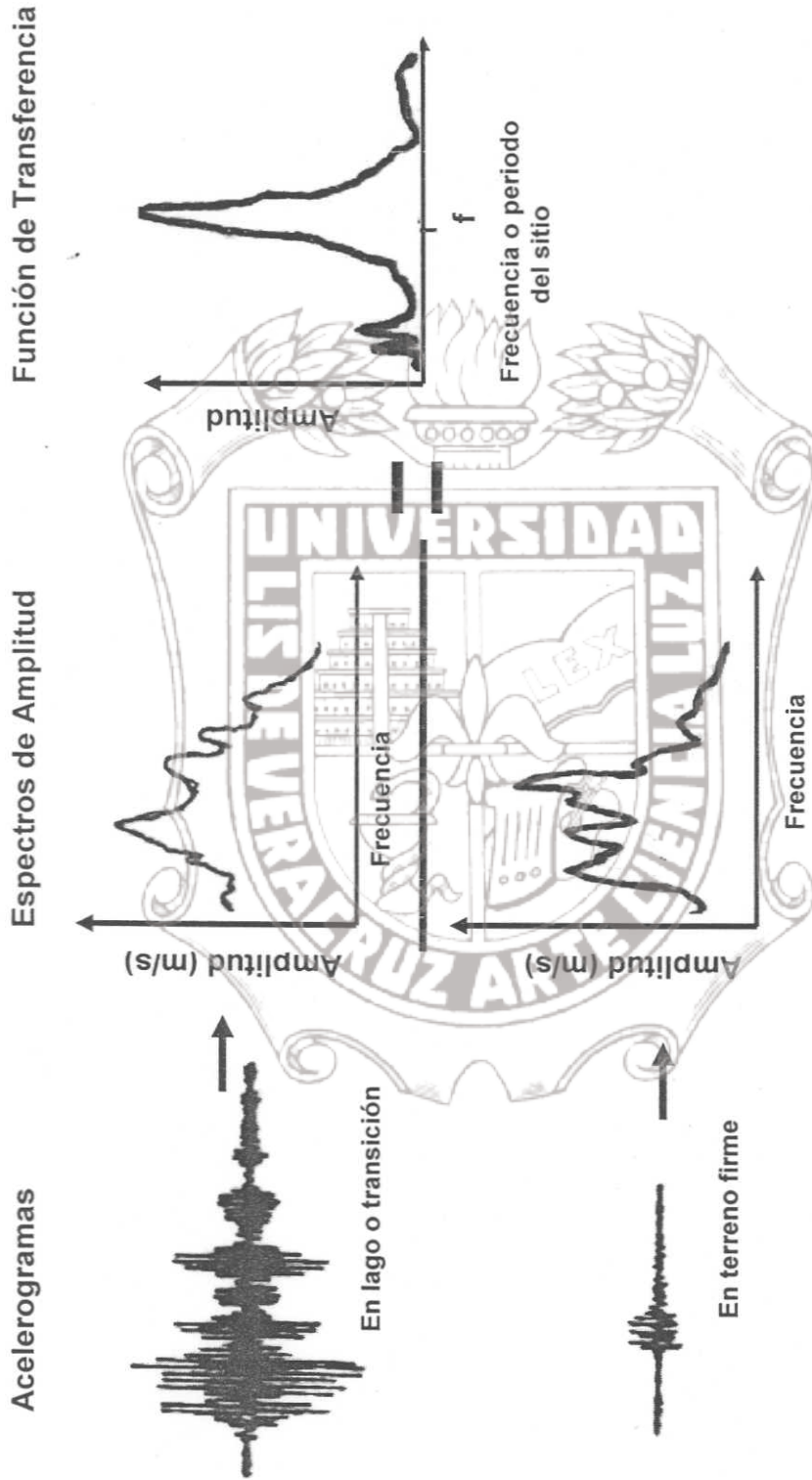


Figura 5.3.1 Amplificaciones relativas obtenidas al dividir dos espectros de Fourier suavizados; uno en terreno blando con otro en zona dura. (Tomado de Becerra, 1990)

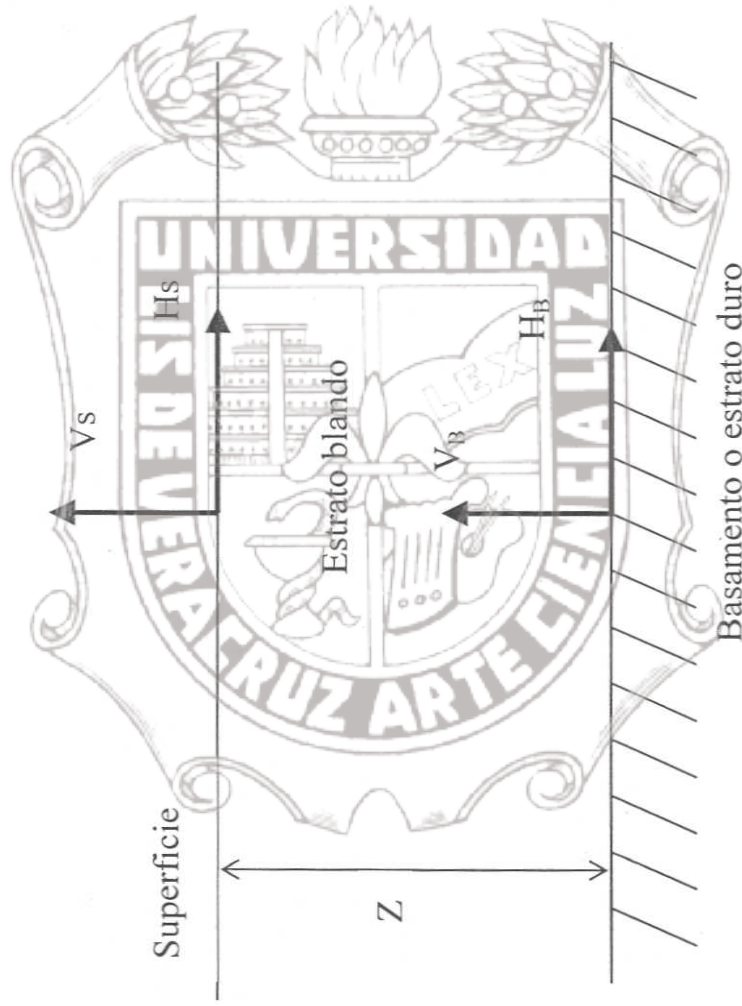


Figura 5.3.2. Modelo simple asumido por Nakamura en la interpretación de microtremores (Lermo, 1994b)

**Tabla 5.4.1 Principales características de los acelerografos GSR-18 de Terra Technology
(Datos obtenidos de los Manuales dados por el fabricante)**

Tipo	Procesador Digital de Señales de 24 bits
Número de Canales	3 canales, 1 opcional
Rango Dinámico	108 dB a 200 mps
Respuesta en Frecuencia	CD-73 Hz a 200 mps
Resolución	18 bits a 200 mps
Ruido	Menos de 8mV RMS
Tasa de Muestreo	200 mps por canal, opcional 250,200,100,50,25
Rango de Entrada	± 2.5 V
Rango de Disparo	0.01%- 100% de la escala completa
Disparo STA	0.1- 10 segundos
Disparo LTA	1-100 segundos
Tiempo de pre-evento	1-20 segundos
Tiempo de post-evento	1-100 segundos
Tamaño de Memoria	2 MB
Memoria Expandible	PCMIA 2,4,8,16,32,64,128 MB
Batería Interna	Plomo-ácido recargable 12 VCD, 6.5 Ah para 36 hrs
Presición del reloj interno	20 partes por minuto
Adaptador externo de Tiempo	Conexión para GPS
Dimensiones	228 x 330 x 184 mm (Caja de Aluminio con Blindaje)
Peso	11.8 Kg
Temperatura de Operación	-20°C a + 70°C
MODEM	Interno
Velocidad de Baud	1200,2400,9600,38400,115200
Alarma	0.1% a 100% de la escala completa

**Instituto de Ingeniería
Universidad Veracruzana**

Tabla 5.4.2 Principales características del acelerógrafo Etna Strong Motion Accelerograph de Kinemetrics (Datos obtenidos de los manuales dados por el fabricante)

Tipo	Procesador Digital de Señales de 24 bits
Número de Canales	3 canales, 1 opcional
Rango Dinámico	108 dB a 200 mps
Respuesta en Frecuencia	CD-73 Hz a 200 mps
Resolución	18 bits a 200 mps
Ruido	Menos de 8 mV RMS
Tasa de Muestreo	100,200,250 mps por canal
Rango de Entrada	± 2.5 V
Rango de Disparo	0.01%- 100% de la escala completa en cada canal
Amortiguamiento	70%
Rango de Disparo	0.1 Hz a 12.5 Hz
Tiempo de pre-evento	30 segundos
Tiempo de post-evento	0-65,000 segundos
Tamaño de Memoria	2 MB de RAM
Memoria Expandible	2 slots para PCMLA de 2,4,8,16,32,64,128 MB
Batería Interna	12.5 V, 6.5 Ah para 36 horas
Adaptador externo de Tiempo	Conexión para GPS
Dimensiones	256 x 381 x 178 mm (Caja de Aluminio con Blindaje)
Peso	9 Kg. incluyendo la batería interna
Temperatura de Operación	-20°C a + 70°C
MODEM	Interno
Velocidad de Baud	1200,2400, 4800,9600,19200,38400,57600
Alarma	0.1% a 100% de la escala completa
Software	Compatible con Microsoft Windows

**Instituto de Ingeniería
 Universidad Veracruzana**

Tabla 5.5.1 Ubicación en coordenadas UTM de los puntos medidos con Vibración Ambiental en la ZCV

Puntos	Campaña	UBICACIÓN	UTM(x)	UTM(y)
1	1	Calle Urano Frente a la Ganadera	803801.9	2119593.33
2	1	Hotel Fiesta Inn, Fraccionamiento Costa de Oro	804838.7	2120712.93
3	1	Calle 18 entre Calle 12 y Calle 3 Fracc. Costa Verde	804241.1	2121578.73
4	1	Olmedo y Calle 4 Col. Revolución	802237.7	2120824.53
5	1	Unidad Habitacional El Jobo	801154.1	2119424.13
6	1	Campus Calasanz de la UCC	800673.5	2117064.33
7	1	Fraccionamiento El Coyal, Calle Uno Secc. A	798337.1	2121285.33
8	1	Callejón Vado Johnson y 20 de Noviembre	801505.1	2124390.33
9	1	República del Perú y Guadalupe Victoria	799678.1	2124662.13
10	1	Conalep II, Av. Cuahuemoc	798097.7	2126589.93
11	1	Callejón La Pastora y 5 de Mayo Norte	800277.5	2125967.13
12	1	Framboyanes y Antonio de Alaminos	802815.5	2121063.93
13	1	Instituto de Ingeniería y Boulevard	803726.3	2121677.73
14	1	Estacionamiento Boliche en Plaza Mocambo	804066.5	2120576.13
15	1	Instituto de Ingeniería U.V.	804057.5	2120873.13
16	2	Av. Rafael Cuervo 250 frente a Miravalles	796704.5	2126876.13
17	2	Fraccionamiento Valle Dorado	792951.5	2127155.13
18	2	Zaragoza esq. Embaran Oficinas de ICAVE	800920.1	2125450.53
19	2	Hotel Bello, Frente a Fac. de Ingeniería	803665.1	2121625.53
20	2	Estacionamiento Soriana	804224.9	2120993.73
21	2	Calle Vía Muerta y Calle España, Boca del Río	804287.9	2117402.73
22	2	Fracc. La Tampiquera Calle Alvarado	804433.7	2115467.73
23	2	Condominios Corintos, entrada a Tampiquera	804737.9	2115521.73
24	2	Galeana Esq. 20 de Nov., Boca del Río	805092.5	2114994.33
25	2	Condominios Ferrari, Boca del Río	805087.1	2114801.73
26	2	Calle #1 # 35 y Calle Urano	803591.3	2119494.33
27	2	Villas Topacio III, Calle Topacio, Boca del Río	803618.3	2119334.13
28	2	P. de Tratamiento de Aguas Negras, Boca del Río	800799.5	2119253.13
29	2	Villas del Invernadero, Fracc. Flores del Valle	800693.3	2119281.93

Continuación Tabla 5.5.1

Puntos	Campaña	UBICACIÓN	UTM(x)	UTM(y)
30	2	Paseo de los Cedros esq. Almendros Gimnasio de UCC	801521.3	2120315.13
32	3	Av. Veracruz esq. Playa Viejo, Col. Astilleros	796632.50	2126166.93
33	3	Fco. Javier Alegre y Cabo Román, INFONAVIT Las Brisas	795579.50	2125601.73
34	3	Gardenias y Camélias	796600.10	2123720.73
35	3	Árbol Noche Triste y Arturo Lorenle	796967.30	2121796.53
36	3	J.B.Lobos y Calle 14	799771.70	2122505.73
37	3	Calle 13 y Echeven	799480.10	2122901.73
38	3	Humanidad y Juárez.	799143.50	2124231.93
39	3	Las Rosas esq. Jazmín	797730.50	2125902.33
40	4	Rancho La Posta de la Universidad Veracruzana	793266.5	2122412.13
41	4	Estacionamiento del Rancho La Posta de la U.V.	793064.9	2122215.93
42	4	Caseta de vigilancia del Rancho La Posta de la U.V.	793556.3	2121699.33
43	4	Parque Principal de "Santa Fé"	786278.9	2125961.73
44	4	DIF de "Santa Fé"	786206.9	2126058.93
45	4	Cong. "Caños de Santa Rita"	786179.9	2122383.33
46	4	Esc. Prim. J. Enriquez en "Santa Rita"	787938.5	2121774.93
47	4	Cd. Industrial Bruno Pagliai, Frente a S.S.A.	791255.9	2121767.73
48	4	Callejón. Peña entre Arista y E. Morales	801517.1	2125220.13
49	4	Xicotencatl y Arista Frente a Escuela Industrial	801557.3	2125337.13
50	4	Estacionamiento CETMAR	801775.1	2125247.13
51	4	Frente a Colegio de Bachilleres de Veracruz	801355.7	2125074.33
52	4	Frente a Baluarte de Santiago	801542.9	2125094.13
53	4	Estacionamiento San Juan de Ulua	801906.5	2126593.53
54	5	Anterior Estación Sismológica Canal esq. Zaragoza(der)	801314.3	2124914.13
55	5	Anterior Estación Sismológica Canal esq. Zaragoza(lzq)	801314.3	2124914.13
56	5	Anterior Estación Sismológica Canal esq. Zaragoza(pat)	801314.3	2124914.13
57	5	Escuela de Arte de UV en Arista esq. Zaragoza	801188.83	2125119.62
58	5	Museo Naval	801468.14	2125147.29
59	6	Banco de Materiales "Limones"	782968.7	2124204.93

Continuación Tabla 5.5.1

Puntos	Campaña	UBICACIÓN	UTM(x)	UTM(y)
60	6	Pueblo "Belisario Domínguez"	780414.5	2122208.73
61	6	Pueblo "Belisario Domínguez" 2	779249.9	2122212.33
62	6	Pueblo de "Tenexpan"	773711.3	2118621.33
63	6	Banco de Materiales "Valentín"	780599.9	2123704.53
64	6	Pueblo de "Mata Cocuite"	792631.1	2117467.53
65	6	Pueblo de "Mata Pita"	796756.7	2118848.13
66	7	Manlio Fabio Altamirano, Junto Escuela Primaria	779973.5	2113755.93
67	7	Zócalo de Manlio Fabio Altamirano	779912.3	2113784.73
68	7	Pueblo "Francisco Moreño"	781694.3	2116299.33
69	7	Pueblo de "Mata Loma"	784473.5	2117741.13
70	7	Pueblo de "Mata Loma"	784511.3	2117757.33
71	7	Pueblo "Santa Elena"	784055.9	2120909.13
72	8	Calle 15 entre Nieto y Peralta	802777.7	2119776.93
73	8	Ursulo Galván esq. Artículo 27	803456.3	2118252.33
74	8	Calle de Casas y Cerrajeros	803510.3	2117233.53
75	8	Fco. Márquez casi esq. Chapultepec	803200.7	2117980.53
76	8	Avenida 15 y Calle 12	801944.3	2117595.33
77	8	Darío López y Cándido Aguilar	802174.7	2118785.13
78	8	Central de Abastos de Veracruz	798871.7	2119348.53
79	8	Aeropuerto "Heriberto Jara Corona"	796216.7	2118990.33
80	8	Querétaro esq. Hidalgo	800394.5	2118506.13
81	9(1)	Acacia y Nogal	801101	2121878
82	9	Oriente 4 y Norte 1	800443	2121702
83	9	Dr. Cadena y Norte 3	799663	2121804
84	9	Casas Geo, La Bamba Cond. Tantoyuca	798053	2120259
85	9	Cerro Gordo y Paricutín	799194	2120771
86	9	M. Alemán y Calz. de la Armada	801108	2121308
87	9	Adolfo López Mateos y Murrillo Vidal	800610	2120891
88	9	Simón Bolívar y Rafael Freyre	801852	2122504

Continuación Tabla 5.5.1

Puntos	Campaña	UBICACIÓN	UTM(x)	UTM(y)
89	9	Ortiz Rubio y Alvarado	800829	2122688
90	10(2)	Campero entre Cuauthemoc y Victoria	800551	2123524
91	10	Pino Suarez entre Cortés y Fco. Canal	800348	2124368
92	10	Honradez y Rafael Murillo Vidal	798529	2124500
93	10	Quiri y (faisán) Hueliray	797505	2124698
94	10	Pino Suárez entre Cervantez, Padilla y León A.	799522	2125501
95	10	Tecnológico de Veracruz	798511	2125493
96	10	Andador El Ahuehete y Maple	797514	2125550
97	10	Prolongación Veracruz (Rumb. Aerop.)	796419	2125276
98	10	Berriozabal y Juan Enriquez Norte	798516	2126491
99	10	Boca Andrea y Chofita de la Oz.	796503	2127580
100	11(R)	Costa de Oro (Peto y Mojarra)	805225	2120390
101	11	Costa de Oro (Pámpano y Jurel)	805294	2119921
102	11	Cerrada de Cocuite y Sur Privada	804382	2119771
103	11	López Mates esq. Artículo 27	804310	2118573
104	11	Manuel Doblado/ Via Muerta	804393	2116647
105	12(3)	Cortés y Calle 9	799542	2123617
106	12	Cerro del Metate y S. de la Silla	798584	2123471
107	12	M. Arista y Calle 9	797500	2123370
108	12	Plácido Domingo y Hortencia	797511	2122409
109	12	Benito Juárez	797544	2122472
110	12	Allende Norte / Macuiltepecy Arizmendi	799326	2126290
111	13(4)	Heriberto Jara / R.Modit y Los Pinos	797674	2126515
112	13	Playa Norte	797424	2127384
113	13	V. Camporendondo esq. J. Perez G.	795488	2126460
114	13	Río Usumasinta y Cam.Real a La Antigua	794466	2126459
115	13	Totutla esq. Tepezintla Granjas Río Medio	793457	2126575
116	13	Tlaquilpa y Totutla	793476	2125902
117	13	Terracería a Cd. Industrial Bruno Pagliali	792441	2126592

Continuación Tabla 5.5.1

Puntos	Campaña	UBICACIÓN	UTM(x)	UTM(y)
118	13	Patio de Trailers	795217	2127385
119	13	Planta de Grava de Cemex	794486	2127199
120	13	Fracc. Valle Dorado	793319	2127610
121	13	Patio de Transportistas	792464	2127494
122	13	Patio de Transportistas	792518	2128385
123	13	Entrada Basurero	791637	2127667
124	13	1 Km por el Camino al Basurero	791650	2128589
125	14(5)	Rosario Castellanos y Callejón Aries	797413	2120501
126	14	Mov. Liberador Campesino Col. Dora M.	797798	2121363
127	14	Calle Cofre de Perote, Col. Los Volcanes	798553	2122550
128	14	Costado de Carretera Xalapa-Ver (Libre)	795409	2120352
129	15(6)	Báscula de Camiones (Carr. Federal Libre)	799309	2118804
130	15	Salta Azul Esq. Laguna Manzana 7	799404	2119524
131	15	Calle Girasoles esq. Buganvilia	798565	2119480
132	15	Pozo 22, Un Costado de Casas Geo (C.F.L.)	797788	2119502
133	15	Condominios Tula	798424	2120448
134	15	Entrada por Carretera Federal Libre (C.F.L.)	796567	2120460
135	15	Camino a Aluminios (ALUDER)	795618	2121529
136	15	Calle Azteca, por C.F.L.	792402	2121516
137	15	Costado de la Barda Este TAMSA	791842	2122389
138	15	Entrada Principal a TAMSA (C.F.L.)	790226	2122402
139	15	Estacionamiento MINSa (C.F.L.)	789192	2122874
140	15	(C. Ind. Bruno P.) Arrayanes esq. Acacias	790560	2121514
141	15	(Cuidad Ind. Bruno P.) Bodega Liverpool	790454	2120422
142	15	(Cuidad Ind. Bruno P.) Calle Abedules	791534	2121475
143	15	Avenida 11	792349	2120523
144	15	Calle Cotaxtla	793508	2120532
145	15	C. Oyamel / Jacaranda y Almendros (Amap)	794569	2120468
146	16	Uribe esq. Hernández y Hernández	802500	2124500

Continuación Tabla 5.5.1

Puntos	Campaña	UBICACIÓN	UTM(x)	UTM(y)
147	16	Víctimas del 5 y 6 de Julio esq. Altamirano	801500	2123500
148	16	Flores Magon esq. Tuero Molina	802500	2123500
149	16	Bernal Díaz del Castillo esq. Washington	802500	2122500
150	16	Calle de Pista, Fracc. El Hípico	803500	2120500
151	16	Boulevard del Mar esq. Cornuda	804500	2120500
152	16	Porvenir Esq. Lázaro Cárdenas	802500	2120500
153	16	Fernando López Arias esq. Calle 9	802500	2119500
154	17	Inicio Camino a Tejería (C.F.C) Terracería	792695	2125476
155	17	Camino a Tejería-Terrejería	792016	2124512
156	17	Camino a Tejería-Terrejería	792179	2123530
157	17	Camino a Tejería-Terrejería	792173	2122464
158	17	Camino a Tejería-Terrejería	792522	2122567
159	17	Camino a Tejería-Terracería	793441	2122451
160	17	Camino Paralelo al del Aeropuerto	796951	2117555
161	17	Camino Paralelo al del Aeropuerto	796455	2116790
162	17	Camino Paralelo al del Aeropuerto	797293	2115599
163	17	Pared límite del Aeropuerto	796898	2118496
164	17	Autopista a Córdoba	799024	2117484
165	17	Autopista a Córdoba	798247	2116495
166	17	Autopista a Córdoba	797477	2115503
167	17	Autopista a Córdoba	796705	2114517
168	17	Tolome(Antiguo Camino a Loma Fina)	773600	2132079
169	17	Cerro frente a Telesecundaria Tolome	773945	2131935
170	17	Antiguo Camino a Loma Fina	772953	2131719
171	P-12	Mancisor esq. Guillermo Prieto	802278.9	2118733.4
172	P14	a 150 m. del Canal de la Zamorana	802386.5	2116720.8
173	P-13	Graciano Sanchez esq. Calle 16	802390.5	2117507.3
174	Q-14	Luis Donald y Canal de la Zamorana	803182.6	2116871.1
175	O-12	Estacion de Camiones Las Vegas	801654.0	2118311.0
176	O-12	Río Amazonas Fracc. Las Vegas	801213.9	2118718.3

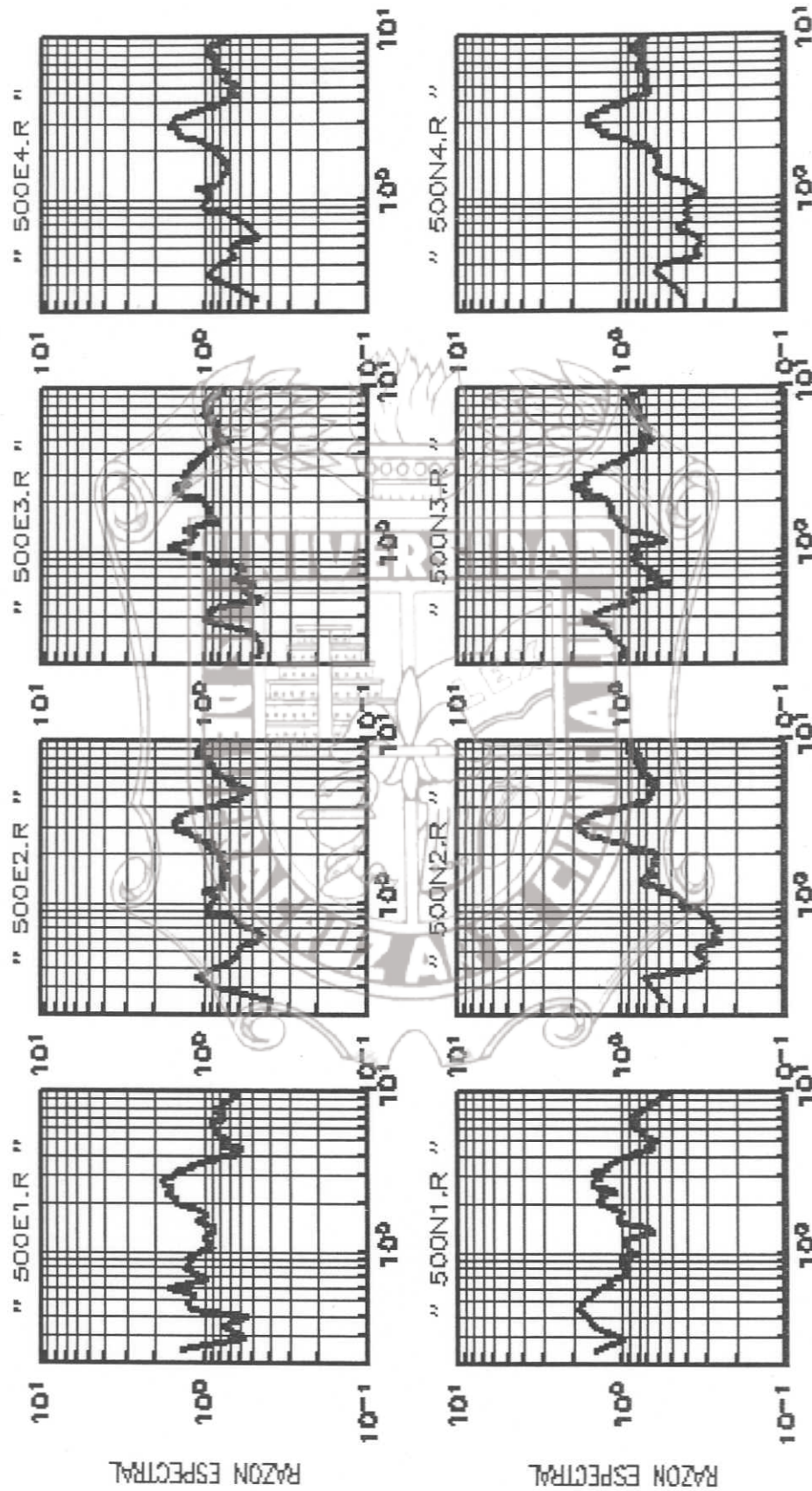


Figura 5.5.2 Ventanas de las razones espectrales de los espectros de Fourier de las componentes horizontales entre la componente vertical. Arriba está la dirección E-O y abajo la N-S. Cada ventana corresponden a 20 segundos del acelerograma obtenido de la primera excitación del acelerógrafo para medir la vibración ambiental en el punto 171. La componente horizontal corresponde a las frecuencias.

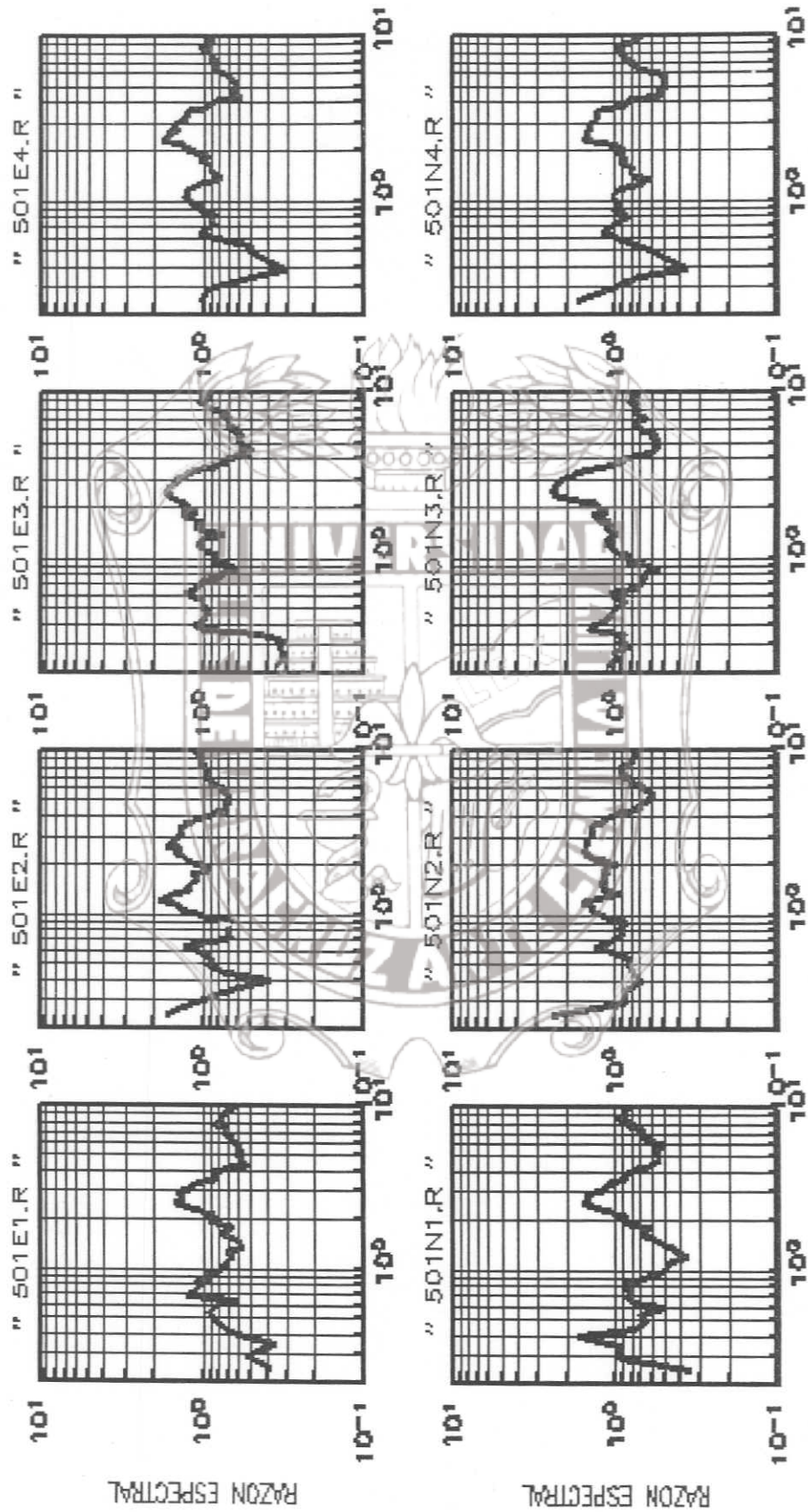


Figura 5.5.3 Ventanas de las razones espectrales de los espectros de Fourier de las componentes horizontales entre la vertical. Arriba está la dirección E-O y abajo la N-S. Cada ventana corresponden a 20 segundos del acelerograma obtenido de la segunda excitación del acelerógrafo para medir la vibración ambiental en el punto 171. La componente horizontal corresponde a las frecuencias.

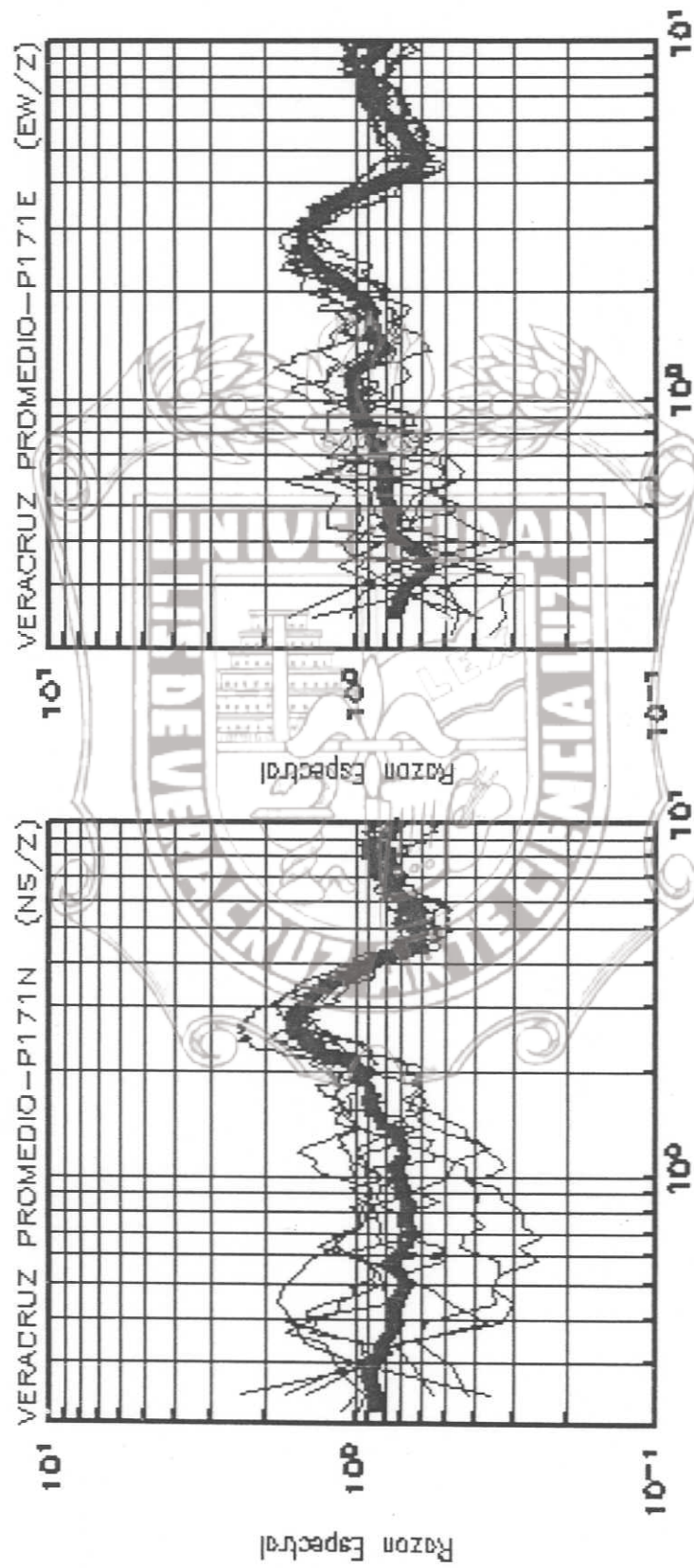


Figura 5.4 Promedio de las razones espectrales obtenidas a partir de las dos medidas de la vibración ambiental tomadas en cada punto. La ordenada es la razón espectral y la abscisa es la frecuencia en Hz. La primera grafica en la dirección N-S y la segunda la E-O.

Tabla 5.5.5 Tabla de Frecuencias, Periodos y Amplitudes de cada punto medido con Vibración Ambiental en la ZCV

Punto	Archivo	Localización	UTM(x)	UTM(y)	Frecuencia (Hz)	Periodo (Seg)	Amplitud
1	V101-2	Frente a la Ganadera	803801.9	2119593.33	0	0.0	0
2	V103-4	Por Hotel Fiesta Inn	804838.7	2120712.93	0	0.0	0
3	V105-6	Calle 18 entre Calle 12 y Calle 3	804241.1	2121578.73	0	0.0	0
4	V107-2	Olmedo y Calle 4	802237.7	2120824.53	0.6	1.7	0
5	V109-11	El Jobo	801154.1	2119424.13	2	0.5	2
6	V112-13	Campus Calasanz	800673.5	2117064.33	2	0.5	2
7	V114-15	Frac. El Coyol, Calle Uno Secc. A	798337.1	2121285.33	3	0.3	0
8	V116-17	Vado Johnson y 20 de Nov	801505.1	2124390.33	2.5	0.4	0
9	V118-19	Rep. Del Perú y Gpe. Victoria	799678.1	2124662.13	2.5	0.4	0
10	V120-21	Conalep II, Av. Cuahutemoc	798097.7	2126589.93	2	0.5	0
11	V122-23	La pastora y 5 de Mayo	800277.5	2125967.13	7	0.1	1.5
12	V124	Framboyanes(sobre la Loma)	802815.5	2121063.93	1.2	0.8	1.5
13	V125	Instituto de Ingeniería y Boulevard	803726.3	2121677.73	1	1.0	0
14	V126	Estacionamiento Boliche	804066.5	2120576.13	5	0.2	1.8
15	V127	Instituto de Ingeniería U.V.	804057.5	2120873.13	3.5	0.3	1.2
16	V128-29	Miravalles, Av. R. Cuervo 250	796704.5	2126876.13	2	0.5	0
17	V130-31	Frac. Valle Dorado	792951.5	2127155.13	0	0.0	0
18	V132-33	Frente Correos y Oficinas de ICAVE	800920.1	2125450.53	2	0.5	0
19	V134-38	Hotel Bello, Frente a Fac. de Ingeniería	803665.1	2121625.53	0	0.0	0
20	V138-39	Estacionamiento Soriana	804224.9	2120993.73	5	0.2	2
21	V140-43	Calle Vía Muerta	804287.9	2117402.73	0	0.0	0
22	V144-45	Frac. La Tampiquera Calle Alvarado	804433.7	2115467.73	0	0.0	0
23	V146-48	Condominios Corintos	804737.9	2115521.73	0	0.0	0
24	V149-50	Galeana Esq. 20 de Nov., Boca del Río	805092.5	2114994.33	0	0.0	0
25	V151-52	Condominios Ferrari, Boca del Río	805087.1	2114801.73	2	0.5	0
26	V153-54	Calle #1 #35 y Calle Urano	803591.3	2119494.33	0	0.0	0
27	V155-56	Villas Topacio III, Calle Topacio	803618.3	2119334.13	0	0.0	0
28	V157-60	P. de Tratamiento de Aguas, Boca del Río	800799.5	2119253.13	3	0.3	2
29	V161-62	Villas del Invernadero,	800693.3	2119281.93	2.5	0.4	1.5

Instituto de Ingeniería Universidad Veracruzana

Continuación Tabla 5.5.5

Punto	Archivo	Localización	UTM(x)	UTM(y)	Frecuencia (Hz)	Periodo (Seg)	Amplitud
30	V163-64	Gimnasio de la U. C. Colon	801521.3	2120315.13	2	0.5	0
32	va5-6	Veracruz y el Viejon	796632.50	2126166.93	3	0.3	1.5
33	va7-8	Fco. Alegre y Cabo Román	795579.50	2125601.73	5	0.2	1.5
34	va9-a	Gardenias y Camelias	796967.3	2121796.53	3	0.3	1.5
35	vab-c	Arbol Noche Triste y Arturo Llorente	796967.30	2121796.53	5	0.2	1.5
36	vad-e	J.B.Lobos y Calle 14	799771.70	2122505.73	3	0.3	1.2
37	vaf-g	Calle 13 y Echeven	799480.10	2122901.73	0	0.0	0.0
38	vah-i	Humanidad y Juárez	799143.50	2124231.93	2	0.5	0.0
39	vaj-k	Las Rosas esq. Jazmín	797730.50	2125902.33	2	0.5	0.0
40	101-2	La Posta	793266.5	2122412.13	0	0.0	0
41	103-4	Estacionamiento de la Posta	793064.9	2122215.93	0	0.0	0
42	105-6	casetas de vigilancia de La Posta	793556.3	2121699.33	0	0.0	0
43	107-8	Parque Principal de "Santa Fé"	786278.9	2125961.73	0	0.0	0
44	109-a	DIF de "Santa Fé"	786206.9	2126058.93	6	0.2	1.8
45	10b-c	Cong. "Caños de Santa Rita"	786179.9	2122383.33	0	0.0	0
46	10d-e	Esc. Prim. J. Enriquez, en "Santa Rita"	787938.5	2121774.93	0.3	3.3	1.5
47	10f	Cd. I. Bruno Pagliai, Frente a S.S.A.	791255.9	2121767.73	2.5	0.4	1.5
48	200-1	Cjon. Peña entre Arista y E. Morales	801517.7	2125220.13	2	0.5	1.5
49	202-3	Xicotencatl y Arista Frente a Esc. Industrial	801557.3	2125337.13	2	0.5	1.5
50	204-5	Estacionamiento CETMAR	801775.1	2125247.13	2.2	0.5	1.5
51	206-7	Frente a Colegio de Bachilleres	801355.7	2125074.33	2.2	0.5	1.2
52	208-9	Frente a Baluarte de Santiago	801542.9	2125094.13	2.2	0.5	1.5
53	20a-b	Estacionamiento San Juan de Ulua	801906.5	2126593.53	4	0.3	2
54	203-4	Ant. Est. Sism. Canal esq. Zaragoza(der)	801314.3	2124914.13	2	0.5	1.5
55	20a-b	Ant. Est. Sism. Canal esq. Zaragoza(izq)	801314.3	2124914.13	2	0.5	1.2
56	20e-f	Ant. Est. Sism. Canal esq. Zaragoza(pat)	801314.3	2124914.13	2	0.5	0
57	20h-i	Edificio de UV en Arista esq. Zaragoza	801188.83	2125119.62	1.5	0.7	0
58	20l-m	Musco Naval	801468.14	2125147.29	2.5	0.4	0
59	103-4	Banco de Materiales "Limones"	782968.7	2124204.93	0	0.0	0

Continuación Tabla 5.5.5

Punto	Archivo	Localización	UTM(x)	UTM(y)	Frecuencia (Hz)	Periodo (Seg)	Amplitud
60	105-6	Pueblo "Belisario Domínguez"	780414.5	2122208.73	0	0.0	0
61	107-8	Pueblo "Belisario Domínguez" 2	779249.9	2122212.33	2	0.5	0
62	109-a	Pueblo de "Tenexpan"	773711.3	2118621.33	1	1.0	0
63	10b-c	Banco de Materiales "Valentín"	780599.9	2123704.53	0	0.0	0
64	10d-e	Pueblo de "Mata Cocuite"	792631.1	2117467.53	0	0.0	0
65	10f-g	Pueblo de "Mata Pita"	796756.7	2118848.13	0	0.0	0
66	301-2	Manlio Fabio Altamirano, Junto Esc. Prim.	779973.5	2113755.93	1	1.0	0
67	303-4	Manlio Fabio Altamirano, en Zocalo	779973.51	2113755.93	0	0.0	0
68	305-6	Pueblo "Francisco Moreno"	781694.3	2116299.33	0	0.0	0
69	307-8	Pueblo de "Mata Loma"	784473.5	2117741.13	0	0.0	0
70	309-a	Pueblo de "Mata Loma"	784511.3	2117757.33	0	0.0	0
71	30b-c	Pueblo "Santa Elena"	784055.9	2120909.13	0	0.0	0
72	403-4	Calle 15 entre Nieto y Peralta	802777.7	2119776.93	0	0.0	0
73	405-6	Ursulo Galván esq. Artículo 27	803456.3	2118252.33	0	0.0	0
74	407-8	Calle de Casas y Cerrajeros	803510.3	2117233.53	1.8	0.6	2.5
75	40a-b	Fco. Márquez casi esq. Chapultepec	803200.7	2117980.53	2.5	0.4	1.2
76	40c-d	Avenida 15 y Calle 12	801944.3	2117595.33	1.8	0.6	2
77	40e-f	Darío López y Cándido Aguilar	802174.7	2118785.13	3	0.3	1.8
78	40g-h	Central de Abastos de Veracruz	798871.7	2119348.53	4	0.3	2
79	40i-j	Aeropuerto	796216.7	2118990.33	1.5	0.7	0
80	40k-l	Querétaro esq. Hidalgo	800394.5	2118506.13	2.5	0.4	3
81	292-3	Acacia y Nogal	801101	2121878	2.5	0.4	3
82	294-5	Oriente 4 y Norte 1	800443	2121702	2	0.5	1.5
83	296-7	Dr. Cadena y Norte 3	799663	2121804	3.5	0.3	1.8
84	298-9	Casas Geo, La Bamba Cond. Tantoyuca	798053	2120259	5	0.2	2.5
85	29a-b	Cerro Gordo y Paricutín	799194	2120771	5	0.2	1.2
86	29c-d	M. Alemán y Calz. de la Armada	801108	2121308	4	0.3	2
87	29e-f	Adolfo López Mateos y Murillo Vidal	800610	2120891	3.5	0.3	1.7
88	29g-i	Simón Bolívar y Rafael Freyre	801852	2122504	3	0.3	0

Continuación Tabla 5.5.5

Punto	Archivo	Localización	UTM(x)	UTM(y)	Frecuencia (Hz)	Periodo (Seg)	Amplitud
89	29j-1	Ortiz Rubio y Alvarado	800829	2122688	4	0.3	0
90	381-2	Campero entre Cuauthemoc y Victoria	800551	2123524	0	0.0	0
91	383-4	Pino Suarez entre Cortés y Fco. Canal	800348	2124368	0	0.0	0
92	385-8	Honradez y Rafael Murillo Vidal	798529	2124500	2	0.5	0
93	389-a	Quiri y (faisán) Hueliray	797505	2124698	5	0.2	0
94	38b-d	P. Suarez entre Cervantez Padilla y León A.	799522	2125501	2.5	0.4	1.8
95	38e-h	Tecnológico de Veracruz	798511	2125493	2.5	0.4	1.5
96	38i-j	Andador El Ahuehuete y Maple	797514	2125550	2	0.5	0
97	38k-l	Prolongación Veracruz (Rumb. Aerop.)	796419	2125276	7	0.1	1.5
98	38m-n	Berriozabal y Juan Enriquez Norte	798516	2126491	2	0.5	1.2
99	38o-q	Boca Andrea y Chofita de la Oz.	796503	2127580	0	0.0	0
100	402-3	Costa de Oro (Peto y Mojarra)	805225	2120390	0	0.0	0
101	404-5	Costa de Oro (Pámpano y Jurel)	805294	2119921	0	0.0	0
102	406-7	Cerrada de Cocuite y Sur Privada	804382	2119771	0	0.0	0
103	408-9	López Mates esq. Artículo 27	804310	2118573	7	0.1	2.2
104	40A-B	Manuel Doblado/ Vía Muerta	804393	2116647	6	0.2	1.2
105	070-1	Cortés y Calle 9	799542	2123617	0	0.0	0
106	072-3	Cerro del Metate y S. de la Silla	798584	2123471	4	0.3	1.5
107	074-6	M. Arista y Calle 9	797500	2123370	3	0.3	1.2
108	077-8	Placido Domingo y Hortencia	797511	2122409	4	0.3	1.2
109	079-A	Benito Juárez	797544	2122472	3	0.3	1.5
110	07b-c	Allende Norte / Macuiltepecy Arizmendi	799326	2126290	2	0.5	1.5
111	925-6	Heriberto Jara / R.Modit y Los Pinos	797674	2126515	2	0.5	0
112	927-8	Playa Norte	797424	2127384	2	0.5	1.2
113	929-a	V. Camporeddo esq. J. Perez G.	795488	2126460	5	0.2	1.5
114	92b-c	Río Usumasinta y Cam.Real a La Antigua	794466	2126459	7	0.1	1.5
115	92d-e	Totutla esq. Tepezintla Granjas Río Medio	793457	2126575	0	0.0	0
116	92f-g	Tlaquilpa y Totutla	793476	2125902	4	0.3	1.5
117	92h-j	Terracería a Cd. Industrial Bruno Pagliali	792441	2126592	0	0.0	0

Continuación Tabla 5.5.5

Punto	Archivo	Localización	UTM(x)	UTM(y)	Frecuencia (Hz)	Periodo (Seg)	Amplitud
118	92k-l	Patio de Trailers	795217	2127385	3	0.3	1.2
119	92m-n	Planta de Grava de Cemex	794486	2127199	4	0.3	1.2
120	92p-q	Fracc. Valle Dorado	793319	2127610	0	0.0	0
121	92r-t	Patio de Transportistas	792464	2127494	4	0.3	1.5
122	92u-v	Patio de Transportistas	792518	2128385	3	0.3	1.2
123	92w-x	Entrada Basurero	791637	2127667	0	0.0	0
124	92y-z	1 Km por el Camino al Basurero	791650	2128589	3.5	0.3	1.2
125	200-3	Rosario Castellanos y Callejón Aries	797413	2120501	3	0.3	1.8
126	204-5	Mov. Liberador Campesino Col. Dora M.	797798	2121363	3	0.3	2
127	206-7	Calle Cofre de Perote, Col. Los Volcanes	798553	2122550	4	0.3	1.2
128	208-9	Costado de Carretera Xalapa-Ver (Libre)	795409	2120352	2	0.5	0
129	504--5	Bascula de Camiones (Carr. Federal Libre)	799309	2118804	3	0.3	4
130	506-507	Salta Azul Esq. Laguna Manzana 7	799404	2119524	0	0.0	0
131	508-9	Calle Girasoles esq. Baganvilla	798565	2119480	4	0.3	1.5
132	50A-B	Pozo 22, Un Costado de Casas Geo (C.F.L.)	797788	2119502	3	0.3	2.8
133	50C-D	Condominios Tula	798424	2120448	0	0.0	0
134	50E-F	Entrada por Carretera Federal Libre(C.F.L.)	796567	2120460	0	0.0	0
135	50G-H	Camino a Aluminios (ALUDER)	795618	2121529	0	0.0	0
136	50I-J	Calle Azteca, por C.F.L	792402	2121516	0	0.0	0
137	50K-L	Costado de la Barda Este TAMSA	791842	2122389	0	0.0	0
138	50M-O	Entrada Principal a TAMSA (C.F.L.)	790226	2122402	0	0.0	0
139	50P-Q	Estacionamiento MINSa (C.F.L.)	789192	2122874	0	0.0	0
140	50R	(C. Ind. Bruno P.) Arrayanes esq. Acacias	790560	2121514	2	0.5	2
141	50S-U	(Cuidad Ind. Bruno P.) Bodega Liverpool	790454	2120422	1.5	0.7	1.2
142	50V-W	(Cuidad Ind. Bruno P.) Calle Abedules	791534	2121475	1.5	0.7	1.5
143	50X-Y	Avenida 11	792349	2120523	2	0.5	0
144	600-1	Calle Cotaxtla	793508	2120532	2	0.5	1.2
145	602-5	C. Oyamel / Jacaranda y Almendros (Amap)	794569	2120468	4	0.3	1.5
146	903-4	Uribe esq. Hernández y Hernández	802500	2124500	2	0.5	0

Continuación Tabla 5.5.5

Punto	Archivo	Localización	UTM(x)	UTM(y)	Frecuencia (Hz)	Periodo (Seg)	Amplitud
147	905-6	Víctimas del 5 y 6 de Julio esq. Altamirano	801500	2123500	2	0.5	0
148	907-8	Flores Magon esq. Tuero Molina	802500	2123500	2.5	0.4	0
149	909-91A	Bernal Diaz del Castillo esq. Washington	802500	2122500	3	0.3	0
150	91B-C	Calle de Pista, Fracc. El Hípico	803500	2120500	0	0.0	0
151	91D-E	Boulevard del Mar esq. Cornuda	804500	2120500	0	0.0	0
152	91F-G	Porvenir Esq. Lázaro Cárdenas	802500	2120500	0	0.0	0
153	91H-I	Fernando López Arias esq. Calle 9	802500	2119500	0	0.0	0
154	304-5	Inicio Camino a Tejería (C.F.C) Terracería	792695	2125476	0	0.0	0
155	306-7	Camino a Tejería-Terrecería	792016	2124512	0	0.0	0
156	308-A	Camino a Tejería-Terrecería	792179	2123530	2	0.5	1.2
157	30B-D	Camino a Tejería-Terrecería	792173	2122464	0	0.0	0
158	30E-F	Camino a Tejería-Terrecería	792522	2122567	0	0.0	0
159	30G-H	Camino a Tejería-Terrecería	793441	2122451	0	0.0	0
160	30P-Q	Camino Paralelo al del Aeropuerto	796951	2117555	0	0.0	0
161	30R-S-T	Camino Paralelo al del Aeropuerto	796455	2116790	0	0.0	0
162	30U-V-W	Camino Paralelo al del Aeropuerto	797293	2115599	0	0.0	0
163	30X-Y-Z	Pared límite del Aeropuerto	796898	2118496	0	0.0	0
164	310-311	Autopista a Córdoba	799024	2117484	2.5	0.4	1.2
165	400-1-2	Autopista a Córdoba	798247	2116495	3	0.3	0
166	403-4-5	Autopista a Córdoba	797477	2114517	7	0.1	1.5
167	406-9	Autopista a Córdoba	796705	2114517	0	0.0	0
168	30I-J-K	Tolome(Antiguo Camino a Loma Fina)	773600	2132079	0	0.0	0
169	30L-M	Cerro frente a Telesecundaria Tolome	773945	2131935	0	0.0	0
170	30N-O	Antiguo Camino a Loma Fina	772953	2131719	0	0.0	0
171	P-12	Mancisidor esq. Guillermo Prieto	802278.9	2118733.4	1.4	0.7	2
172	P14	a 150 m. del Canal de la Zamorana	802386.5	2116720.8	1	1.0	3
173	P-13	Graciano Sanchez esq. Calle 16	802390.5	2117507.3	1	1.0	3
174	Q-14	Luis Donald y Canal de la Zamorana	803182.6	2116871.1	1.4	1.0	2
175	O-12	Etacion de Camiones Las Vegas	801654.0	2118311.0	2	0.7	1.5
176	O-12	Río Amazonas Fracc. Las Vegas	801213.9	2118718.3	2.3	0.5	2



Figura 5.5.6 Mapa de periodos medidos en la ZCV. Se observan las avenidas principales, el límite de la zona en estudio y los números representan los periodos de los 176 medidos en las campañas de vibración ambiental.

Tabla 5.5.7

CATÁLOGO DE SISMOS REGISTRADOS EN LA ZONA CONURBADA VERACRUZ-BOCA DEL RIO														
Fecha	Hora	Lat	Long	Prof(Km)	Mag	Zona.	ESTACIONES							
							IIVE	CHVE	FWVE	POVE	COVE	ENVE		
2001-07-09	08:46:42	19.24	-96.28	25	3.7	COSTA NORTE DE VERACRUZ	X							
2001-08-02	18:19:07	15.45	-94	33	4.5	COSTA DE CHIAPAS	X							
2001-08-06	08:13:15	16.71	-95.22	87	4.5	OAXACA	X							
2001-09-03	22:26:28	16.12	-98.39	6	5.2	COSTA GUERRERO-OAXACA	X							
2001-09-08	02:55:45	16.59	-94.95	100	4.8	ISTMO DE TEHUANTEPEC	X							
2001-09-09	07:05:29	16.46	-93.95	125	4.4	CHIAPAS	X							
2001-09-11	04:13:36	15.15	-92.35	90	4.9	COSTA DE CHIAPAS	X							
2001-09-15	03:02:28	16.39	-94.49	73	4.6	ISTMO DE TEHUANTEPEC	X							
2001-10-07	21:39:20	17.01	-100.1	16	6.1	GUERRERO	X							
2001-10-09	12:48:21	18.17	-95.26	58	4.7	SUR DE VERACRUZ	X							
2001-11-10	11:09:15	15.84	98.35	18	6	COSTA DE OAXACA	X							
2001-11-28	08:32:36	15.39	-93.53	70	6	COSTA DE CHIAPAS	X							
2002-01-16	17:09:56	15.58	93.6	36	6.3	COSTA DE CHIAPAS		X				X		
2002-01-30	02:42:03	18.21	-96.02	115	5.1	VERACRUZ-OAXACA		X		X				
2002-06-30	15:14:39	19.26	96.17	32	3.9	COSTA NORTE DE VERACRUZ		X		X		X		
2002-12-29	01:31:46	17.6	-95.19	131	4.7	VERACRUZ-OAXACA		X						X
2003-01-21	20:06:31	18.22	104.6	10	7.6	COSTA DE COLIMA		X		X				
2003-05-24	11:16:32	19.11	95.87	26	4.1	COSTA DE VERACRUZ	X			X				X

Estaciones:

ESTACION	LOCALIZACIÓN	COORDENADAS (UTM)	
IIVE:	Instituto de Ingeniería Campus Mocambo de la U.V., Boca del Río, Ver.	14Q0803726.3	2121677.73
CHVE:	Calle F. Canal No. 582 en Veracruz, Ver	14Q0801314.3	2124914.13
FWVE:	Calle de las Rosas No. 250, U. H. Ruiz Cortines, Veracruz, Ver.	14Q0797730.5	2125902.33
POVE:	Rancho La Posta de la U.V. Carretera Ver-Jalapa	14Q0793064.9	2122215.93
COVE:	Unidad Habitacional El Coyol, Veracruz, Ver.	14Q0798337.1	2121285.33
ENVE:	Escuela Naval de Anton Lizardo, Ver.	15Q0187127.0	2108405.00

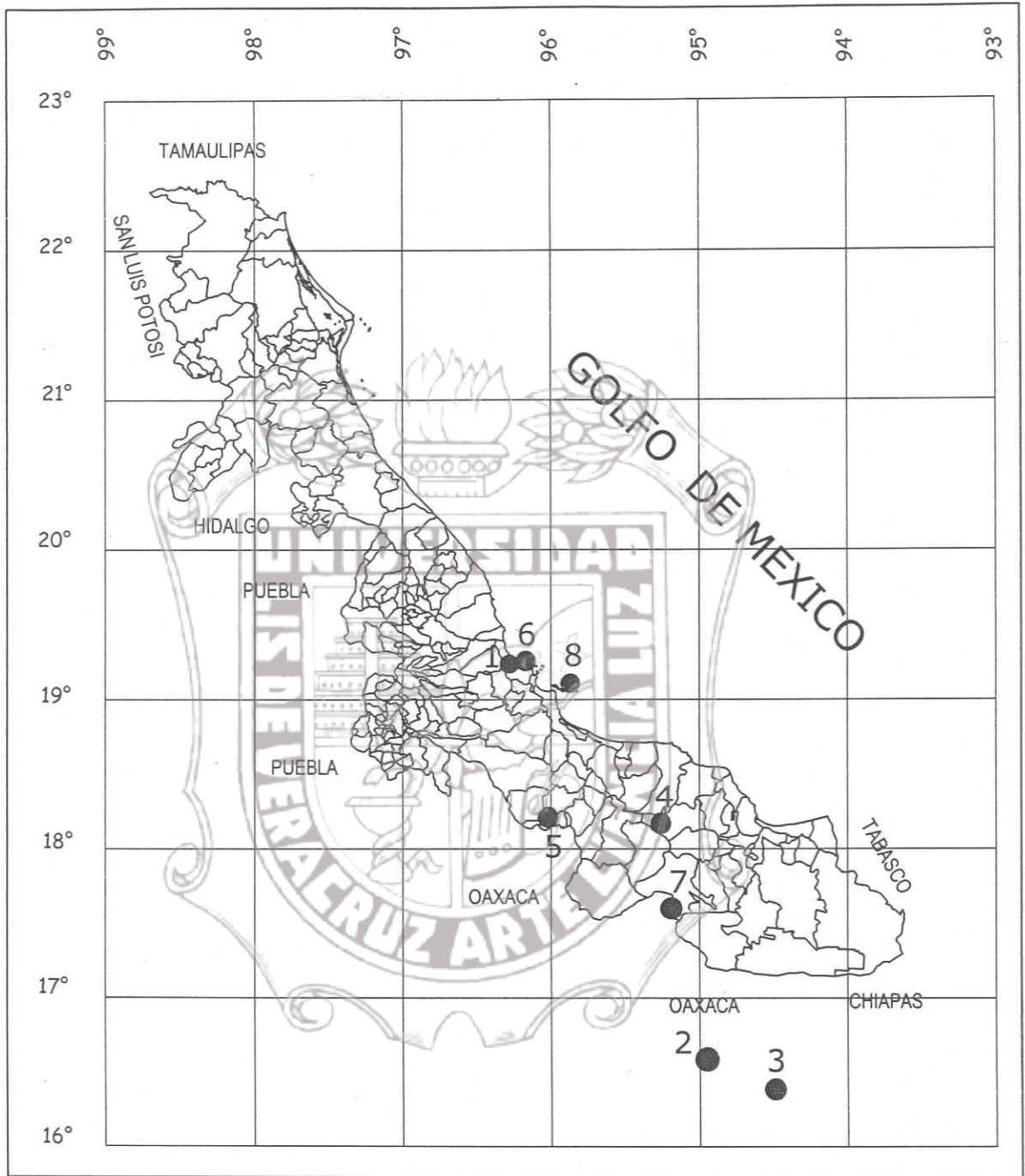


Figura 5.5.8 Sismos registrados en el estado de Veracruz y los limites con el estado de Oaxaca

- (1) Sismo del 9 de Agosto de 2001 (Me = 3.7)
- (2) Sismo del 8 de Septiembre de 2001 (Me = 4.8)
- (3) Sismo del 15 de Septiembre de 2001 (Me = 4.6)
- (4) Sismo del 9 de Octubre de 2001 (Me = 4.7)
- (5) Sismo del 30 de Enero de 2002 (Me = 5.1)
- (6) Sismo del 30 de Junio de 2002 (Me = 3.9)
- (7) Sismo del 29 de Diciembre de 2002 (Me = 4.7)
- (8) Sismo del 24 de Mayo de 2003 (Me = 4.1)



Figura 5.5.9 Ubicación de 5 de las estaciones localizadas dentro de la ZCV donde se obtuvieron registros de sismos. La estación ENVE, que se ubica en la Escuela Naval de Antón Lizardo, no se marca debido a esta fuera de la zona en estudio ZCV.

Tabla 5.5.9a. Localización de las estaciones acelerográficas temporales

Nombre	Clave	Dirección	Equipo	Tipo de suelo	Latitud N	Longitud W
Instituto de Ingeniería	IIVE	Av. S.S. Juan Pablo II Campus Mocambo de la Universidad Veracruzana Boca del Río, Ver	ETNA (2001) GSR-18	Depósitos de playa	19° 09.597'	96° 06.699'
Centro Histórico	CHVE	Calle Francisco Canal No. 582 Centro Histórico	ETNA	Depósitos de playa	19° 11.819'	96° 08.119'
Zona Norte	FWVE	Jazmín No. 250 Unidad Habitacional A. Ruiz Cortines	GSR-18	Dunas	19° 12.365'	96° 10.115'
La Posta	POVE	Posta Zootécnica de la U.V. El Torreón del Molino Carretera Xalapa-Veracruz Vía Paso de Ovejas	GSR-18	Aluvial	19° 10.326'	96° 12.701'
El Coyol	COVE	Laguna Superior No. 3 Unidad Habitacional El Coyol	GSR-18	Dunas	19° 12.365'	96° 10.115'
Heroica Escuela Naval Militar	ENVE	Instituto Oceanográfico del Golfo y Mar Caribe. Heroica Escuela Naval Militar, Punta Antón Lizardo, Mpo. de Alvarado, Ver	GSR-18	Coral.	19° 02.669'	95° 58.338'

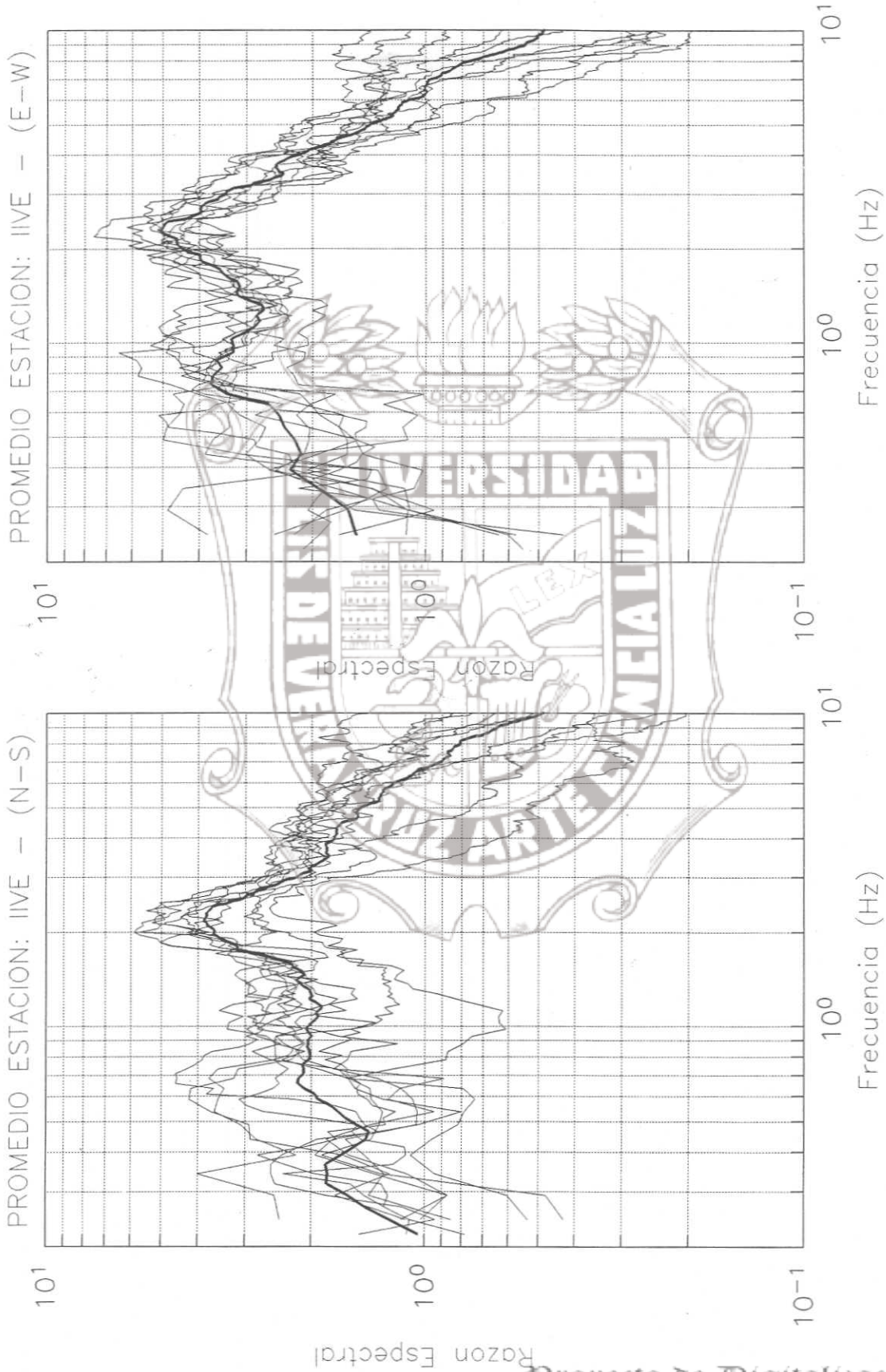


Figura 5.5.10 Líneas delgadas: Técnica de Nakamura para la parte fuerte de las ondas S de cada sismo registrado en la estación IVE. Línea gruesa: Promedio espectral de todos los sismos registrados en la estación IVE. Se observa una frecuencia definida de entre 2 y 3 Hz.

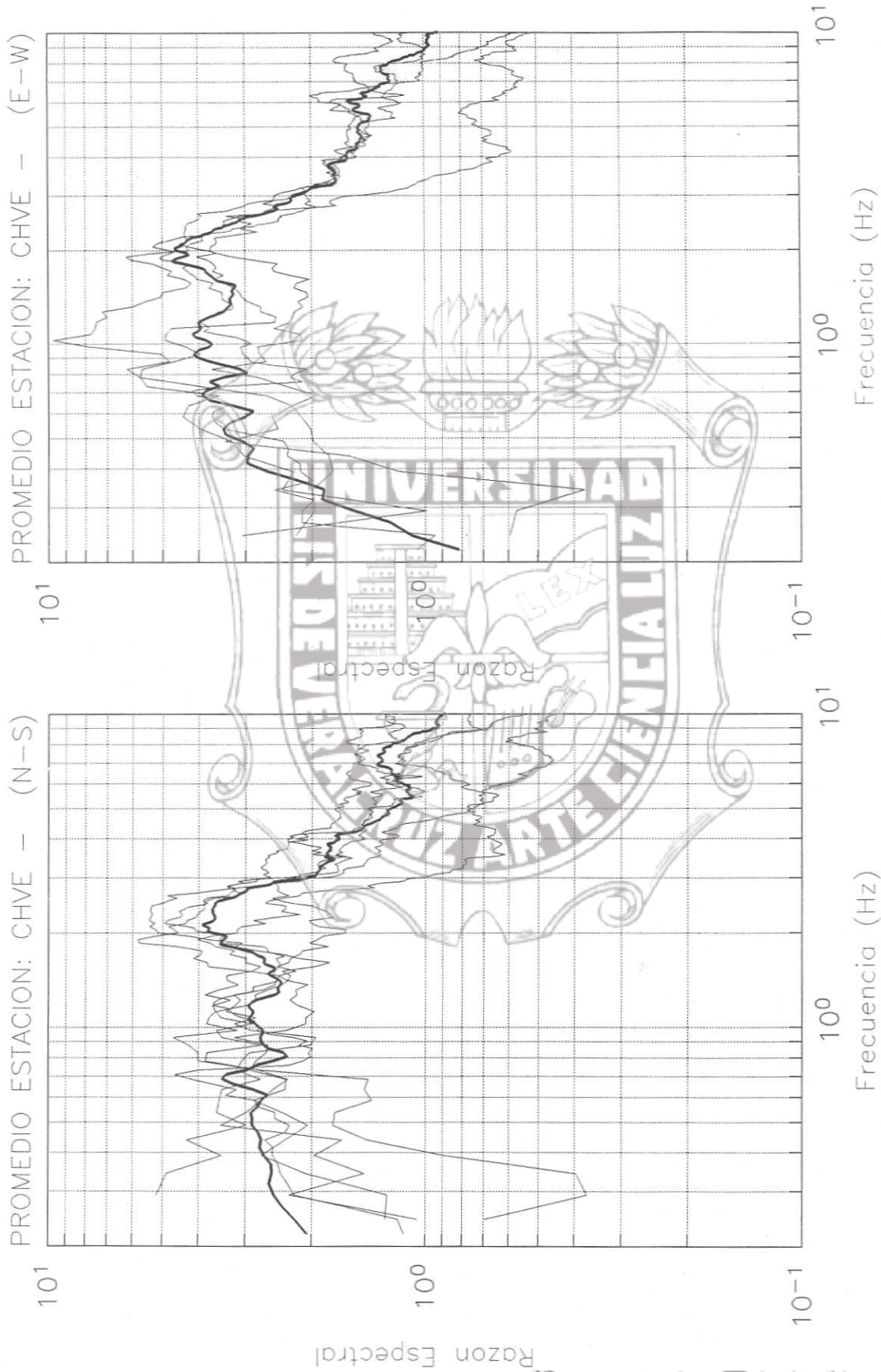


Figura 5.5.11 Líneas delgadas: Técnica de Nakamura para parte fuerte de las ondas S de cada sismo registrado en la estación CHVE. Línea gruesa: Promedio espectral de todos los sismos registrados en la estación CHVE. La máxima amplitud está en la frecuencia de entre 2 y 3 Hz.

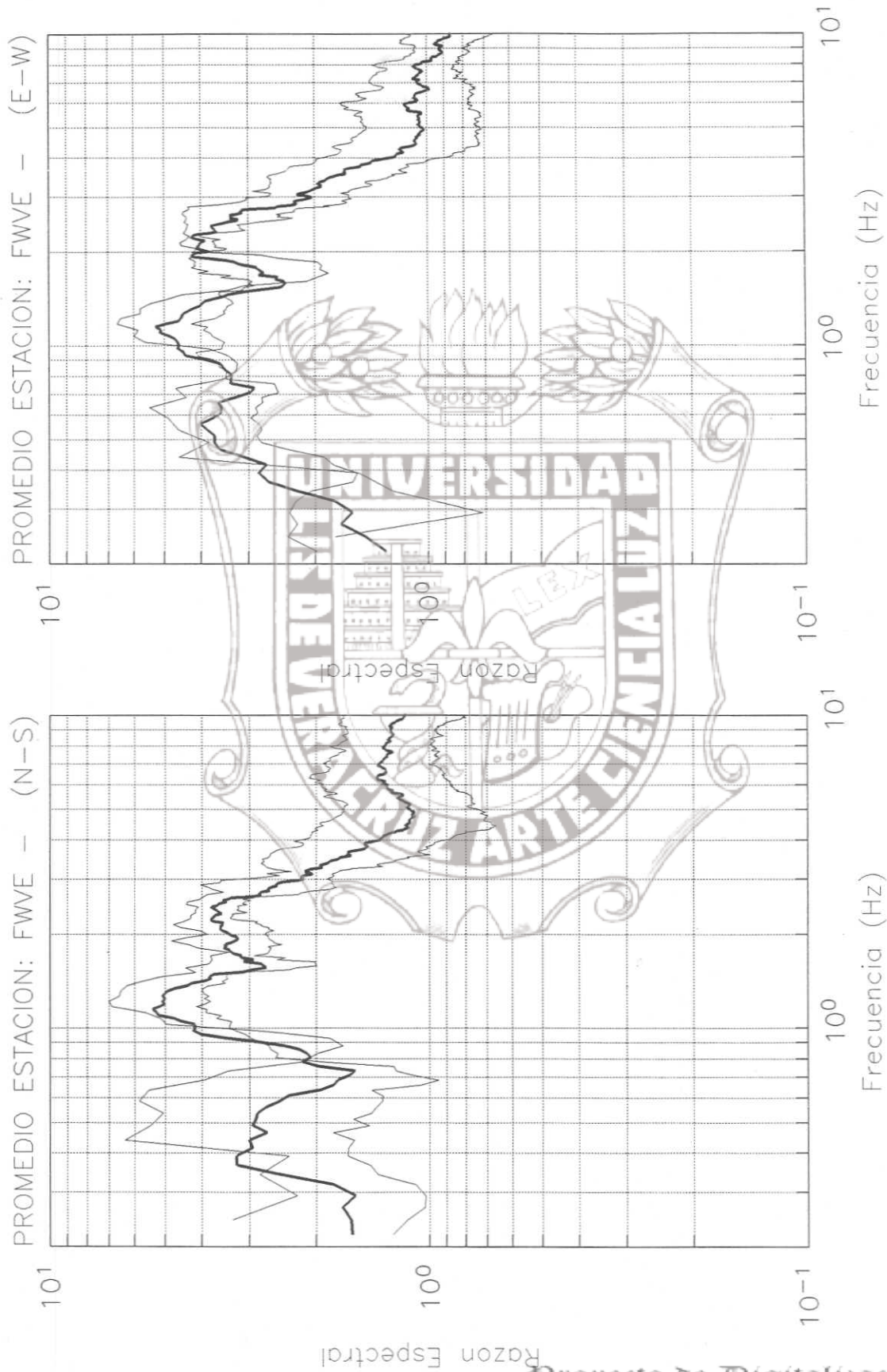


Figura 5.5.12 Líneas delgadas: Técnica de Nakamura para parte fuerte de las ondas S de cada sismo registrado en la estación FWVE. Línea gruesa: Promedio espectral de todos los sismos registrados en la estación FWVE. Se observa la amplitud máxima entre 1 y 1.5 Hz.

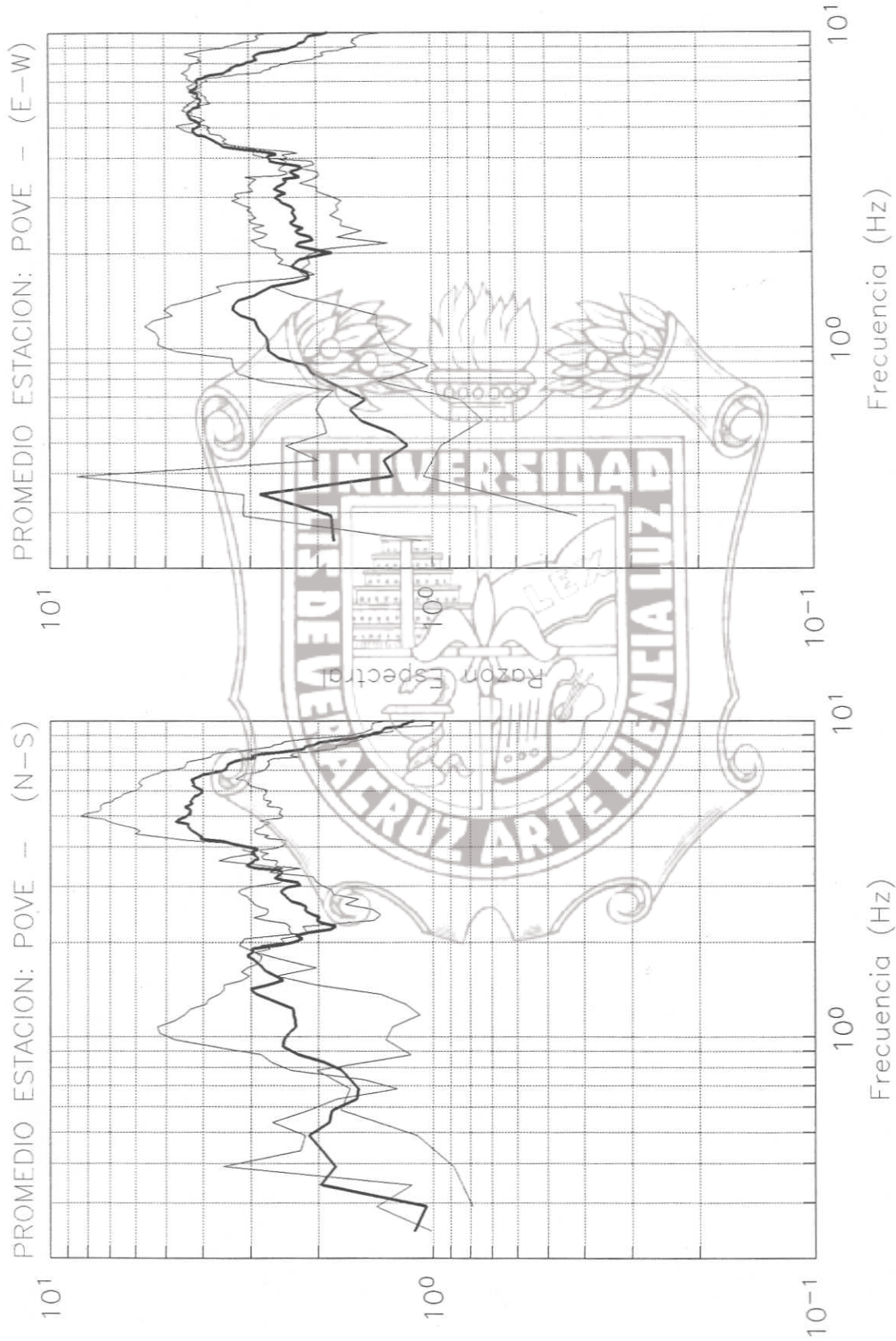


Figura 5.5.13 Líneas delgadas: Técnica de Nakamura para parte fuerte de las ondas S de cada sismo registrado en la estación POVE. Línea gruesa: Promedio espectral de todos los sismos registrados en la estación POVE. En esta estación la máxima amplitud está en las frecuencias altas en el rango de 4 a 7 Hz.

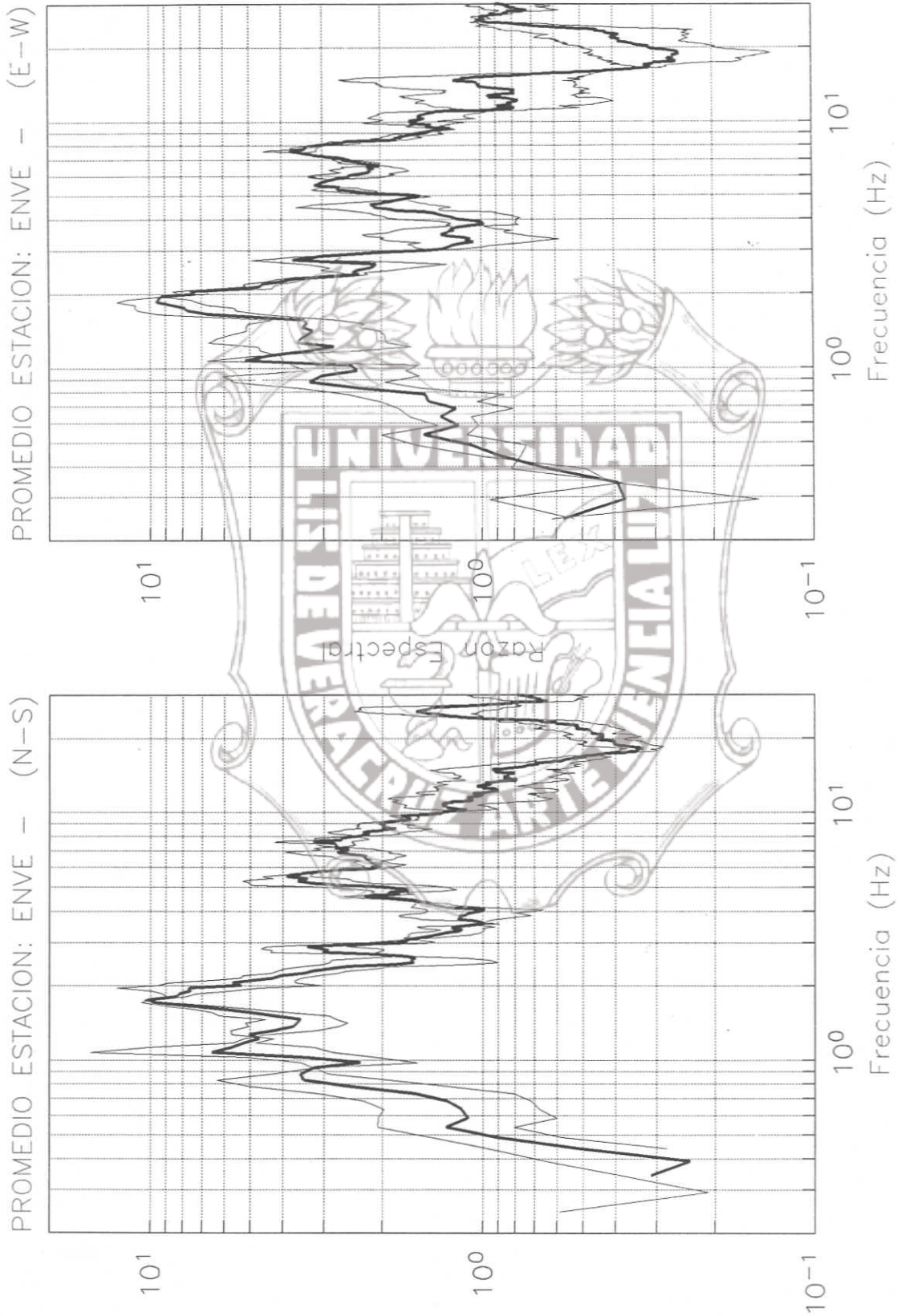


Figura 5.5.14 Líneas delgadas: Técnica de Nakamura para parte fuerte de las ondas S de cada sismo registrado en la estación ENVE. Línea gruesa: Promedio espectral de todos los sismos registrados en la estación ENVE. En esta estación tiene amplificación de 10 veces en el rango de frecuencias de 2 Hz. Esta estación está cercana a la playa sobre un relleno y por debajo coral.

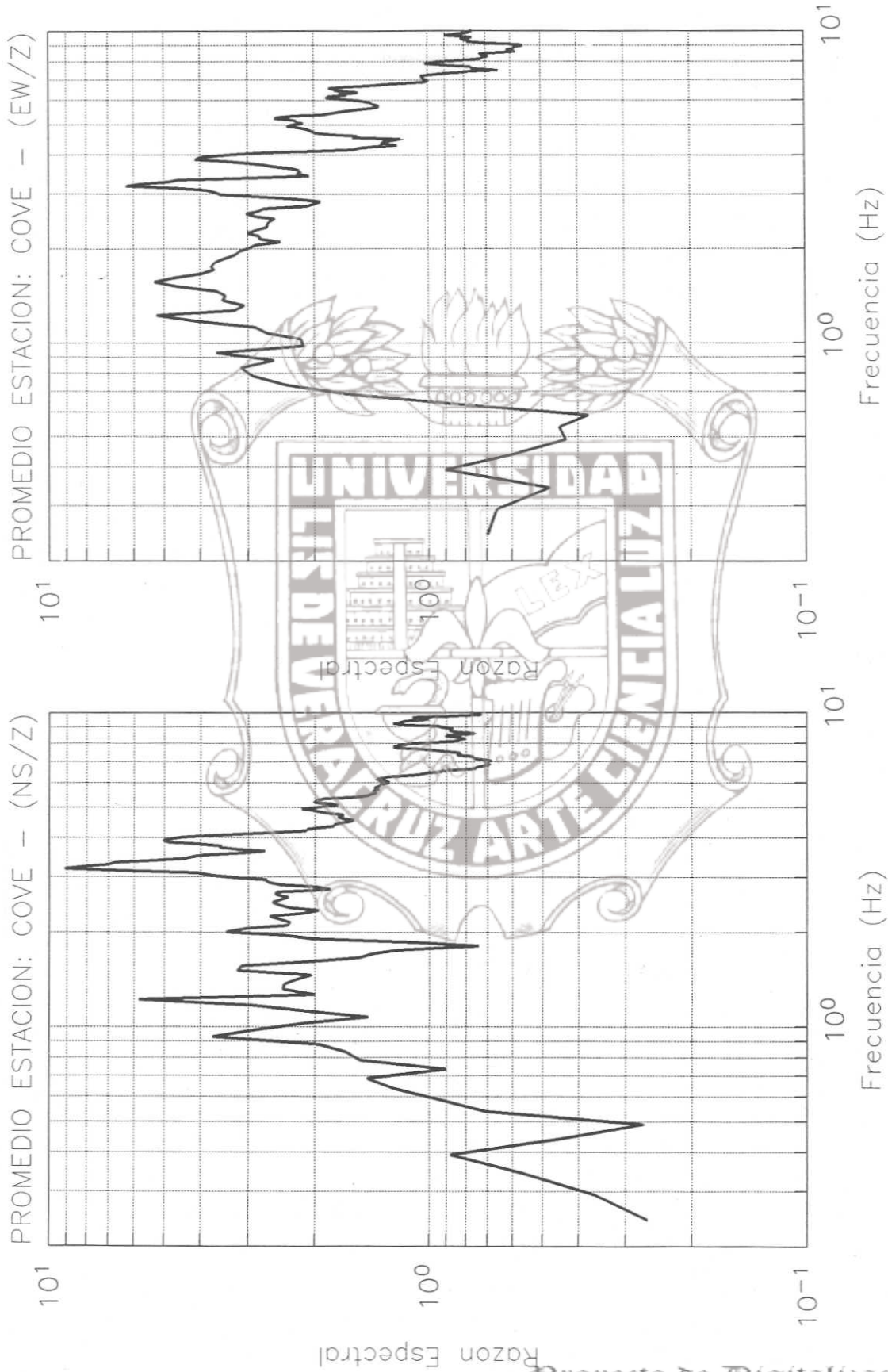


Figura 5.5.15 Técnica de Nakamura con un sismo registrado en la estación COVE. Esta estación tiene una amplitud de 10 veces y el rango de frecuencias para el cual se presenta la máxima amplitud es de 3 Hz. Esta estación está ubicada en la zona de médanos.

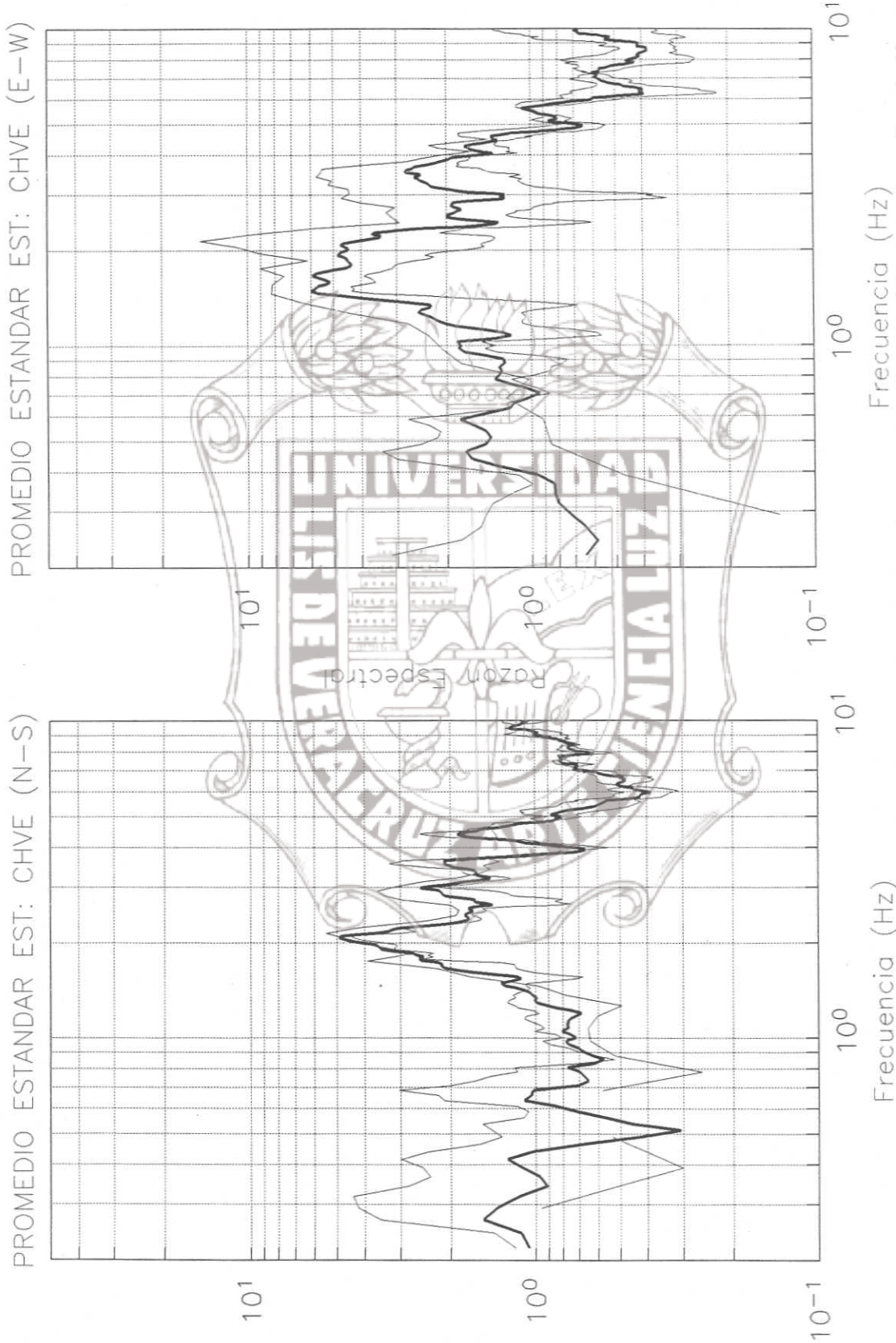


Figura 5.5.16 Obtención del Promedio de la Técnica Estándar aplicada a los dos sismos registrados simultáneamente en la estación suelo blando y la estación de referencia POVE. Líneas delgadas: Técnica Estándar de cada uno de los sismos registrados simultáneamente en CHVE y la estación POVE. Línea gruesa: Promedio de la Técnica Estándar de dos sismos registrados simultáneamente en CHVE y POVE.

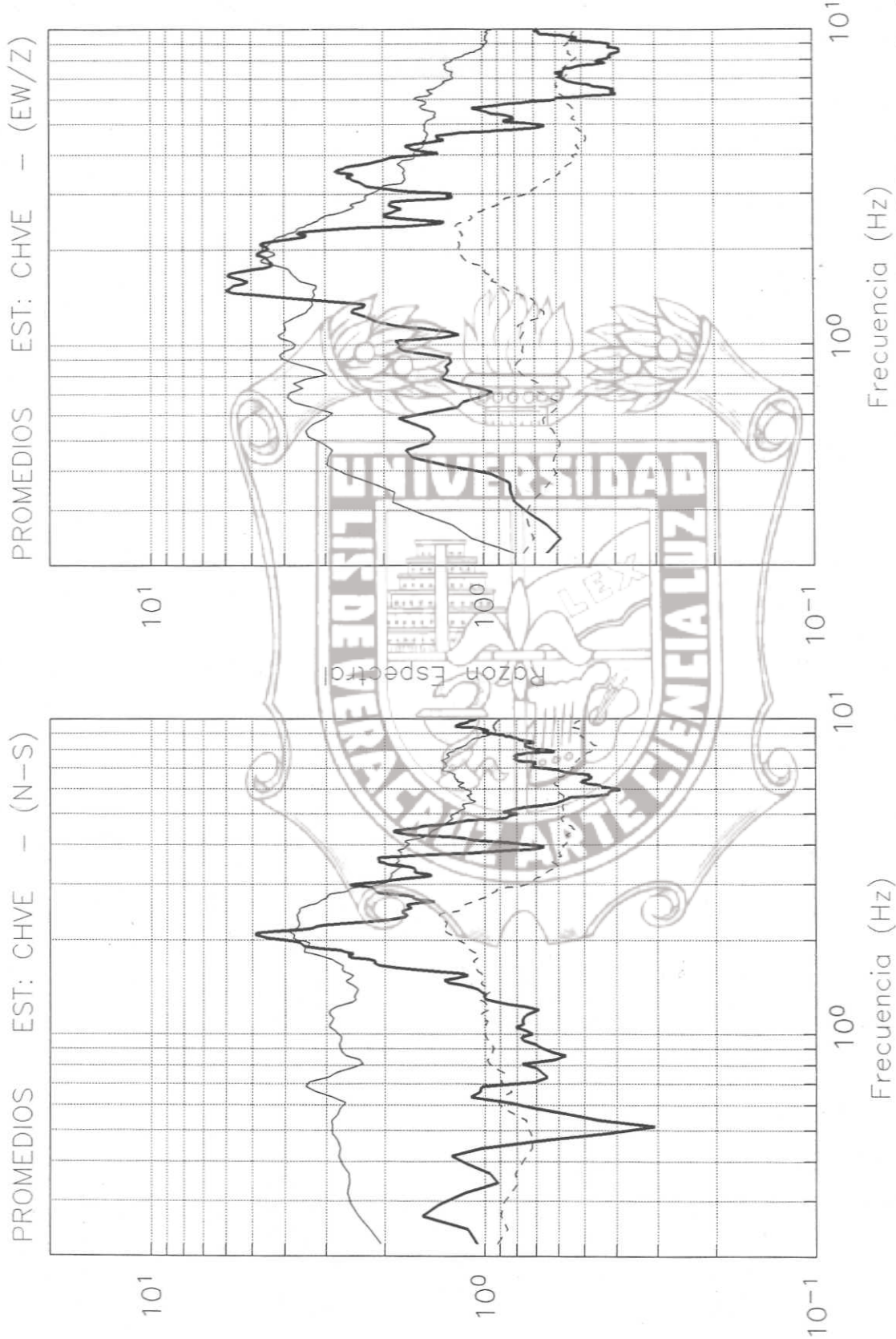


Figura 5.5.17 Comparación de los promedios de la Técnica Estándar, Técnica de Nakamura con sismos y Técnica de Nakamura con vibración ambiental. Línea delgada discontinua: Promedio de Técnica de Nakamura con Vibración ambiental en CHVE. Línea delgada continua: Promedio de Técnica de Nakamura de todos los sismos registrados en CHVE. Línea gruesa: Promedio de la Técnica Estándar aplicada a dos sismos registrados simultáneamente en la estación CHVE y la estación de referencia POVE. La Técnica de Nakamura con vibración ambiental presenta poca amplificación, la de Nakamura con sismo tiende a tener la mayor amplificación, mientras que la Técnica Estándar tiende a ser mas conservadora en amplificaciones. Las tres técnicas tienden a coincidir en la frecuencia de 2 Hz.

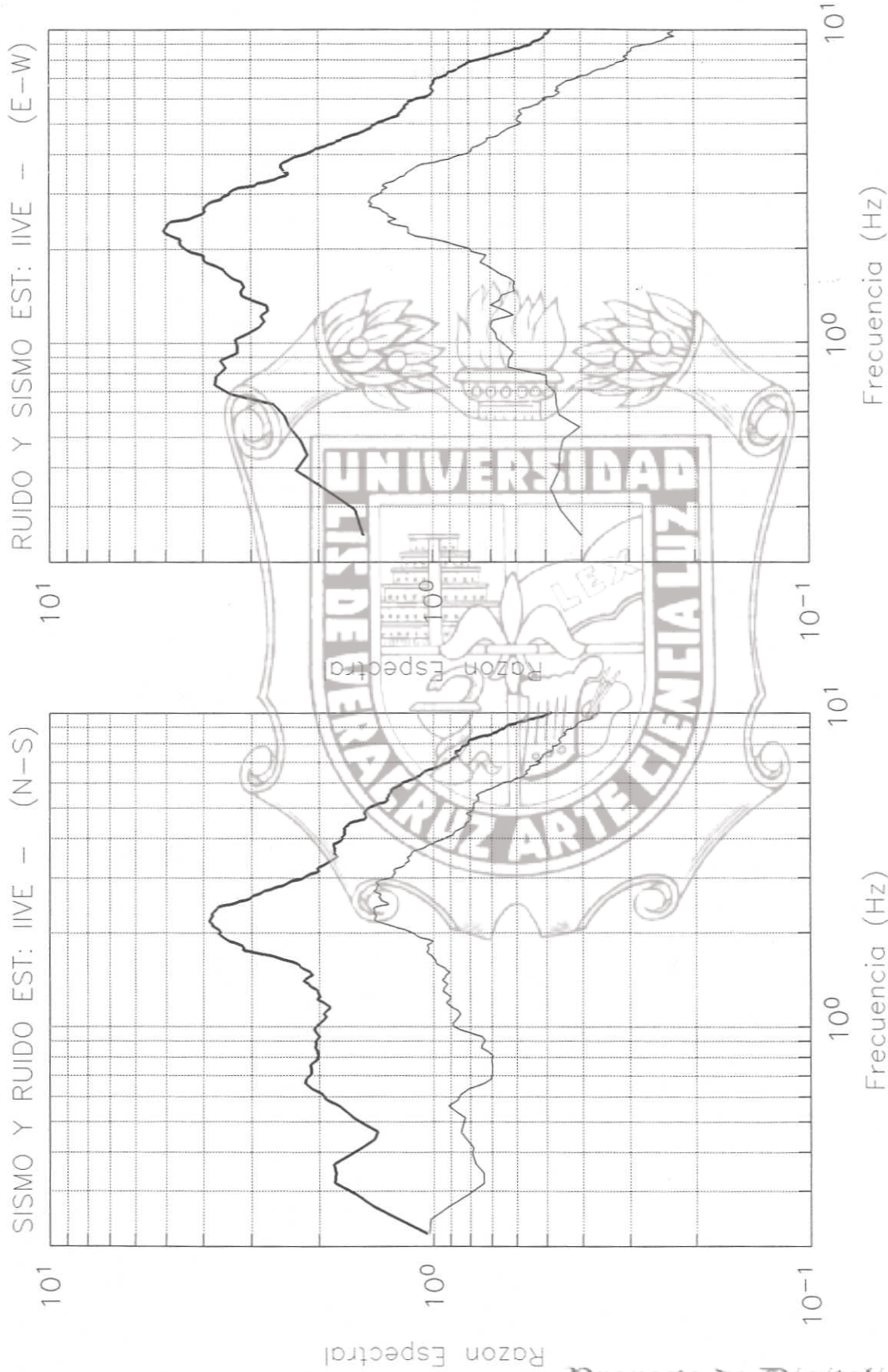


Figura 5.5.18 Comparación de Técnica de Nakamura con sismo y Técnica de Nakamura con vibración ambiental en la estación IIVE. Línea delgada: Promedio de Técnica de Nakamura con vibración ambiental en la estación IIVE. Línea gruesa: Promedio de todos los sismos registrados en IIVE usando la Técnica de Nakamura. Los picos de máximas amplitudes en las dos direcciones coinciden en el rango de 2 a 3 Hz. y la vibración ambiental presenta poca amplitud.

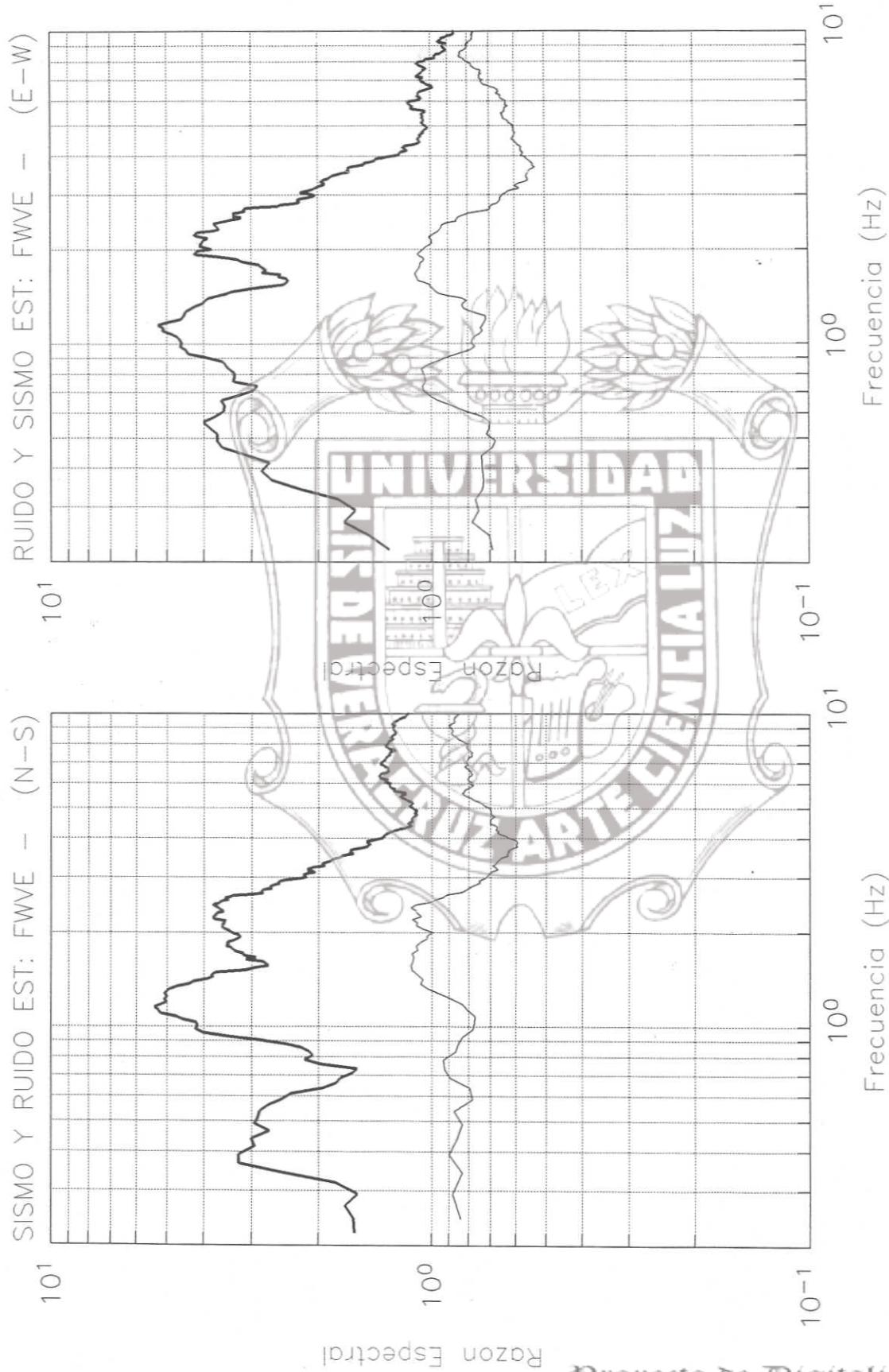


Figura 5.5.19 Comparación de Técnica de Nakamura con sismo y vibración ambiental en la estación FWVE. Línea delgada: Promedio de Técnica de Nakamura con vibración ambiental en la estación FWVE. Línea gruesa: Promedio de todos los sismos registrados en FWVE usando la Técnica de Nakamura. El promedio para sismos es obtenido a partir de solamente 2 sismos. Faltaría registrar más sismos para tener una comparación mas exacta, pero la vibración ambiental se queda muy debajo en amplitudes.

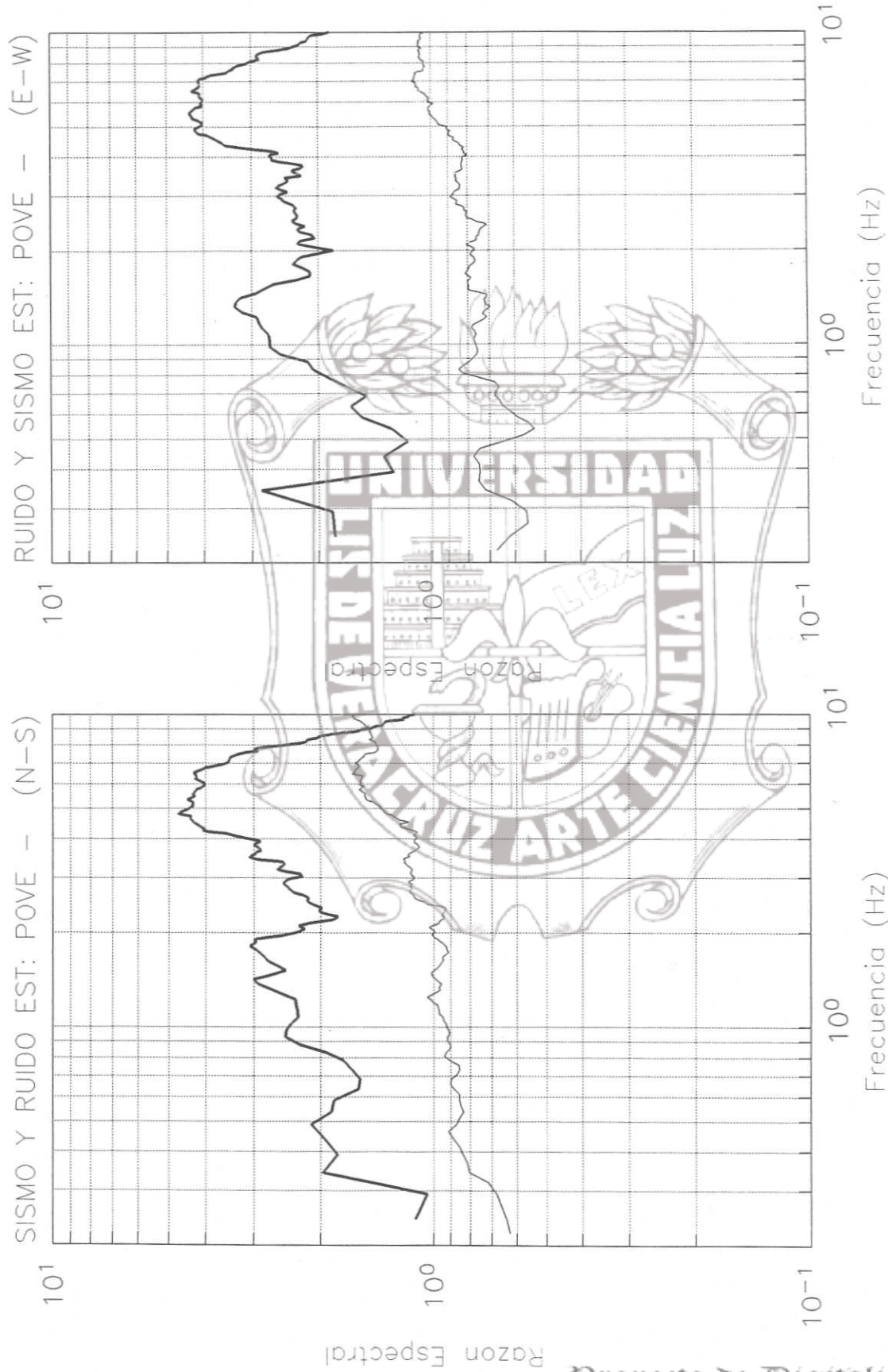


Figura 5.5.20 Comparación de Técnica de Nakamura con sismo y Técnica de Nakamura con vibración ambiental en la estación POVE. Línea delgada: Promedio de Técnica de Nakamura con vibración ambiental en la estación POVE. Línea gruesa: Promedio de todos los sismos registrados en POVE usando la Técnica de Nakamura. Tanto la vibración ambiental como sismos tienen la tendencia a mostrar amplitudes en el rango de frecuencias altas (4-7 Hz.), aunque la vibración ambiental lo hace con poca amplitud.

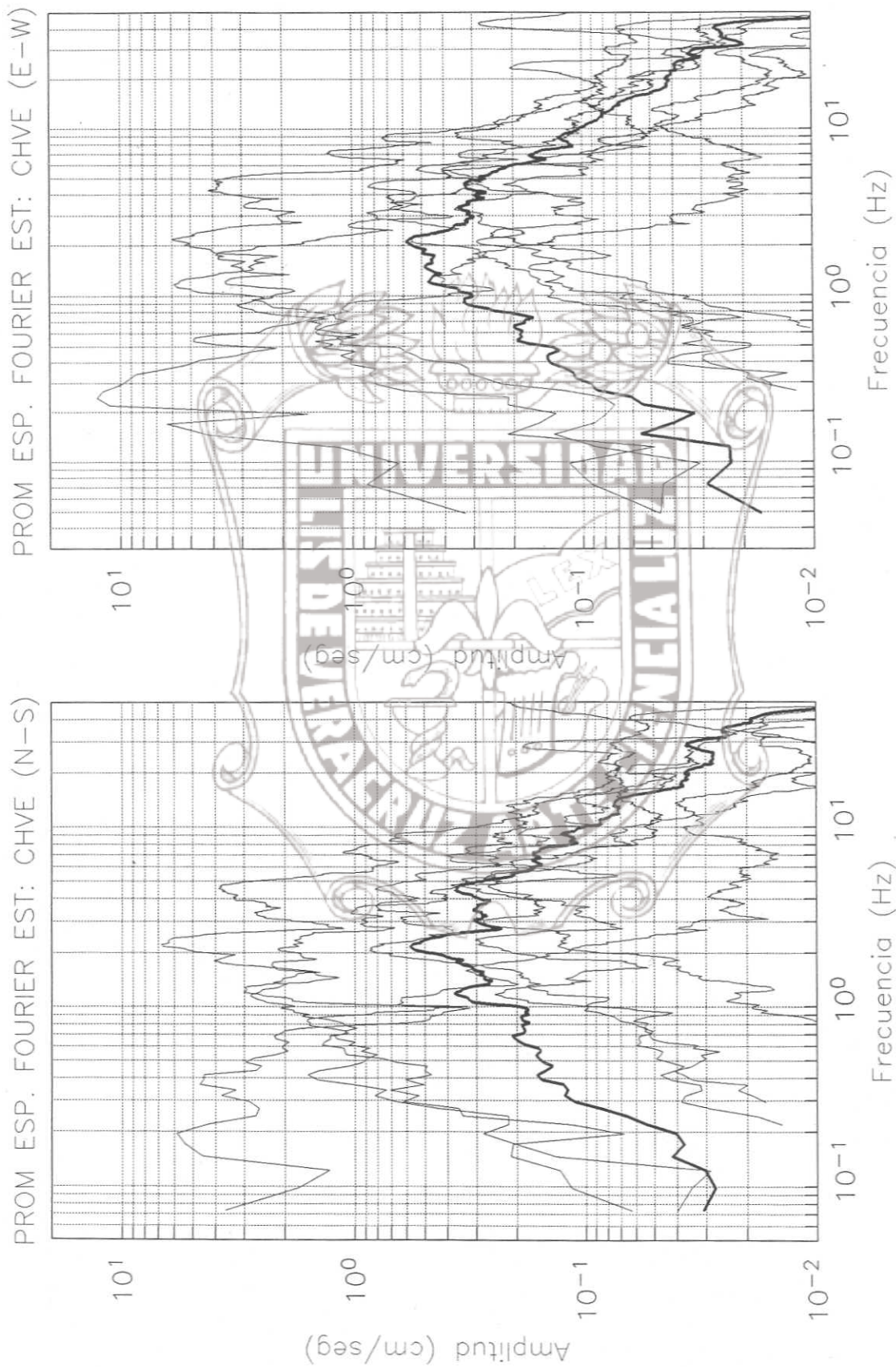


Figura 5.5.21 Promedios de los Espectros de Fourier de todos los sismos registrados en CHVE. Líneas delgadas: Espectros de Fourier para cada uno de los sismos registrados en CHVE. Línea gruesa: Promedio de los Espectros de Fourier de todos los sismos registrados en CHVE.

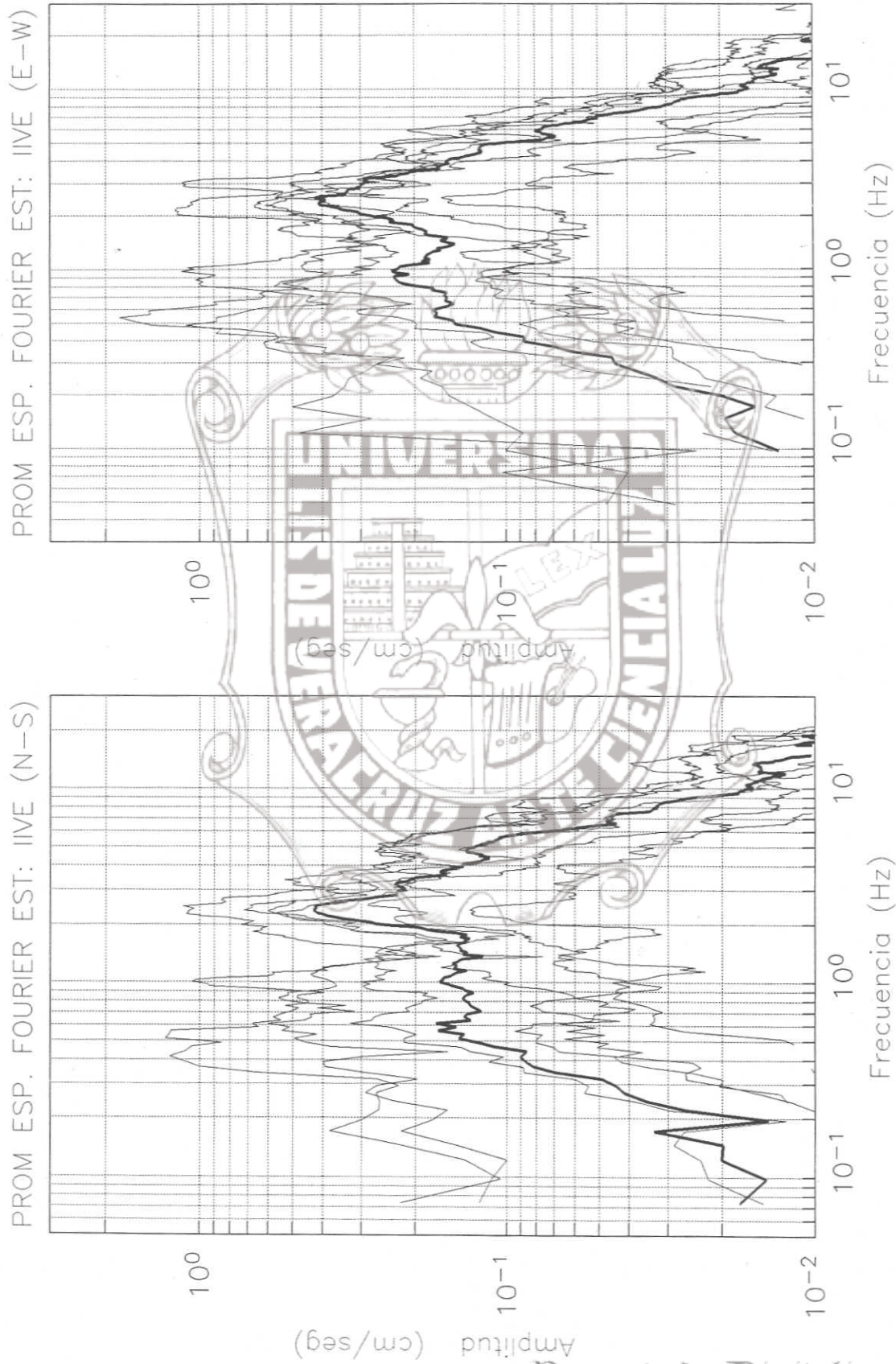


Figura 5.5.22. Promedios de los Espectros de Fourier de todos los sismos registrados en IIVE. Líneas delgadas: Espectros de Fourier para cada uno de los sismos registrados en IIVE. Línea gruesa: Promedio de los Espectros de Fourier de todos los sismos registrados en IIVE.

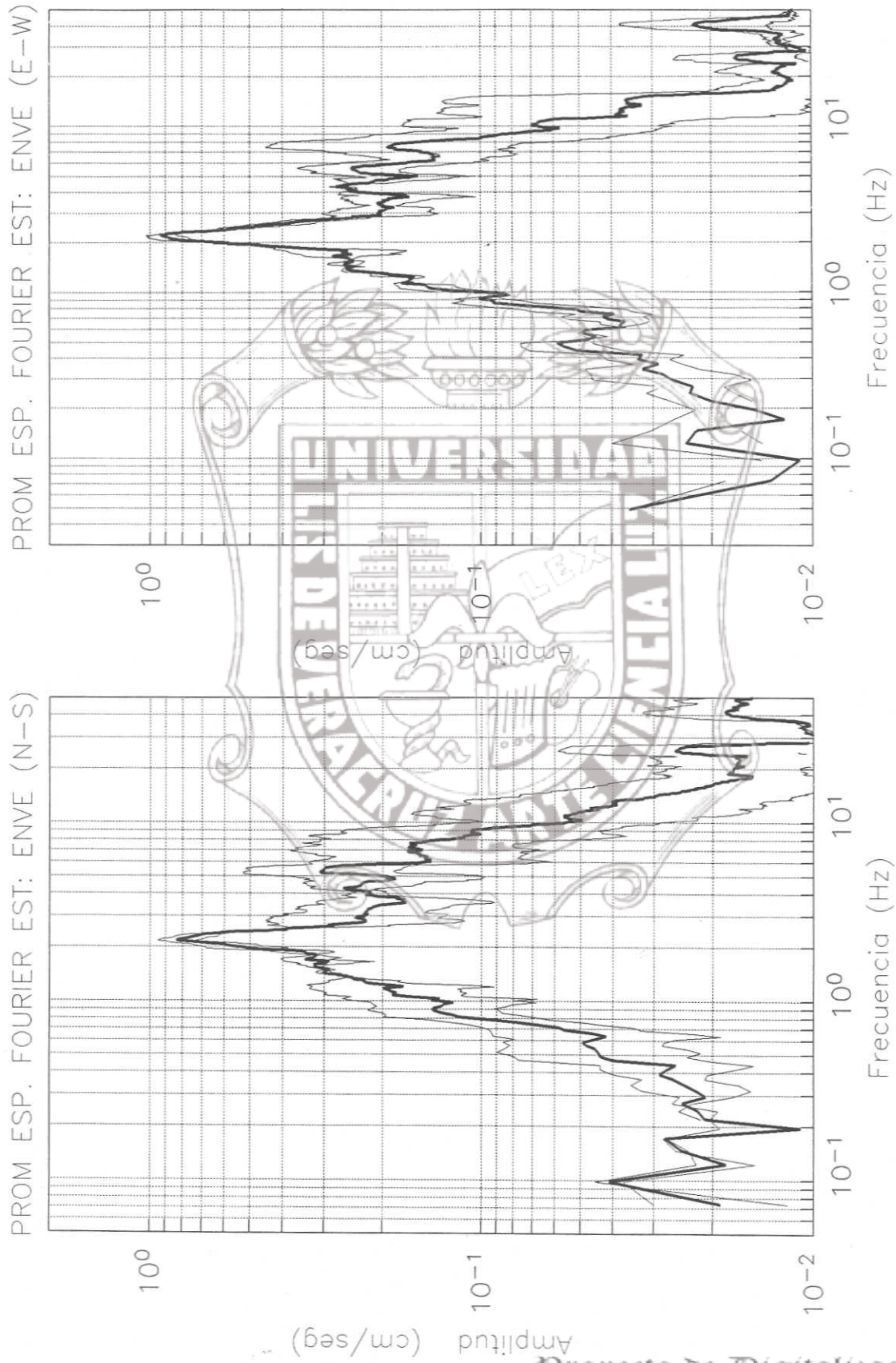


Figura 5.5.23. Promedios de los Espectros de Fourier de todos los sismos registrados en ENVE. Líneas delgadas: Espectros de Fourier para cada uno de los sismos registrados en ENVE. Línea gruesa: Promedio de los Espectros de Fourier de todos los sismos registrados en ENVE.

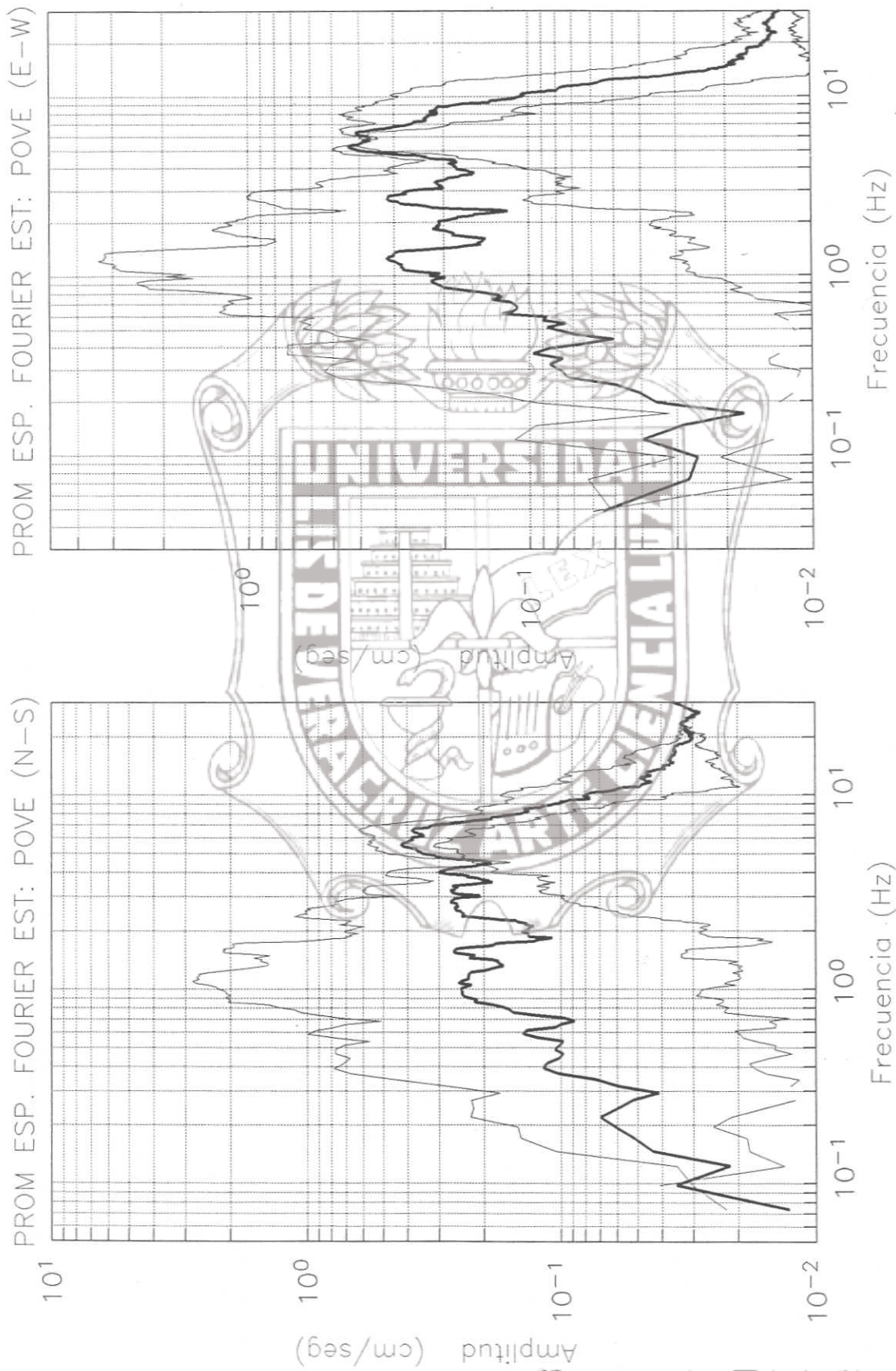


Figura 5.24. Promedios de los Espectros de Fourier de todos los sismos registrados en POVE. Líneas delgadas: Espectros de Fourier para cada uno de los sismos registrados en POVE. Línea gruesa: Promedio de los Espectros de Fourier de todos los sismos registrados en POVE.

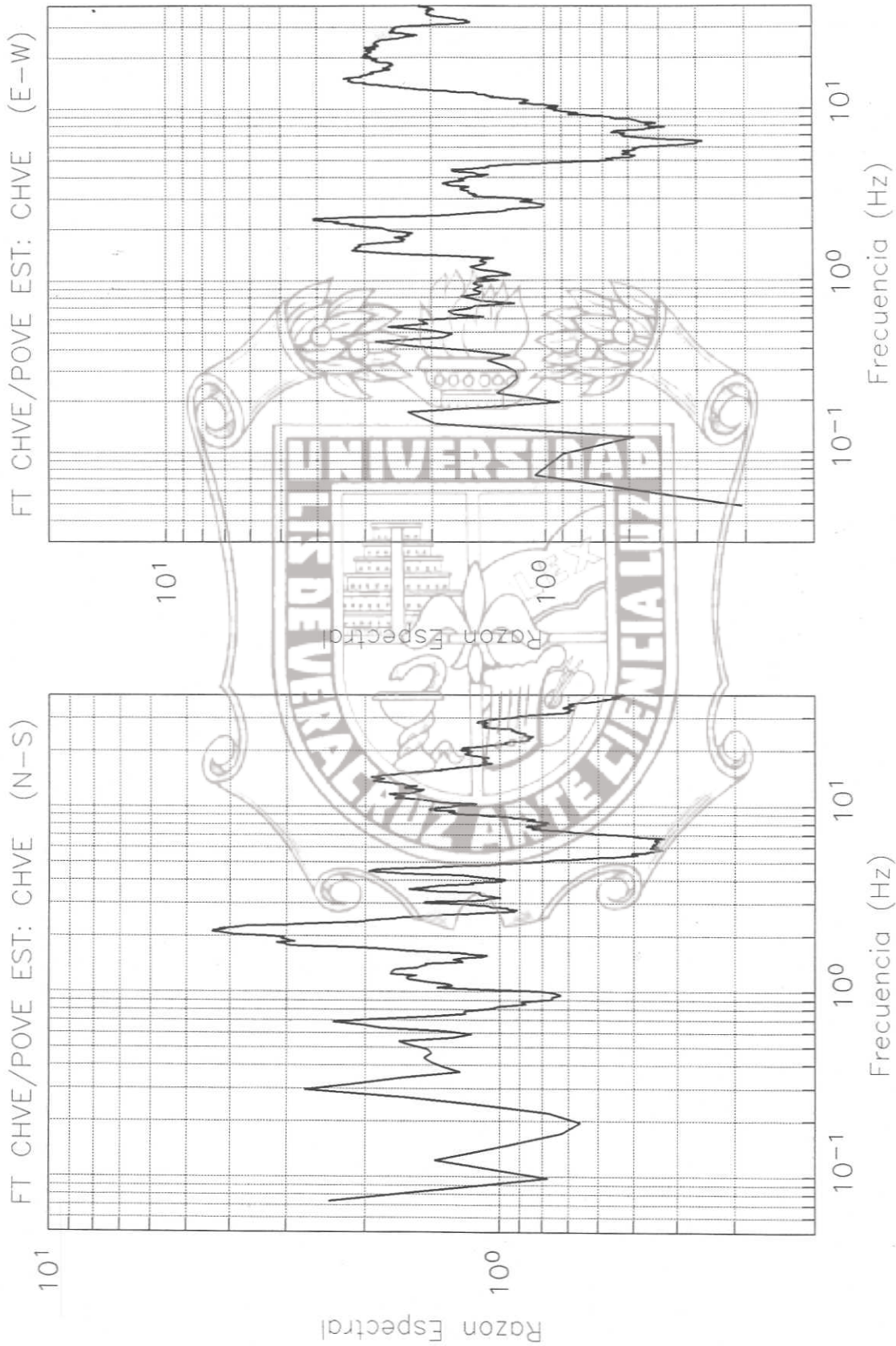


Figura 5.5.25 Aplicación de la Técnica Estándar entre el promedio de los Espectros de Fourier en la estación CHVE y el promedio de los Espectros de Fourier en la estación POVE.

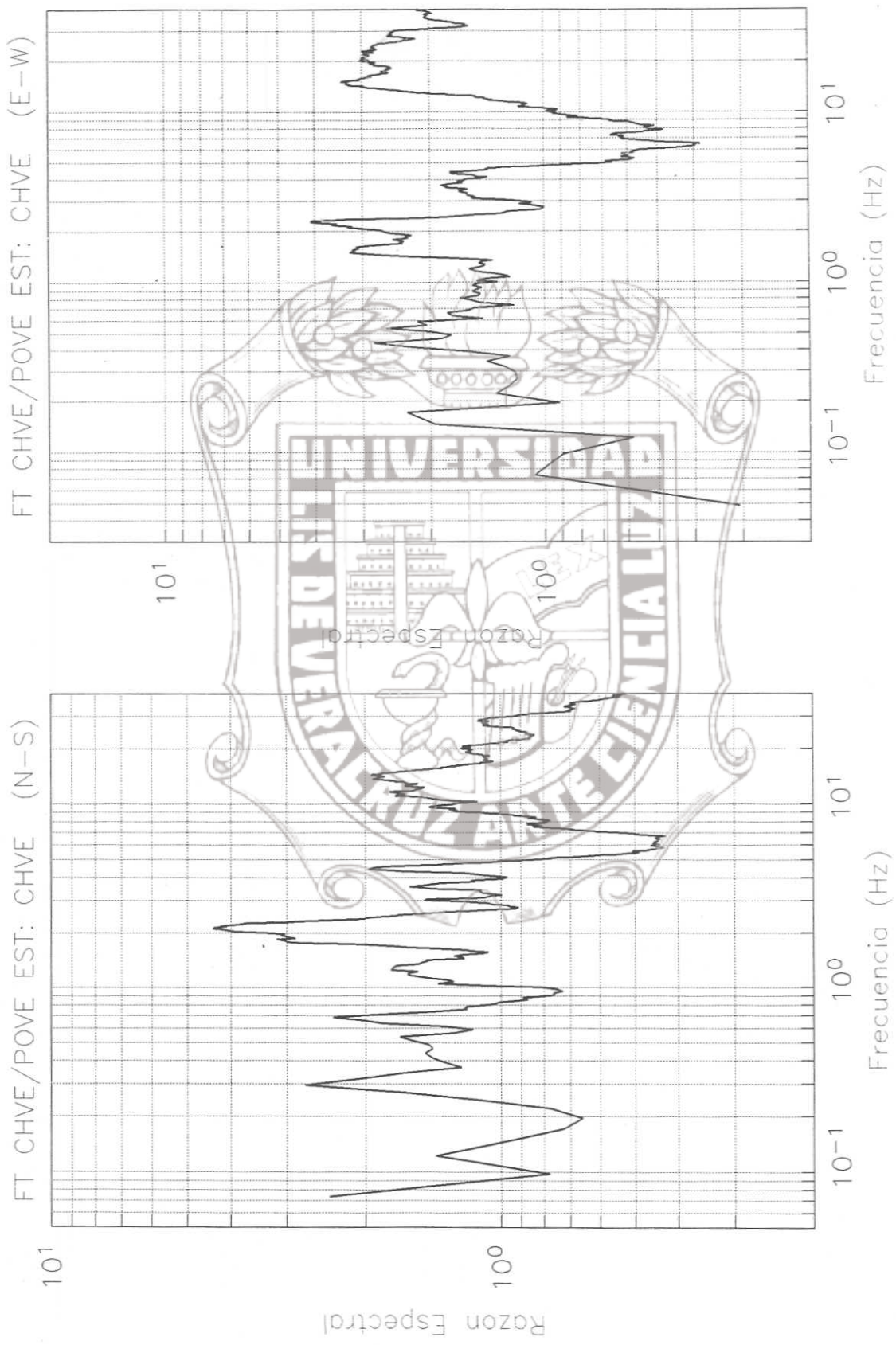


Figura 5.5.26 Aplicación de la Técnica Estándar entre el promedio de los Espectros de Fourier en la estación IIVE y el promedio de los Espectros de Fourier en la estación POVE.

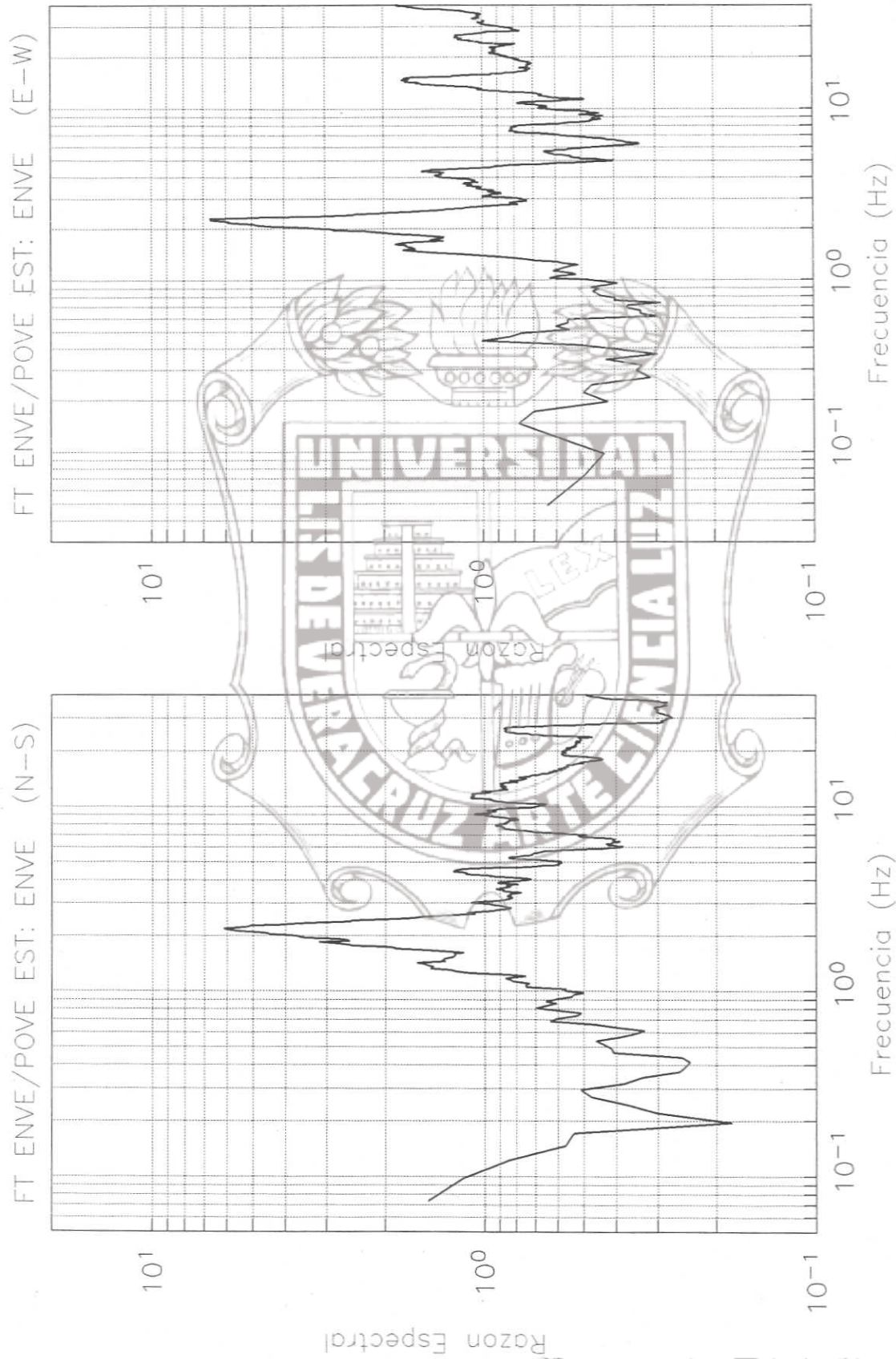


Figura 5.5.27 Aplicación de la Técnica Estándar entre el promedio de los Espectros de Fourier en la estación ENVE y el promedio de los Espectros de Fourier en la estación POVE.

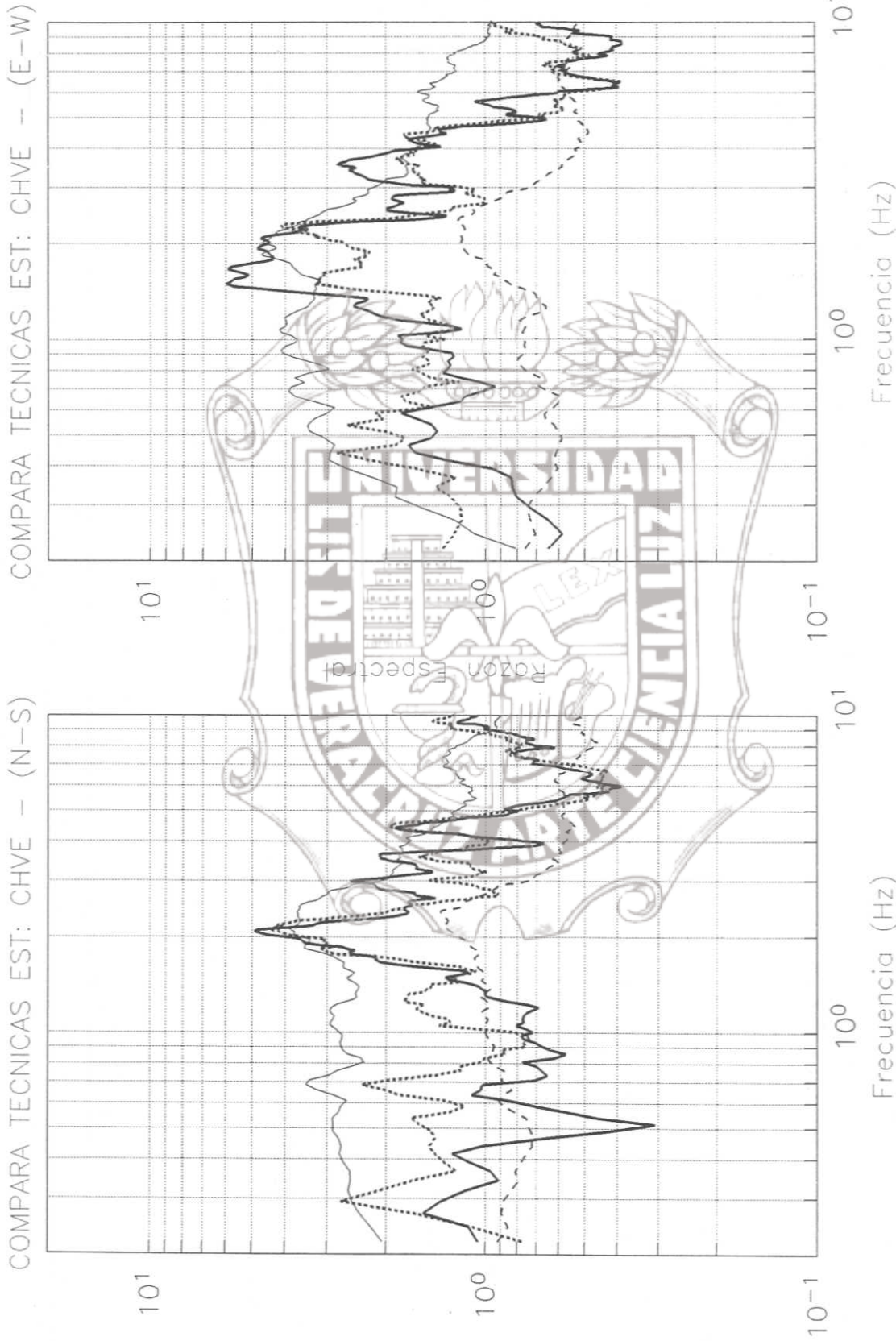


Figura 5.5.28 Comparación de todas las Técnicas para la estación CHVE.
 Línea delgada continua: Promedio Técnica de Nakamura con todos los sismos registrados en CHVE.
 Línea delgada discontinua: Promedio de Técnica de Nakamura con Vibración Ambiental en CHVE.
 Línea gruesa continua: Promedio de la Técnica Estándar aplicada a dos sismos registrados simultáneamente en CHVE y en POVE.
 Línea gruesa discontinua: Técnica Estándar obtenida a partir del promedio de los Espectros de Fourier de CHVE y POVE.

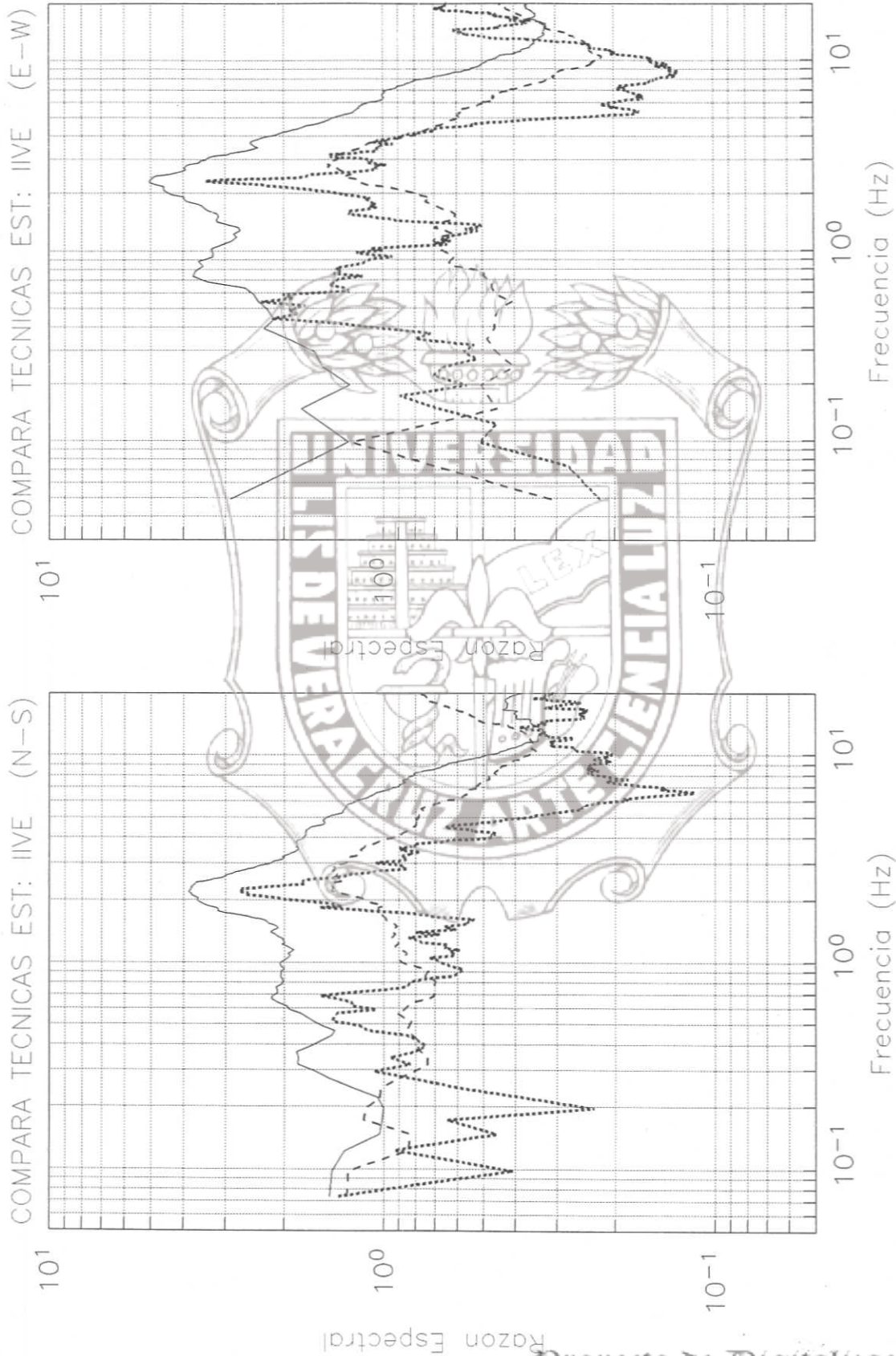


Figura 5.5.29 Comparación de tres Técnicas en la estación IIVE
Línea delgada continua: Promedio Técnica de Nakamura con sismo de los sismos registrados en IIVE
Línea delgada discontinua: Promedio de Técnica de Nakamura con Vibración Ambiental en IIVE
Línea gruesa discontinua: Técnica Estándar obtenida a partir del promedio de los Espectros de Fourier de IIVE y POVE.

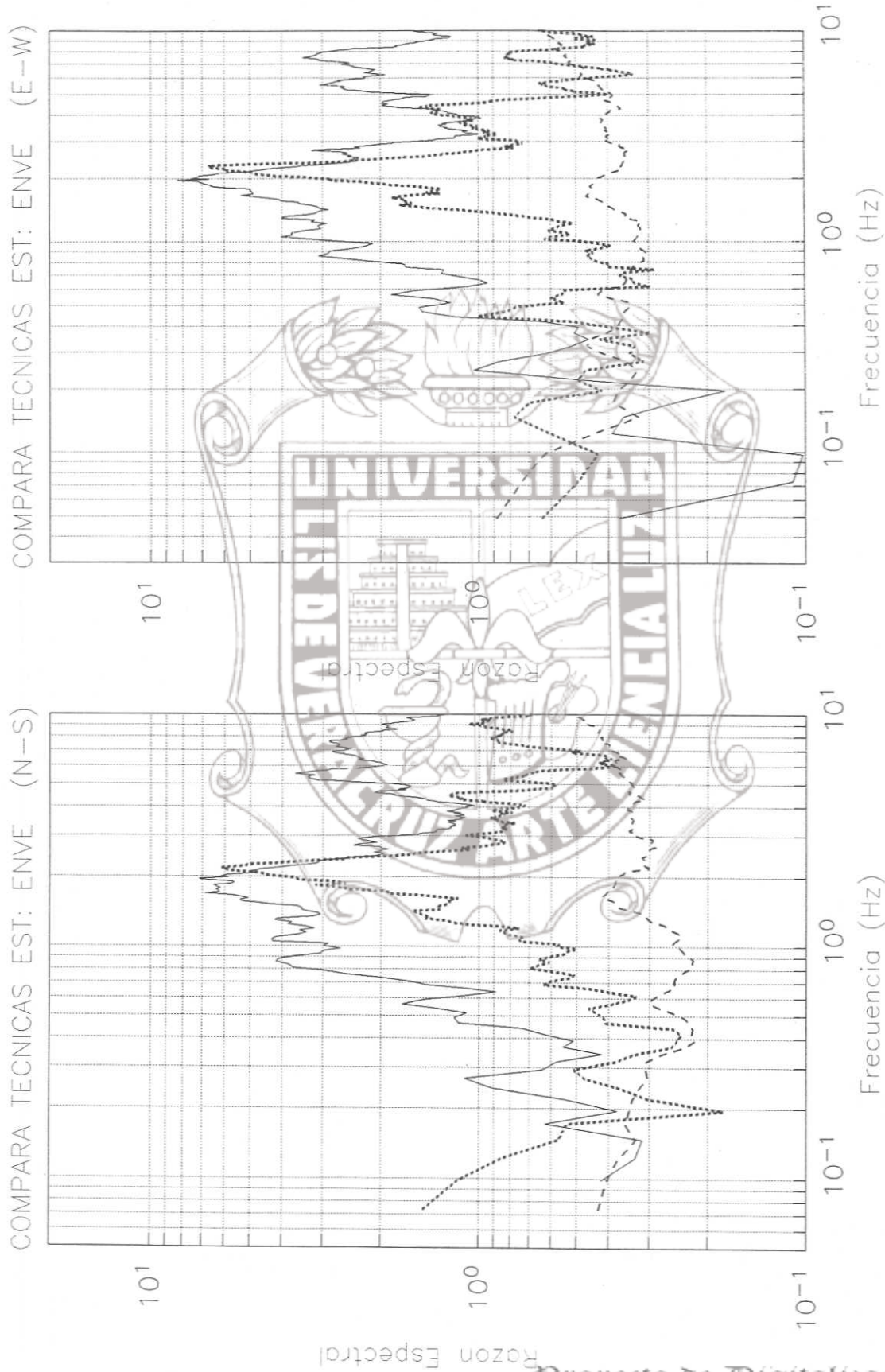


Figura 5.5.30 Comparación de tres Técnicas en la estación ENVE.
Línea delgada continua: Promedio Técnica de Nakamura con sismo de los sismos registrados en ENVE
Línea delgada discontinua: Promedio de Técnica de Nakamura con Vibración Ambiental en ENVE
Línea gruesa discontinua: Técnica Estándar obtenida a partir del promedio de los Espectros de Fourier de ENVE y POVE

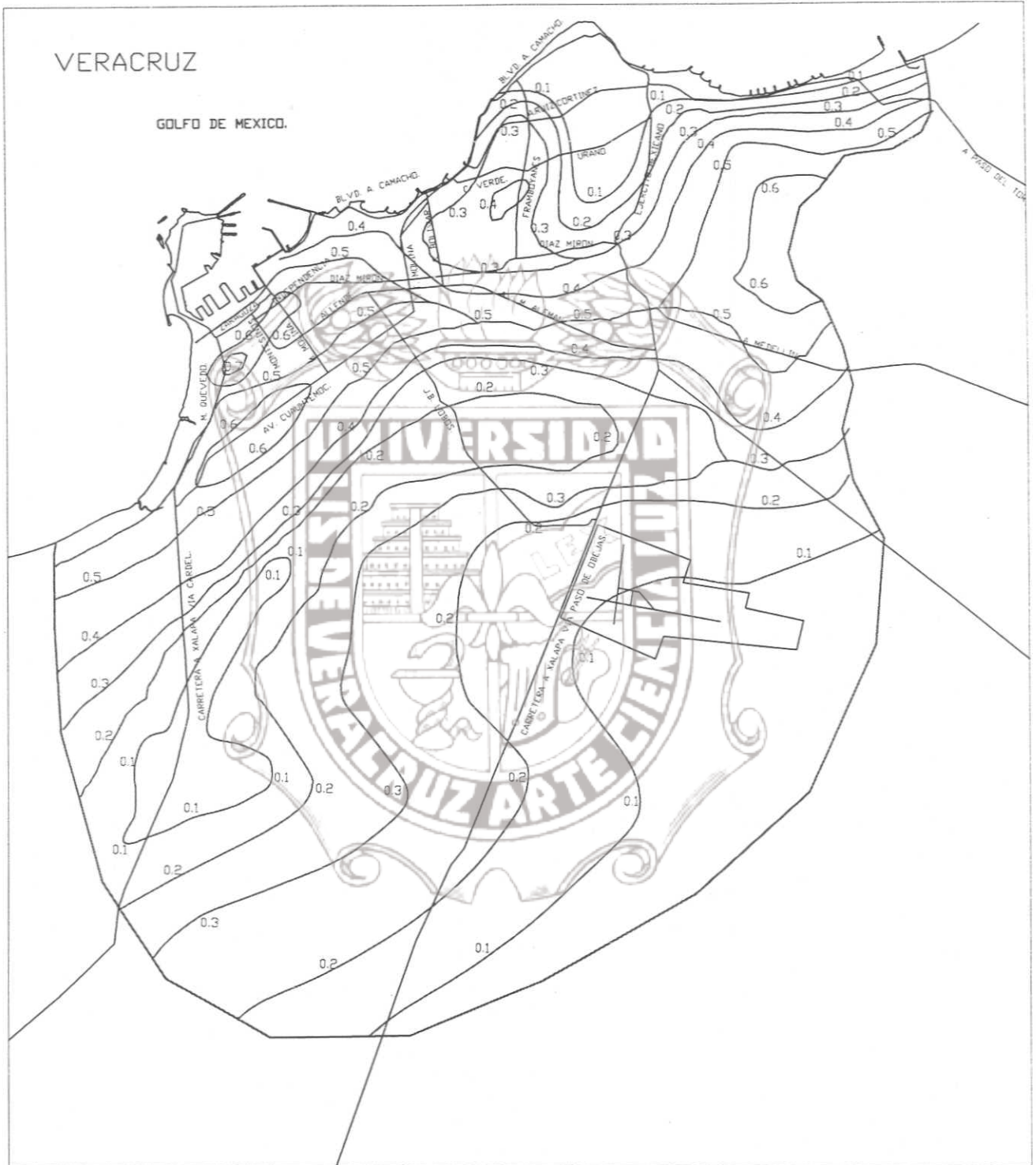


Figura 5.6.1 Mapa de Curvas de Isoperiodo de la ZCV. Se obtuvo de la medición de 176 puntos a lo largo de toda la zona en estudio. Los periodos se aproximaron a una cifra con el fin de poder hacer el trazo de las curvas de isoperiodo.

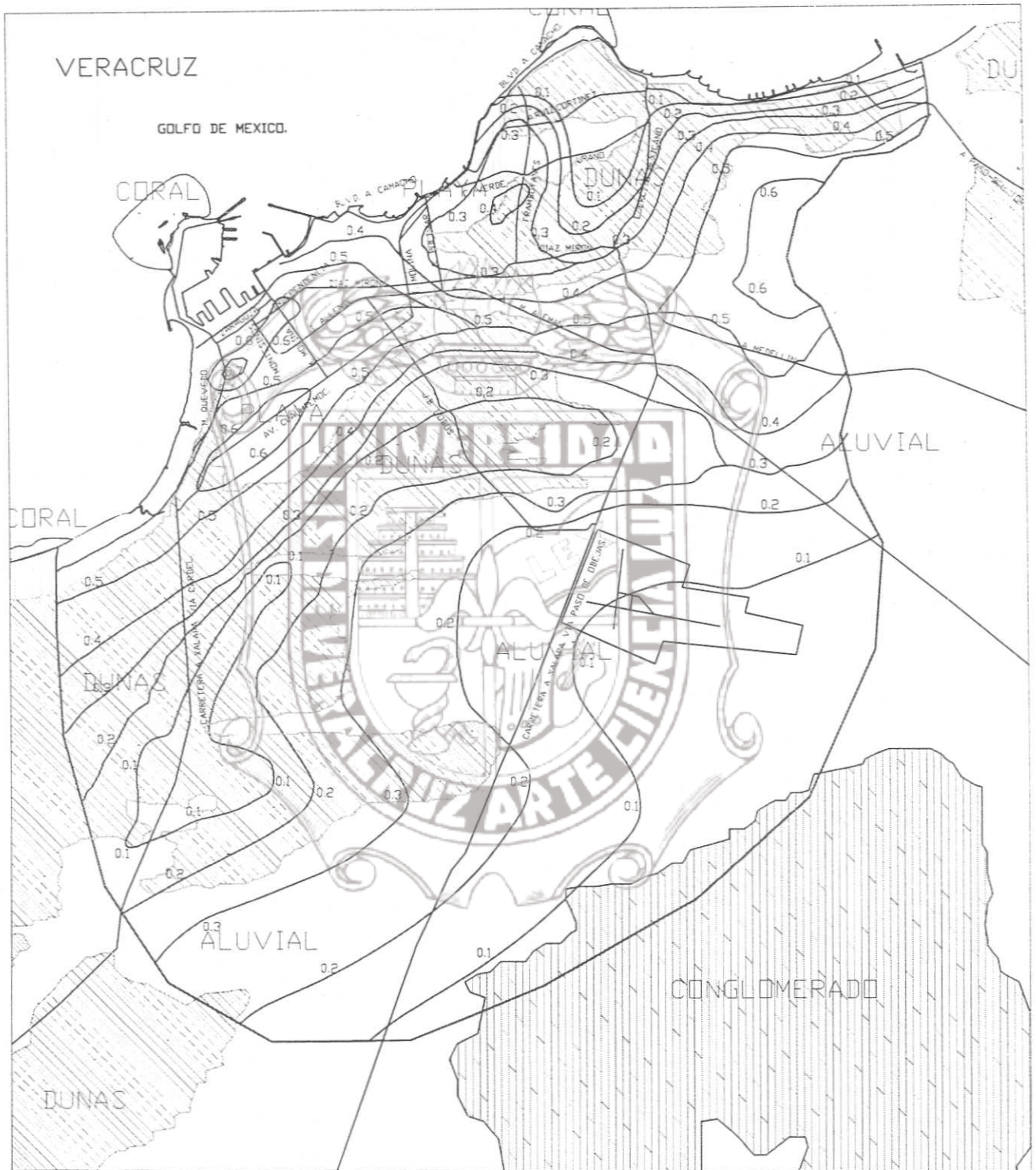


Figura 5.6.2 Comparación del mapa de Geotécnica con las curvas de isoperiodo. Los periodos en la zona de Dunas son 0.1 a 0.3, en Aluviales de 0.4 a 0.5 y en la zona de Playas hay variaciones en algunas partes de 0.4 a 0.5 y en otras hasta de 0.1.

6. MICROZONIFICACIÓN PRELIMINAR

A partir de las curvas de Isoperiodos obtenidos con registros de vibración ambiental y tomando en cuenta las estimaciones del efecto de sitio en las tres estaciones acelerográficas CHVE, IIVE y FWVE obtenidas con la técnica de Nakamura con sismos y verificada en CHVE con la Técnica Estándar y la Técnica Estándar Promedio; y de acuerdo con la topografía, hidrología y las características geológica-geotécnicas, se hizo el trazo del mapa de Microzonificación Sísmica Preliminar de la figura 6.1, donde se delimitaron 2 zonas de peligro sísmico, clasificándose en orden descendente de acuerdo a su vulnerabilidad (Riquer et al,2003).

El análisis del efecto de sitio de las tres estaciones acelerográficas nos han permitido tener cautela con el valor de la amplificación relativa, aún cuando este análisis nos da un valor promedio de 4 veces, nos faltaría evaluar muchos otros sitios, en especial en diferentes tipos de depósitos, por lo tanto, solo podemos suponer por el momento, que en promedio los valores de amplificación relativa estimados a partir de registros de vibración ambiental tienen que ser multiplicados por este factor.

Dado que desconocemos en la mayoría de los 176 sitios analizados el valor de su amplificación relativa, no se puede definir el grado de peligrosidad de estos diferentes tipos de suelos, sin embargo podemos asociar los periodos dominantes del suelo con el periodo fundamental (T^*) de las edificaciones. Así pues, si tomamos en cuenta la relación de:

$$T^* = N / \lambda$$

Donde N es el número de niveles en una edificación regular, y el parámetro λ que depende de la rigidez del tipo de sistema estructural, puede tomar valores entre 10 y 20 (Rodríguez y Aristizábal, 1998). Para nuestro caso tomaremos el valor de 10, ya que un estudio de Muria y González (1993) encontraron para la ciudad de México valores de este orden para la zona firme, lo que nos permite dividir en dos zonas la ZCV:

- Zona I: curvas de isoperiodos de 0.1 a 0.3 seg.
- Zona II: curvas de isoperiodos de 0.3 a 0.6 seg.

Zona I

Esta zona presenta periodos dominantes de vibración de entre 0.1 a 0.3 segundos. Razón por la cual, se tiene que poner especial atención en la construcción de edificaciones de entre 1 y 3 niveles, pues pueden coincidir con el periodo fundamental de vibración del suelo, ocasionando efectos de resonancia entre la edificación y el suelo. Aún más, si consideramos que la mayoría de las viviendas populares son de uno o dos niveles y muchas de ellas autoconstruidas, es importante que se analicen la vulnerabilidad de estas edificaciones que se encuentren en esta zona.

En esta zona incluye terrenos próximos al mar, formados por depósitos de playa cerca de los depósitos de coral, así como dunas estables, además de estar formada por los depósitos aluviales más estables que se encuentran próximos a los depósitos de conglomerado.

Aún cuando el análisis de los tipos de suelos en esta zona parecen más estables que el de la zona II, nos queda todavía la duda si los espesores menores de suelo, tengan capacidad de amplificación por acción de un sismo, por lo que se continuaran instrumentando estas zonas con acelerógrafos para registrar sismos moderados y así estimar su verdadera amplificación relativa.

Zona II

Esta zona presenta periodos dominantes de vibración de entre 0.3 a 0.6 segundos. Por lo que, se tiene que poner especial atención en la construcción de edificaciones de entre 3 y 6 niveles, pues pueden coincidir con el periodo fundamental de vibración del suelo, ocasionando efectos de resonancia entre la edificación y el suelo, además se debe tomar en cuenta, que en donde se tienen los depósitos aluviales mas profundos las amplificaciones pueden ser mayores a las 4 veces.

Esta zona incluye terrenos aluviales donde se ubican los depósitos más profundos y áreas de inundación, así como el cauce de antiguos ríos y antiguas zonas de inundación, además de dunas inestables y terrenos de relleno en zona pantanosa o ganadas al mar; ésta coincide con la parte más antigua de la ciudad de Veracruz, donde se encuentra ubicado el Centro Histórico así como el sector más densamente poblado.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se estimaron en 176 sitios el periodo dominante del suelo, utilizando la técnica de Nakamura a partir de registros de vibración ambiental, los cuales fueron evaluados en tres sitios de estos, con registros de sismos regionales, observándose una buena correlación con la frecuencia dominante. El valor de la amplificación relativa estimada con vibración ambiental presenta una disminución de este valor en un factor promedio de cuatro veces. Se configuró un mapa de Isoperiodos, que junto con las características geológicas, geotécnicas e hidrológicas analizadas, se trazó el mapa de Microzonificación Sísmica, donde se delimitaron 2 zonas de peligro sísmico.

Zona I: curvas de isoperiodos de 0.1 a 0.3 seg.

Zona II: curvas de isoperiodos de 0.3 a 0.6 seg.

Con los resultados obtenidos en este trabajo se está en la posibilidad de establecer recomendaciones en alcances y limitaciones de proyectos y construcciones civiles para la zona, así como tomar medidas preventivas para la protección civil. Es deseable ampliar el área de estudio, así como complementar con sondeos geotécnicos las áreas de expansión de la ciudad.

Este proyecto posibilitó además, la instalación y puesta en marcha de las primeras tres estaciones acelerográficas de la zona (Williams, et al 2003), que a la fecha trabajan en condiciones confiables. Se recomienda sin embargo que se mejore la densidad de monitoreo, tanto en la ZCV como en otras ciudades al centro y sur de Estado de Veracruz.

RECONOCIMIENTOS

Como instituciones participantes colaboraron: el Centro de Ciencias de la Tierra de la UV (CCTUV), el Instituto de Ingeniería de la UNAM y la Universidad Cristóbal Colón. Los usuarios comprometidos con el desarrollo del proyecto fueron: Protección Civil del Estado de Veracruz, Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, Delegación Veracruz, Colegio de Ingenieros Civiles de Veracruz, A.C., Colegio de Arquitectos de Veracruz, A. C.

Se agradecen al Ing. Juan Capallera C., al Dr. Oscar Lenz H. y al Ing. Mauricio Pérez H. por sus aportaciones en geotecnia a este trabajo y al M.I. Ignacio Mora González por su valioso apoyo en la instrumentación. Al M. I. Gilbert Francisco Torres Morales por su apoyo y colaboración en la realización de este trabajo.

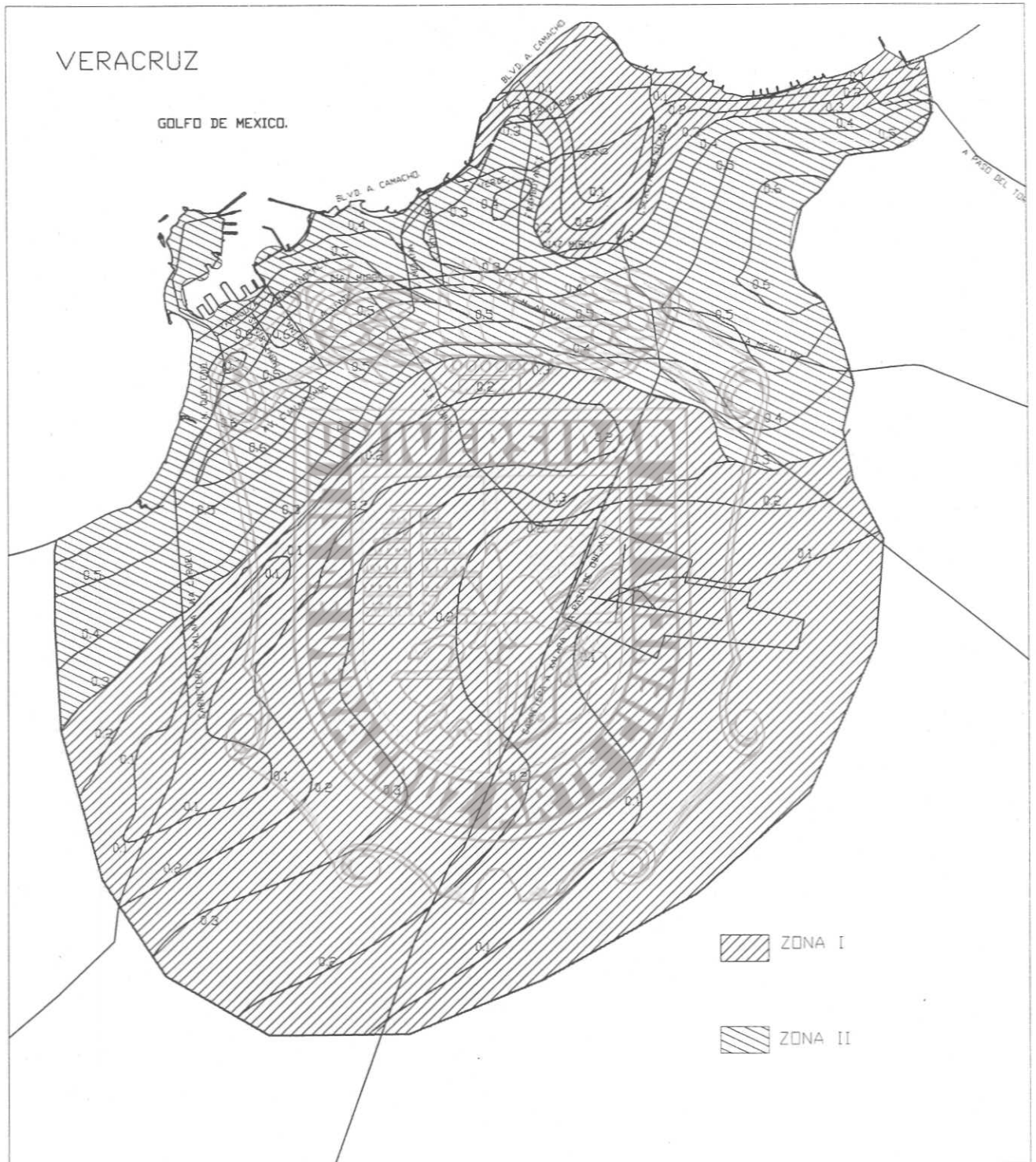


Figura 6.1 Mapa de Microzonificación Sísmica Preliminar. De acuerdo con los periodos y las zonas geotécnicas de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río, se dividió en dos principales zonas. Zona I con periodos de 0.1 a 0.3 y la Zona II con periodos de 0.3 a 0.6

REFERENCIAS

1. Abe, K (1981), "Magnitudes of large shallow earthquakes from 1904 to 1980", *Phys. Earth. Planet. Inter.*, Vol. 27, pp.72-92.
2. Becerra Cruz, A., Tesis "Zonificación sísmica en Xochimilco-Tlahuac, usando microtemores" UNAM, 1990.
3. Benítez, F., Pacheco, J. E., (1986) "Crónica del puerto de Veracruz". Gobierno del Estado de Veracruz.
4. Bolt, Bruce A., (1978) Earthquakes, W. H. Freeman, San Francisco, California
5. Borchedt, R. D. (1970) Effects of local geology on ground motion near San Francisco Bay, *Bull. Seismic. Soc. Am.* 60, 29-61
6. Borchedt, R. D. and J. F. Gibbs (1976). Effects of local geological conditions in the San Francisco Bay region on ground motions and intensities of the 1906 earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.* 66, 467-500.
7. Chavez-García, F. J., G. Pedotti, D. Hatzfeld, and P. Y. Bard (1990). An experimental study of site effects near Thessaloniki (Northern Greece), *Bull. Seism. Soc. Am.* 80, 784-806.
8. Celebi, M. et al "The culprit in Mexico City; amplification of motions" *Earthquake Spectra*, Vol. 3, No. 2 may 1987
9. Celebi, M. Topographical and Geological amplifications determined from strong-Motion and aftershock records of the 3 March 1985 Chile earthquake. *Bulletin Seismological Society of America*. Vol. 77, No. 4 August 1987.
10. Comisión Geográfica Exploradora, (1908) Carta General del Estado de Veracruz-Llave levantada por iniciativa del Gobernador Teodoro A. Dehesa
11. Del Valle, E., (1973). Temblor de Agosto de 1973. Aspectos Estructurales. *Revista del Instituto de Ingeniería, UNAM*. No. 324 Octubre 1973.
12. Enciclopedia Municipal Veracruzana (Municipio de Veracruz), Gobierno del Estado de Veracruz, 1998
13. Esquivel, Raúl, (1976). "Información General acerca del subsuelo de 17 Ciudades de México, Veracruz, Ver.", *Memorias de la VIII reunión Nacional de Mecánica de suelos*. Noviembre, Tomo II, p. 245-256. Guanajuato., México.
14. Figueroa, A., (1967) "La sismicidad en el estado de Veracruz. Macrosismo del 11 de Marzo de 1967" Facultad de Ingeniería, UNAM.
15. INEGI. Carta Topográfica de Veracruz E14B49, Esc. 1:50 000
16. Jimenez, Z and L Ponce (1977-78), "Focal mechanism of six large earthquakes in northern Oaxaca, México, for the period 1928-1973", *Geof. Int.* Vol. 17, pp. 379-386.
17. Lermo, J., F. Lázarez y J. Cuenca, Capítulo 4: "Efectos de Sitio", pp 331-362 en el libro *El Terremoto de Arequipa, Perú del 23 de Junio de 2001*, Hernando Tavera (editor), publicado por el Instituto Geofísico del Perú, Centro Nacional de Datos Geofísicos, pp 394, Lima Perú, 2002
18. Lermo, J, G Torres, P Almanza, A Vargas, J Cruz y J A Hernández (1995), "Efectos de sitio en el Puerto de Veracruz, México, Microzonificación Sísmica Preliminar", *Memorias del XX congreso de la Academia Nacional de Ingeniería, A.C.*, pp.115-120, Veracruz, Ver., México.

19. Lermo, J and F J Chavez-Garcia (1994a), "Are microtremors useful in site response evaluation?", *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 84, pp.1350-1364.
20. Lermo, J y and F J Chávez-García (1994b), "Site effect evaluation at Mexico City: Dominant period and relative amplification from strong motion and microtremor records", *Soild Dynamics and Earthquake Engineering*, Vol.13, pp. 413-423.
21. Lermo, J and F J Chávez-García (1993), "Site effect evaluation using spectral ratios with only one station", *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 83, pp.1574-1594.
22. Lomnitz, Cyna and Sing, S. K. Earthquake and earthquake prediction; in Seismic risk and engineering decisions. C. Lomnitz and E. Rosenblueth, editors, Elsevier Scientific Company, Amsterdam, 1976.
23. Luna Bauza, C., (1994) "Sismos en el Estado de Veracruz 1900-1994" Gobierno del Estado de Veracruz-Llave.
24. Miranda, J., "Características Geotécnicas del Subsuelo de la Ciudad de Veracruz", Tesis Profesional, Veracruz 1979.
25. Muria, D y A. Gonzalez (1993), "Propiedades dinámicas de edificios de la ciudad de México", 6tas Jornadas Chilenas de sismologías e ingeniería antisísmica, Santiago, Chile, 1, pp. 585-594.
26. Nakamura, Y (1989), "A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface", *QR of RTRI*, Vol. 30, No.1, pp. 25-33.
27. Nakamura, Y. (1989) A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, *QR-RTR1* 30, 1, February.
28. Ordaz, Mario (1999). "Sismicidad y Riesgo Sísmico", Curso sobre Diseño y Construcción Sismorresistente, CENAPRED pp 19.
29. Páez, I (2001), "Características Geotécnicas y Criterios Básicos para el Diseño de Cimentaciones en la Zona Conurbada de Veracruz, Ver.", Tesis Profesional, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Villa Rica, Veracruz, Ver.
30. Ponce, L and G Suárez (1985), "Evaluation of seismicity and of the maximum earthquake potential at the Laguna Verde Nuclear Power plant", *Informe del Instituto de Geofísica, UNAM*.
31. Rodríguez, M y J C Aristizábal (1988), "Evaluación de la capacidad destructiva de terremotos", series del Instituto de Ingeniería, UNAM, número 609, p. 123
32. Safak, E., Problems with using spectral ratios to estimate site amplification, Proc. 4th Int. Conf. on Seismic Zonation, Stanford, California, II, 277-284, 1991.
33. Singh, S K and M Wyss (1976), "Source parameters of the Orizaba earthquake of August 28, 1973", *Geofis. Int.* Vol. 16, pp. 165-184.
34. Singh, S K, G Suárez and T Domínguez (1985), "The great Oaxaca earthquake of 15 January 1931: Lithosphere normal faulting in the subducted Cocos plate", *Nature*, Vol. 317, pp. 56-58.
35. Singh, S. K., E. Mena, and R. Castro (1988a). Some aspects of source characteristics of the 19 September 1985 Michoacán earthquake and ground motion amplification in and near México City from strong motion data, *Bull. Seism. Soc. Am.* 78, 451-477.

Tesis de Maestría

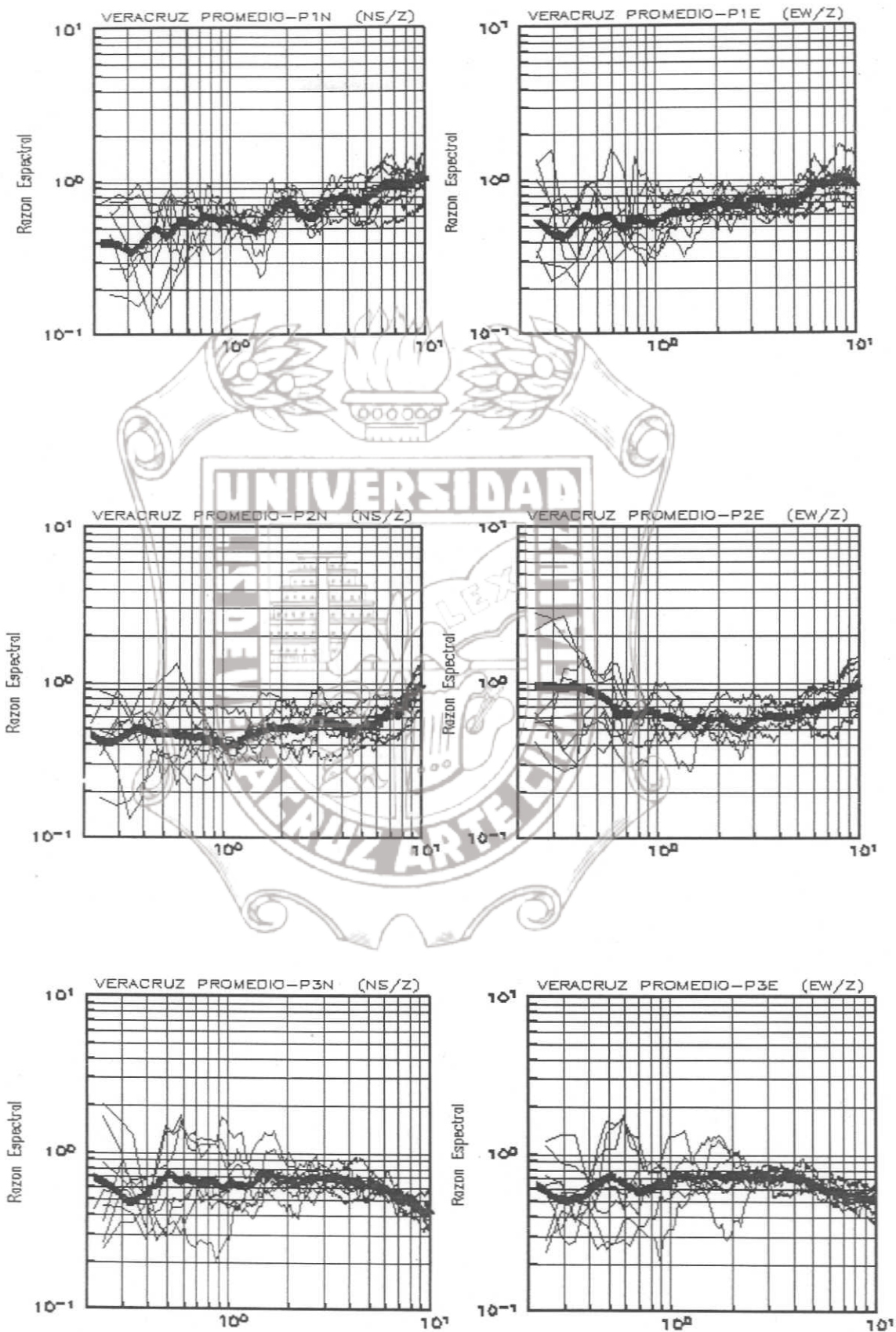
36. Sauter F., F. (1989) "Introducción a la Sismología". Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cap. 11
37. Suarez, G., (1991) Revista de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica No. 42.
38. Suter, M, M Carrillo-Martínez and O Quintero-Legorreta (1996), "Macro seismic study of shallow earthquakes in the central and eastern parts of the Trans-Mexican Volcanic Belt, México", *Bull. Seism. Soc. Am*, Vol. 86, pp.1952-1963.
39. Tucker, B. E. and J. L. King (1984). Dependence of sediment-filled valley response on input amplitude and valley properties, *Bull. Seism. Soc. Am.* 74, 153-165.
40. Vogt, Rudolf. Influencia de los valles sobre el movimiento del terreno, Junio 1987.
41. Williams, F, G Riquer, R Leyya y G Torres (2003), "Red Acelerográfica de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río", *Memorias del XIV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Guanajuato-León, México

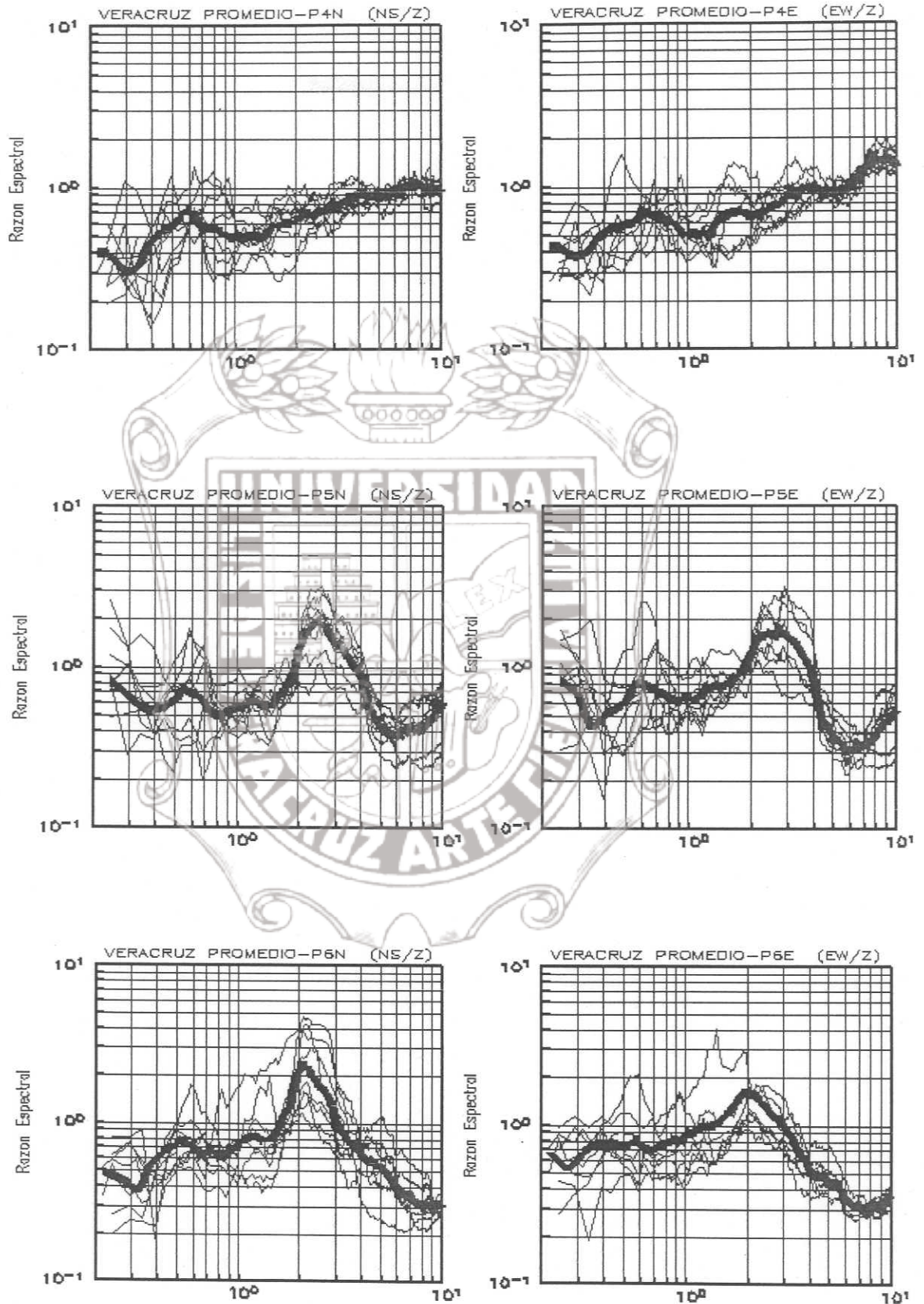


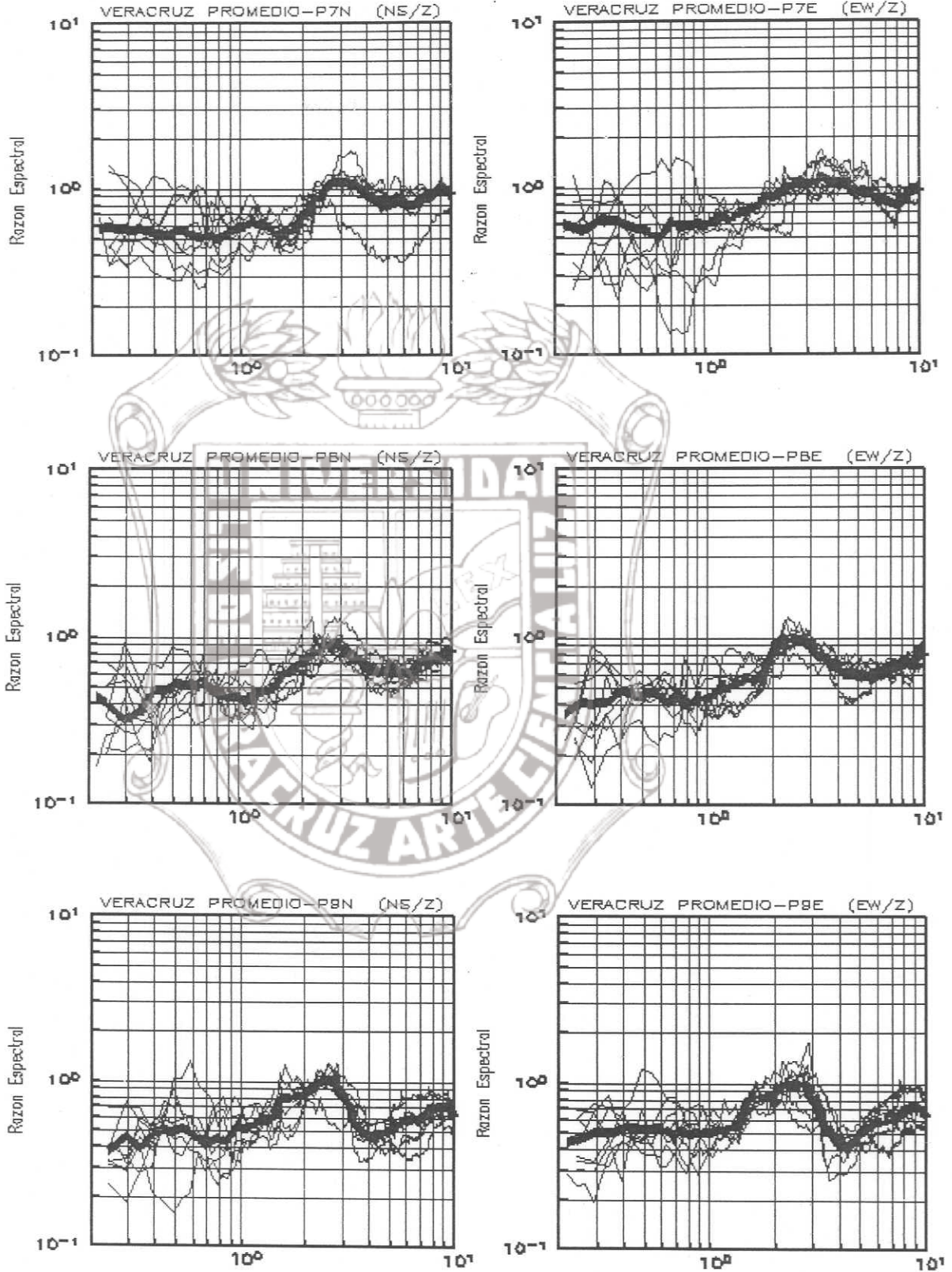


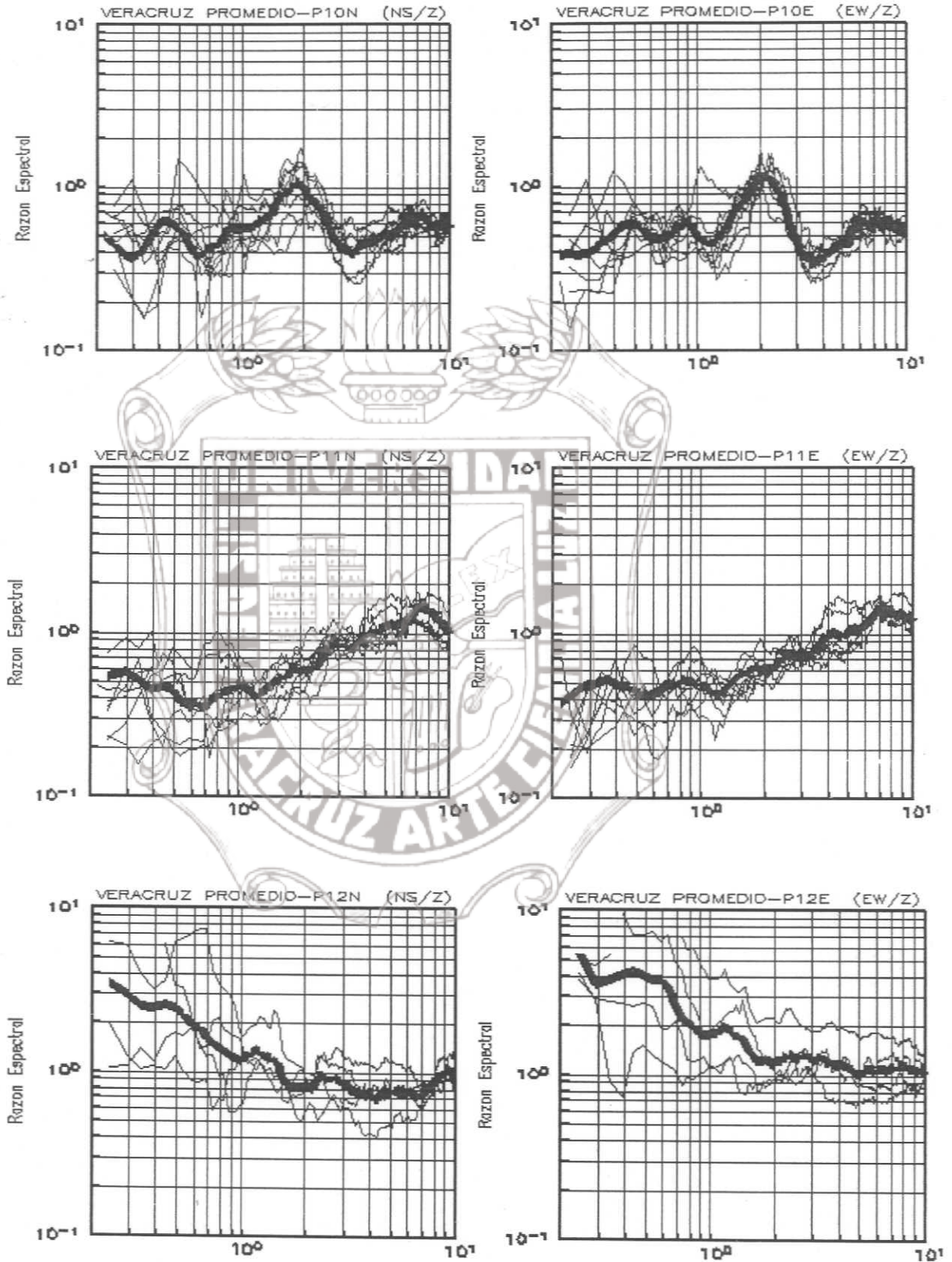
APENDICE I

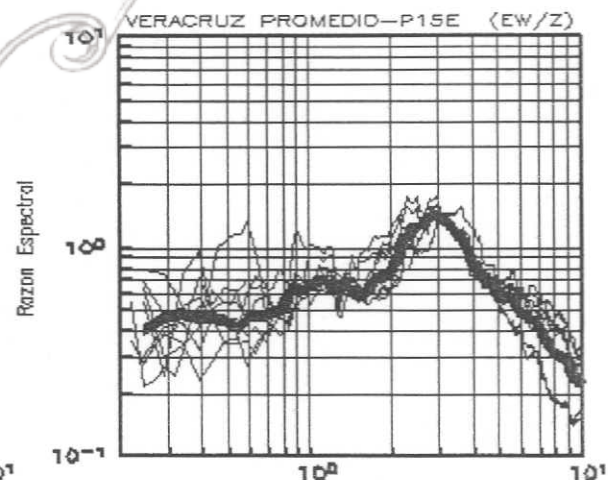
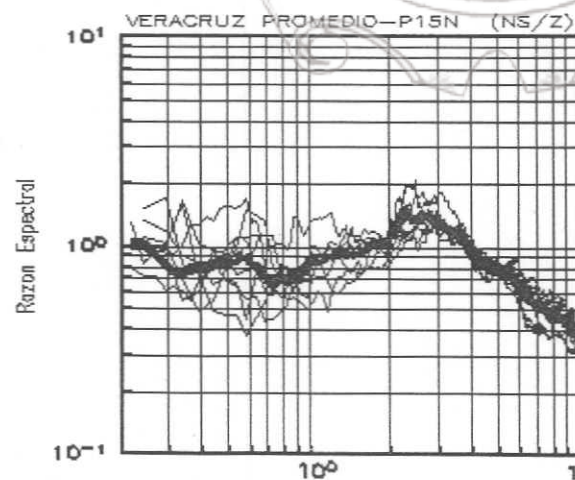
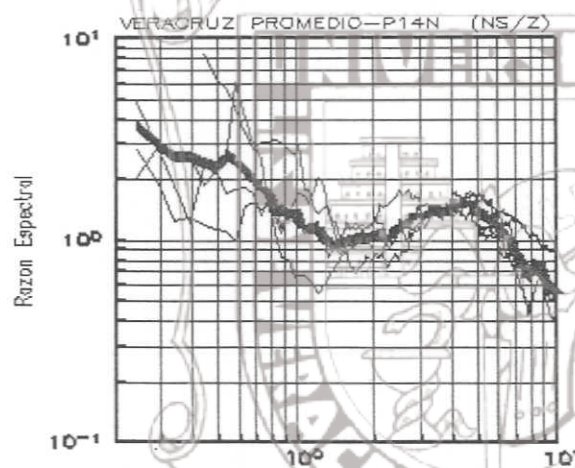
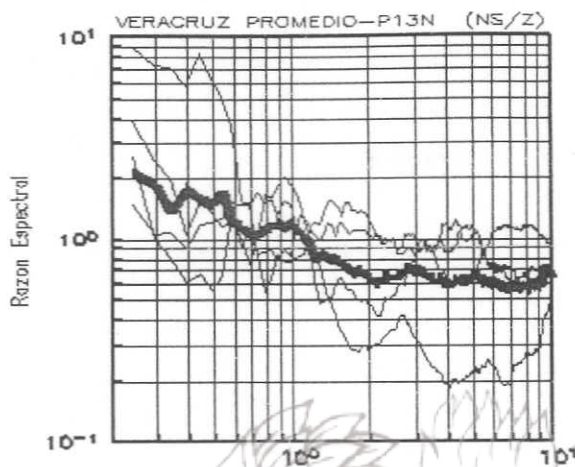
VIBRACION AMBIENTAL

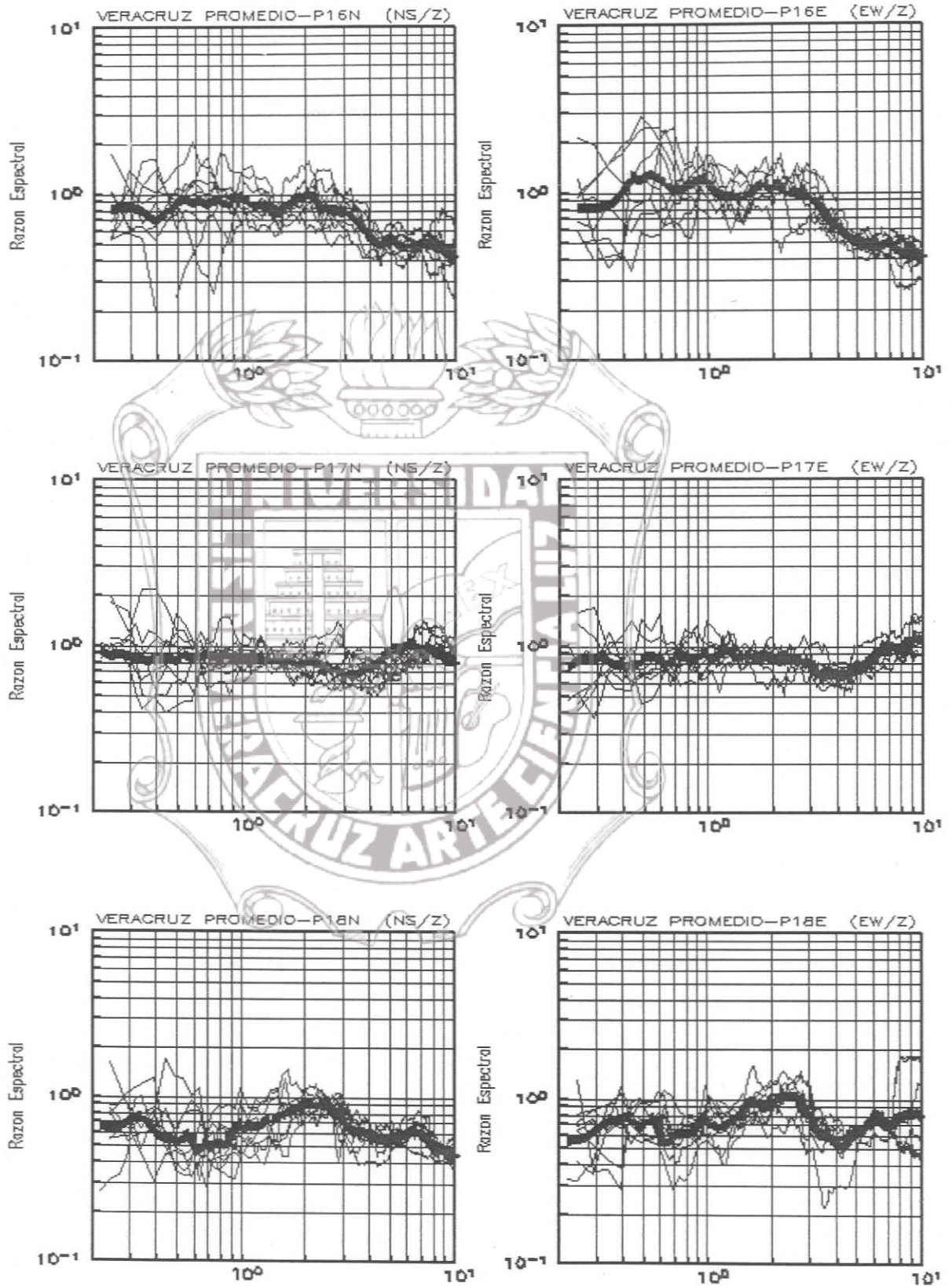


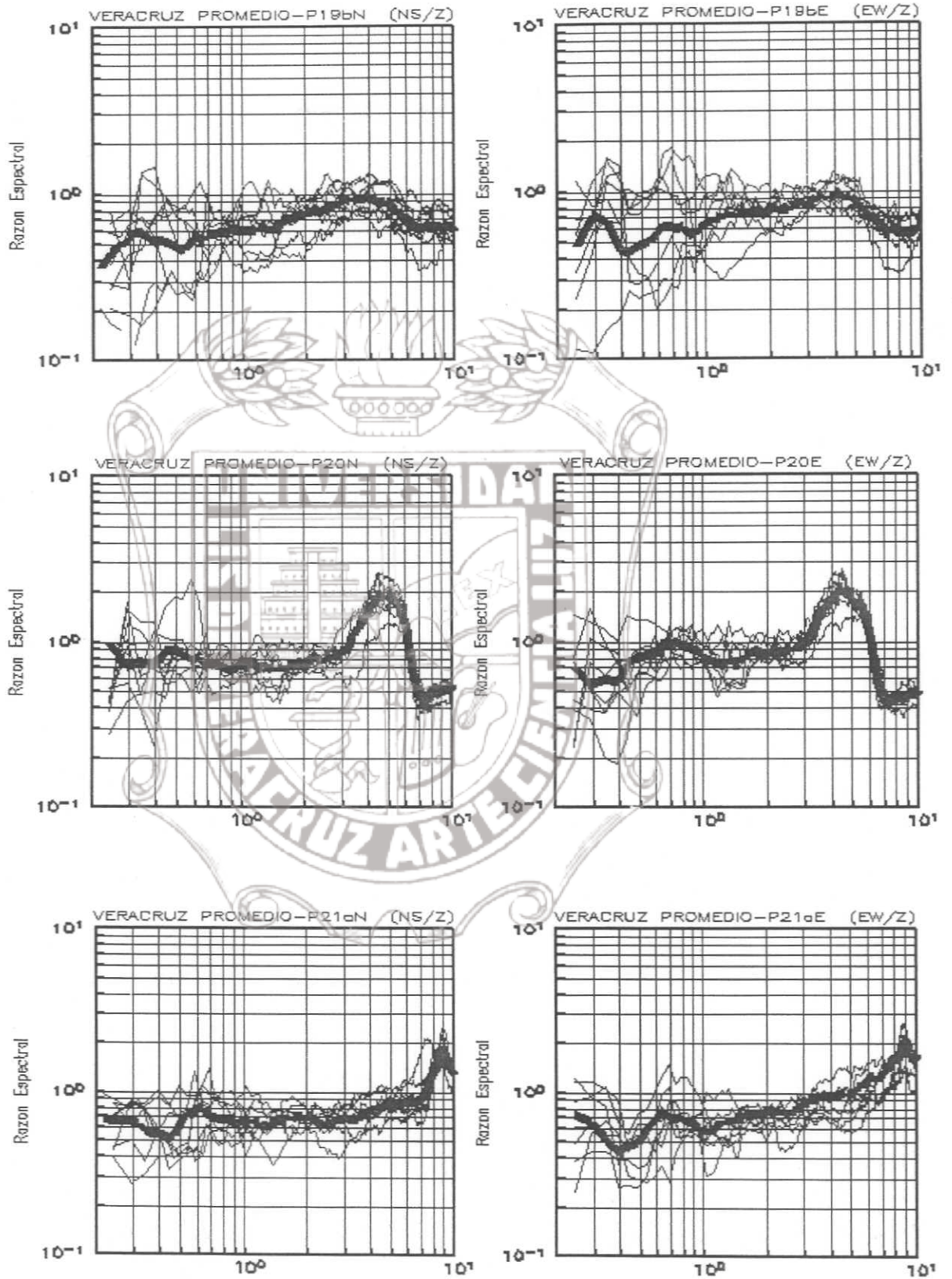


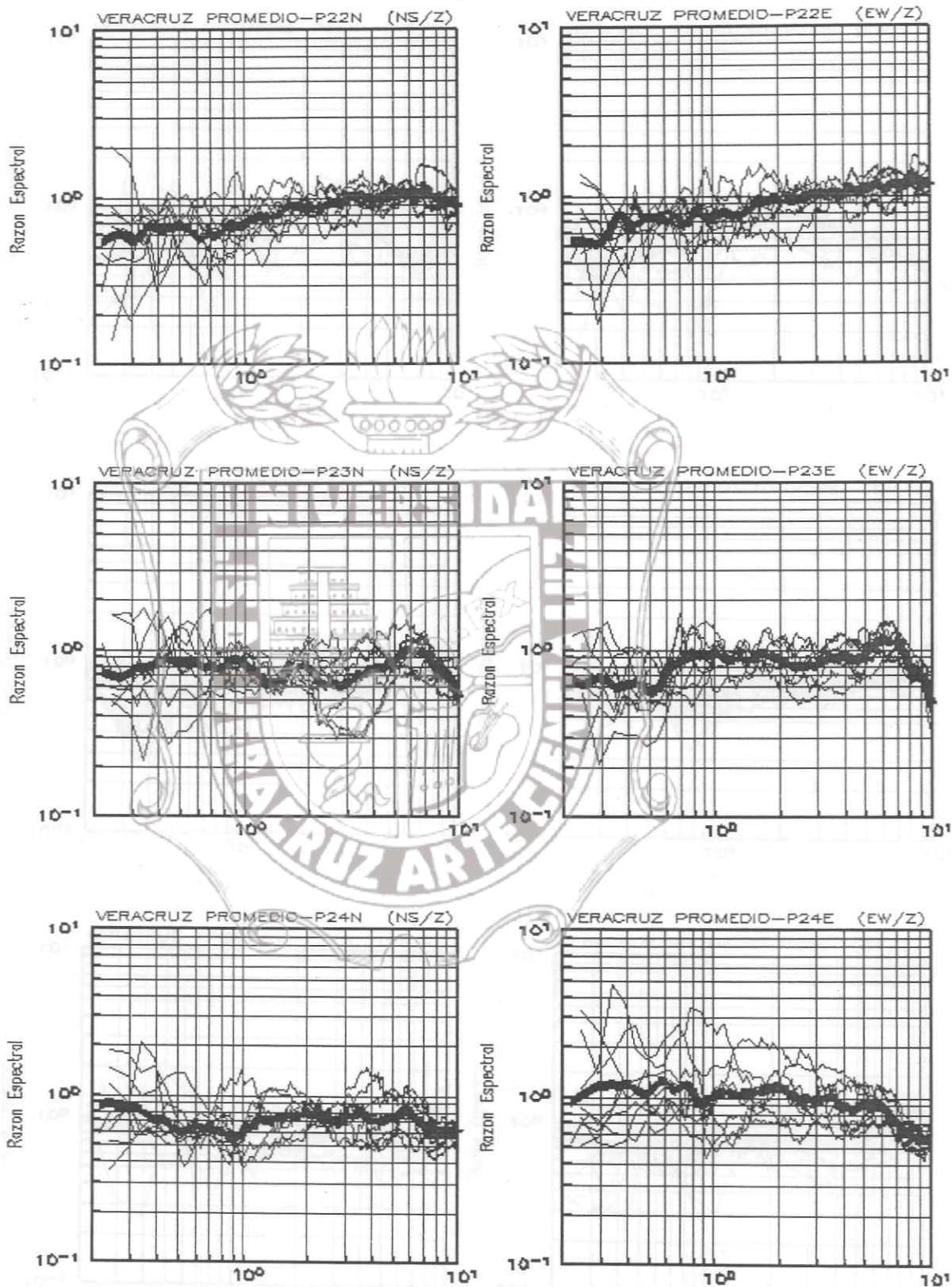


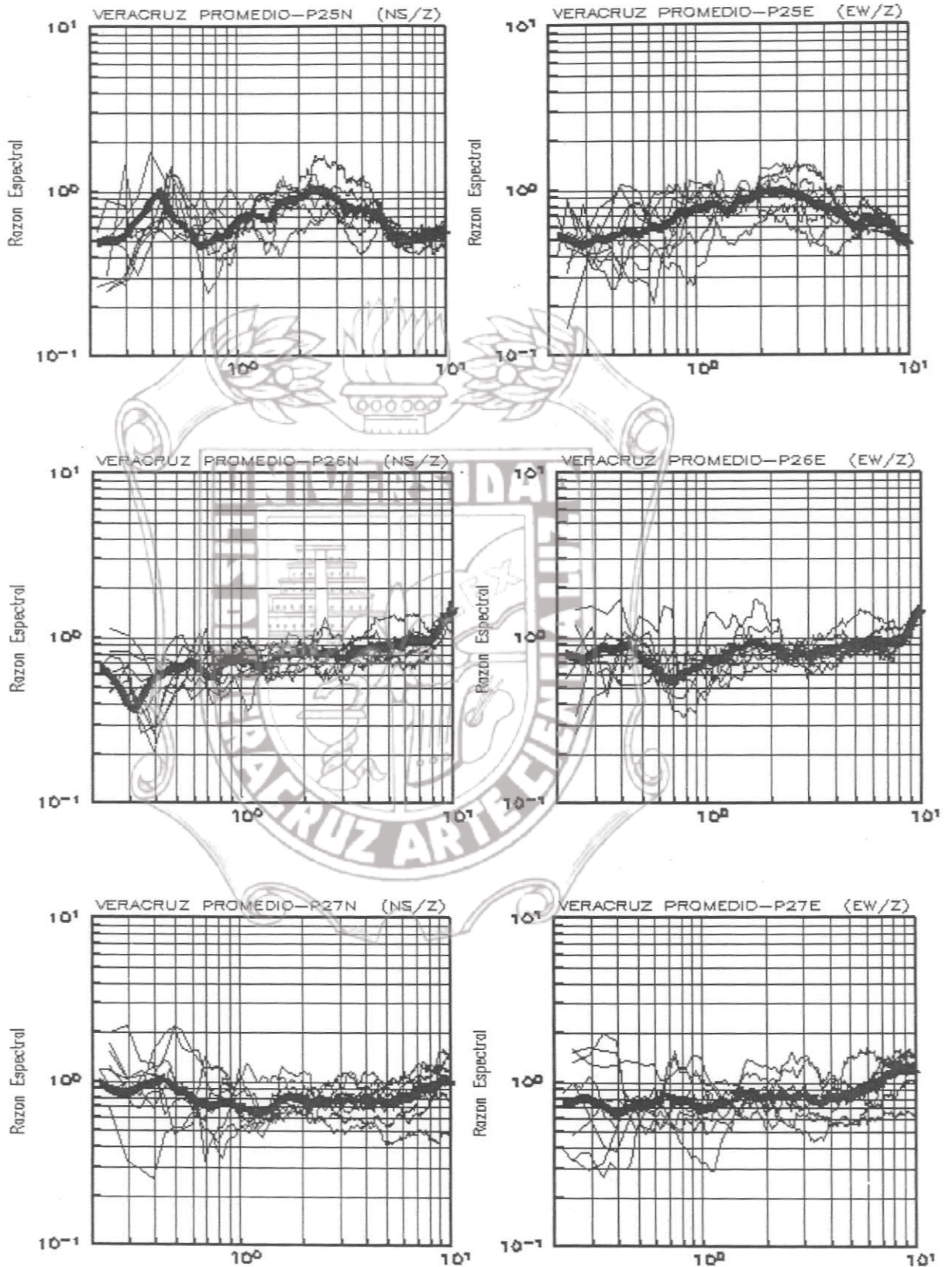


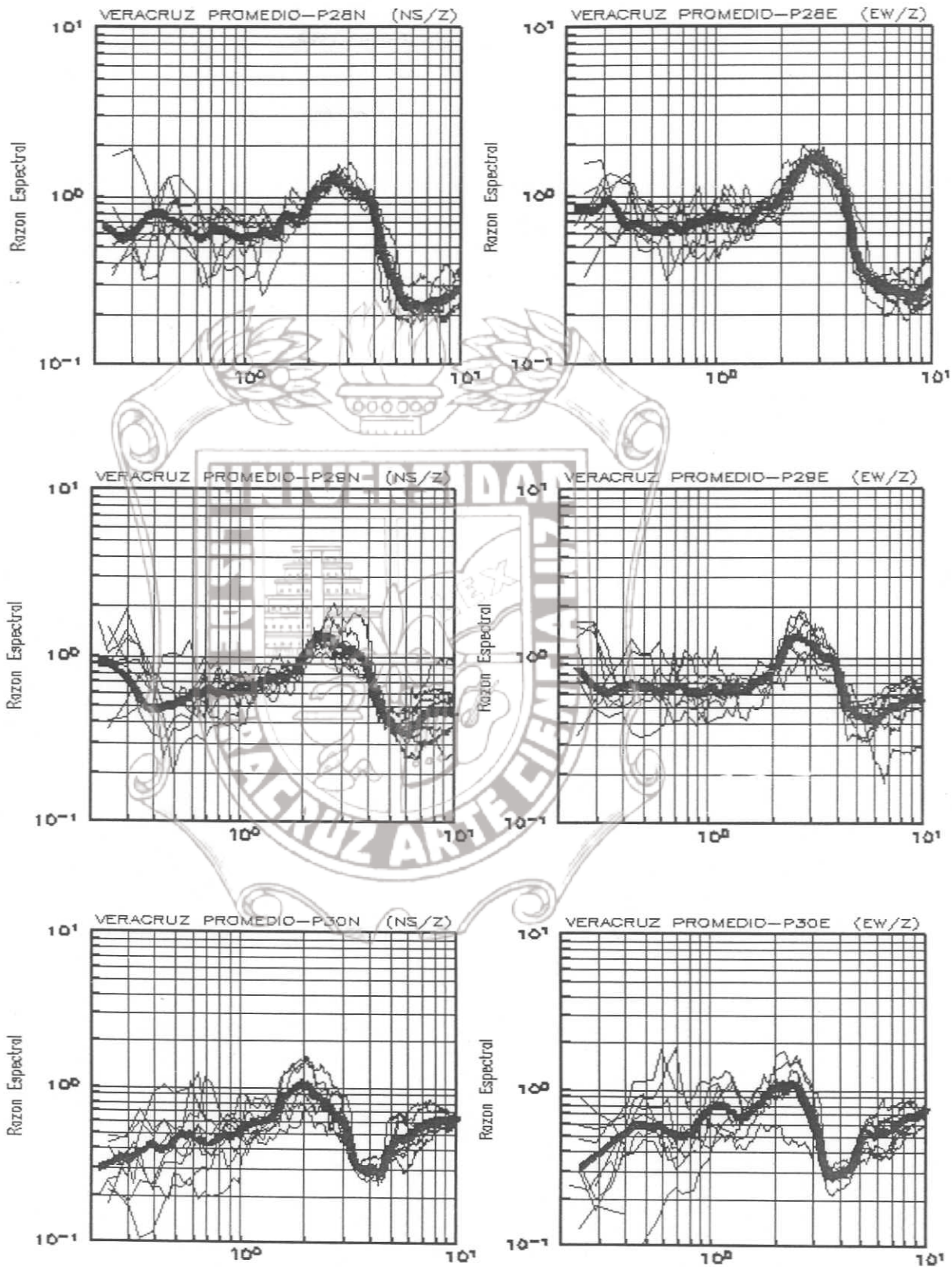


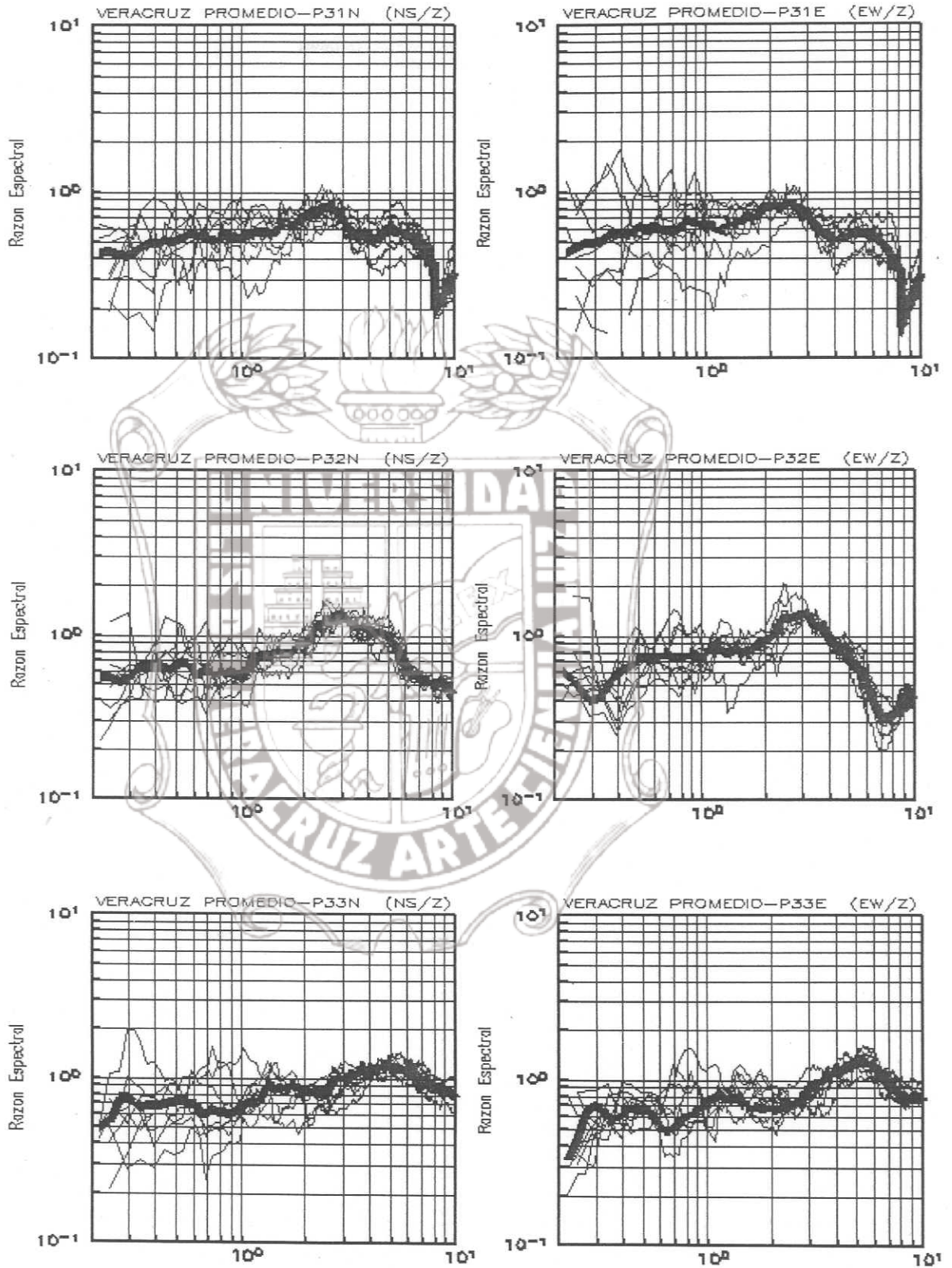


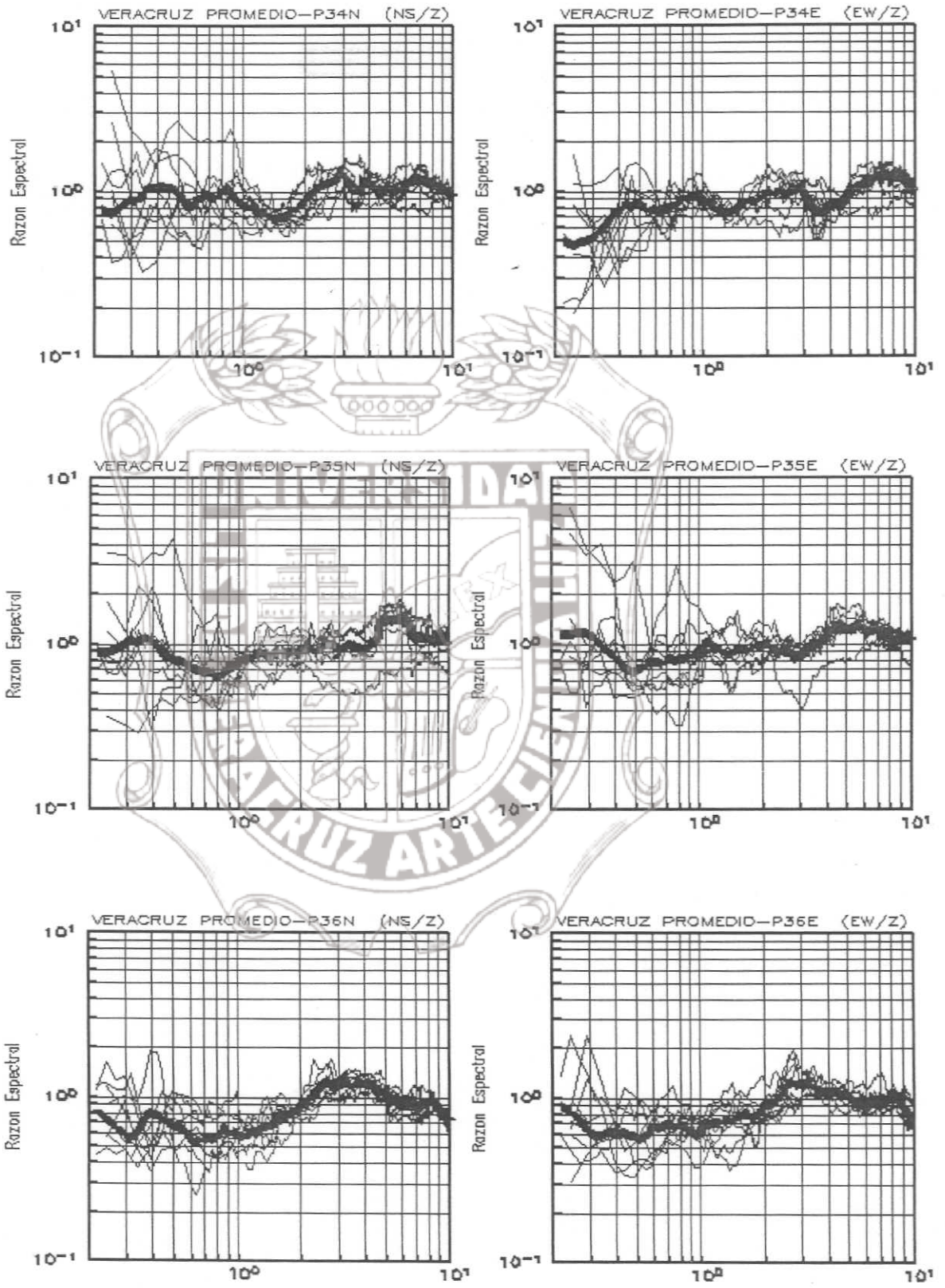


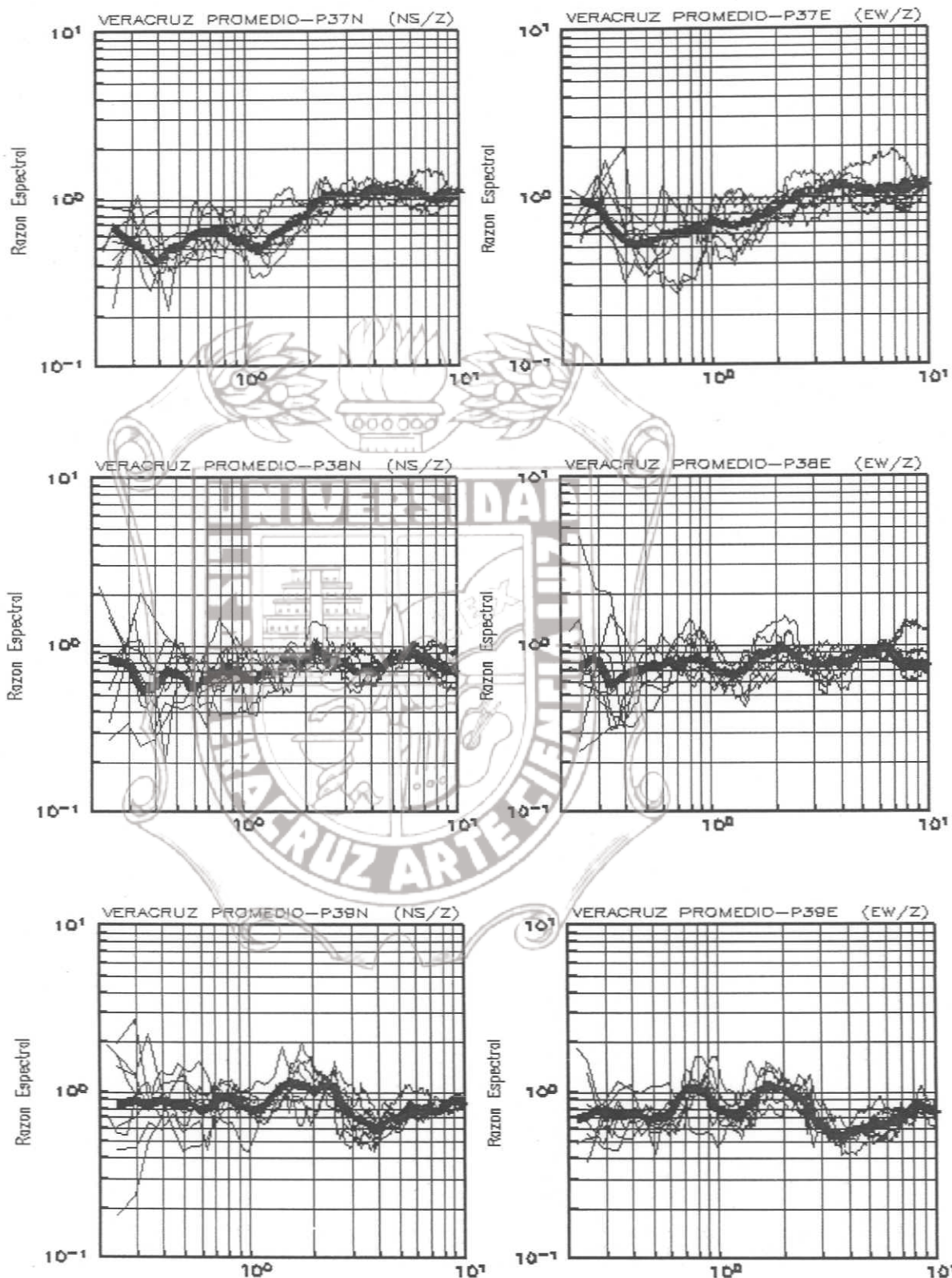


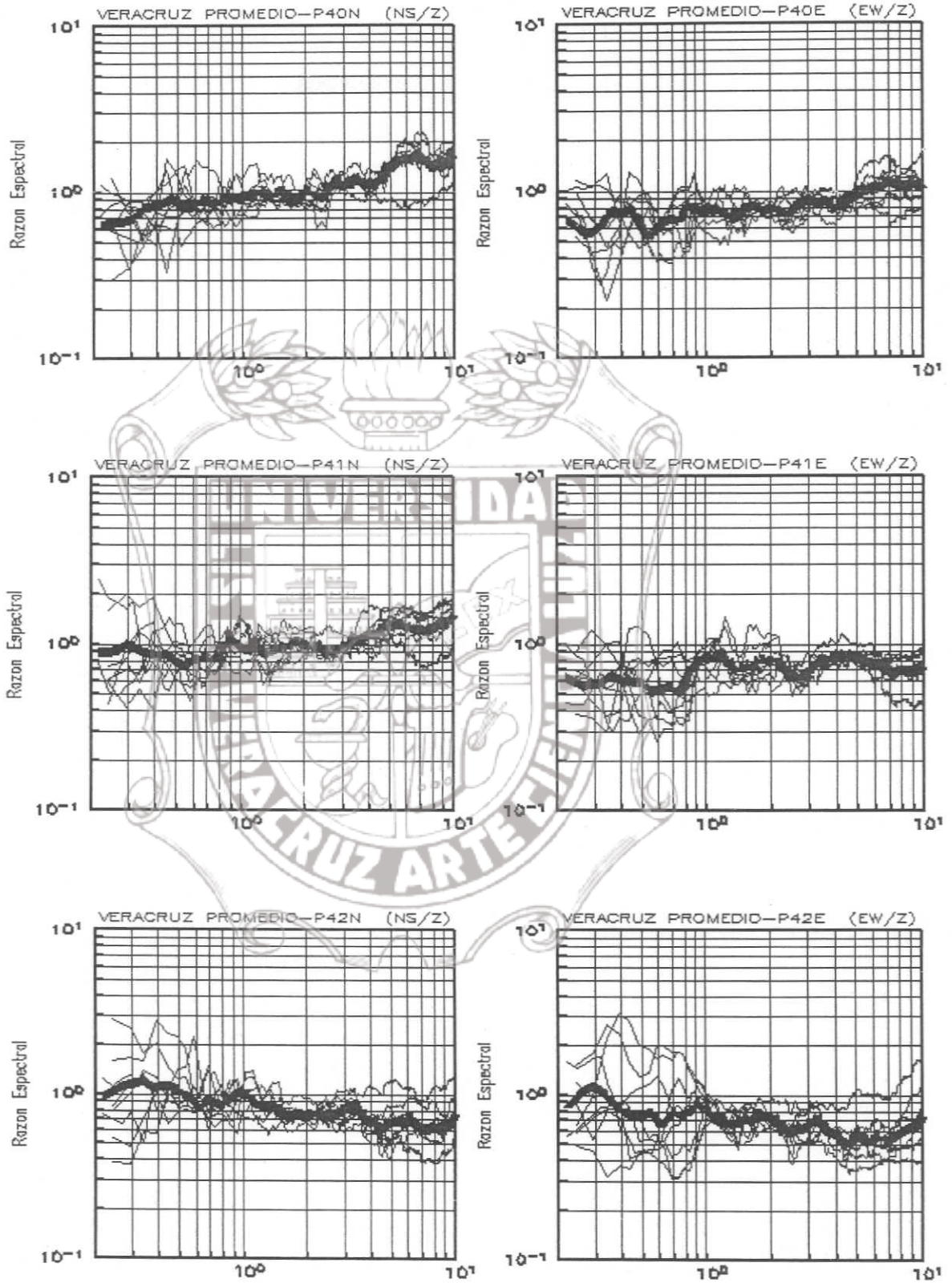


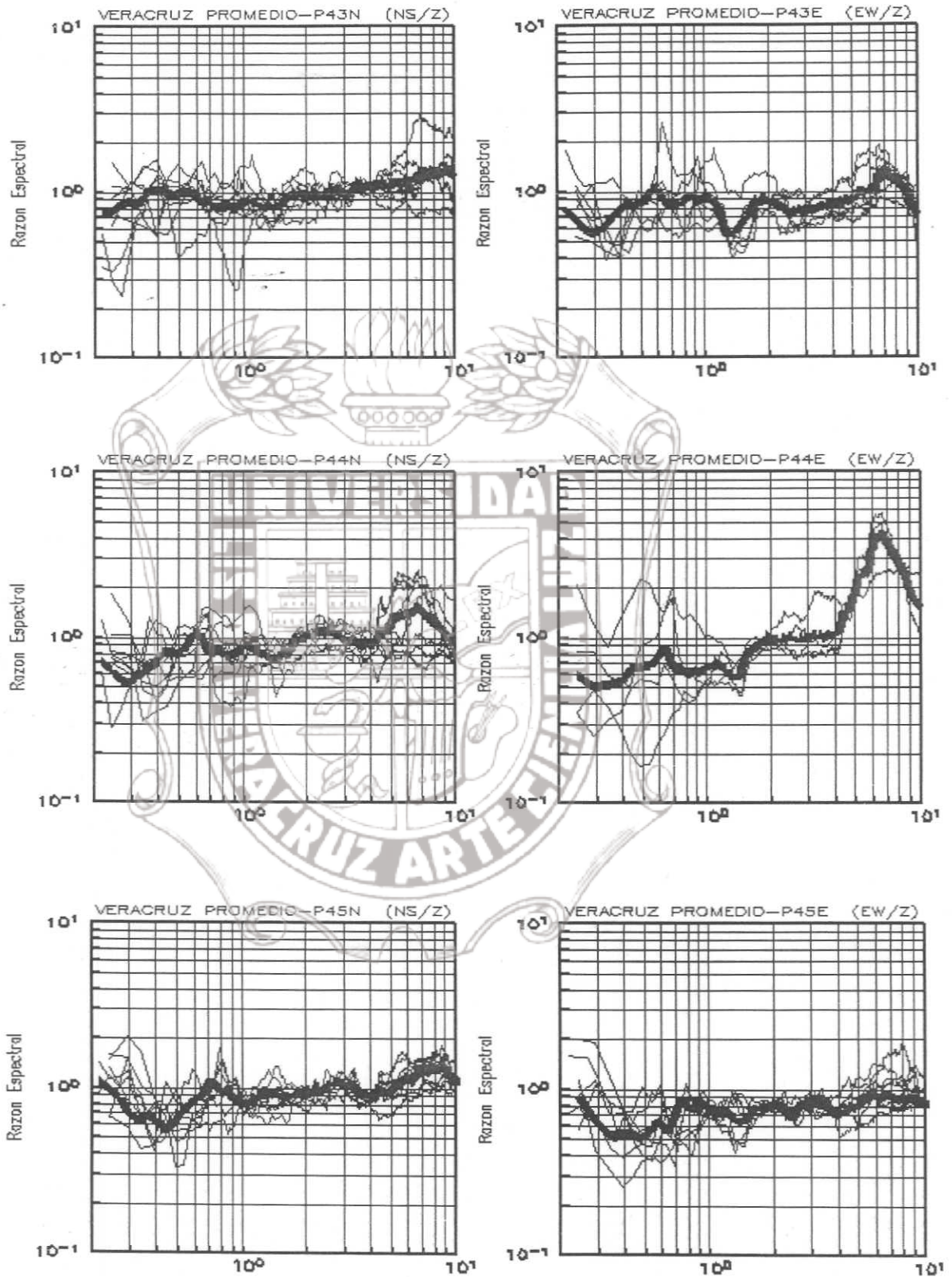


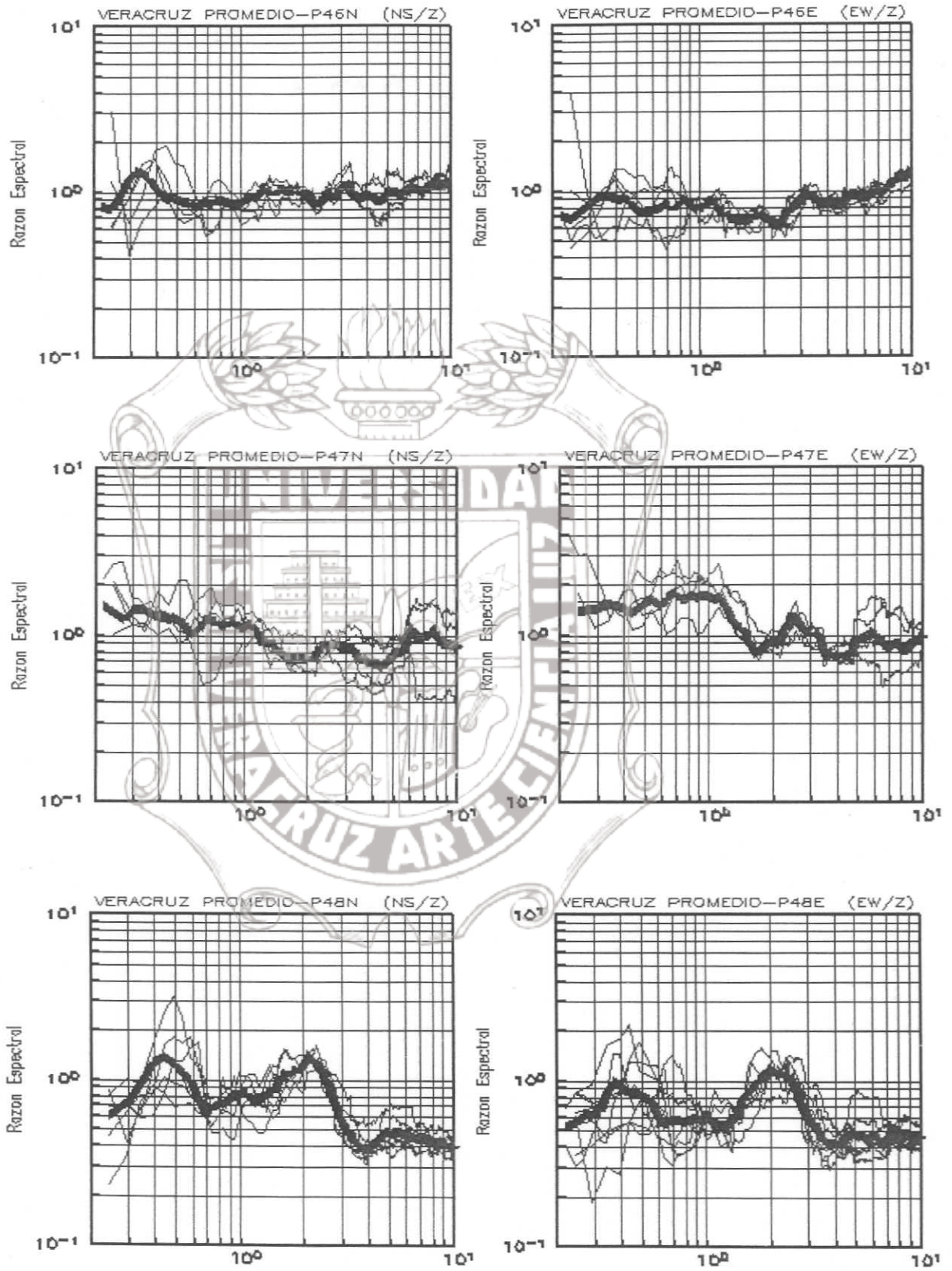


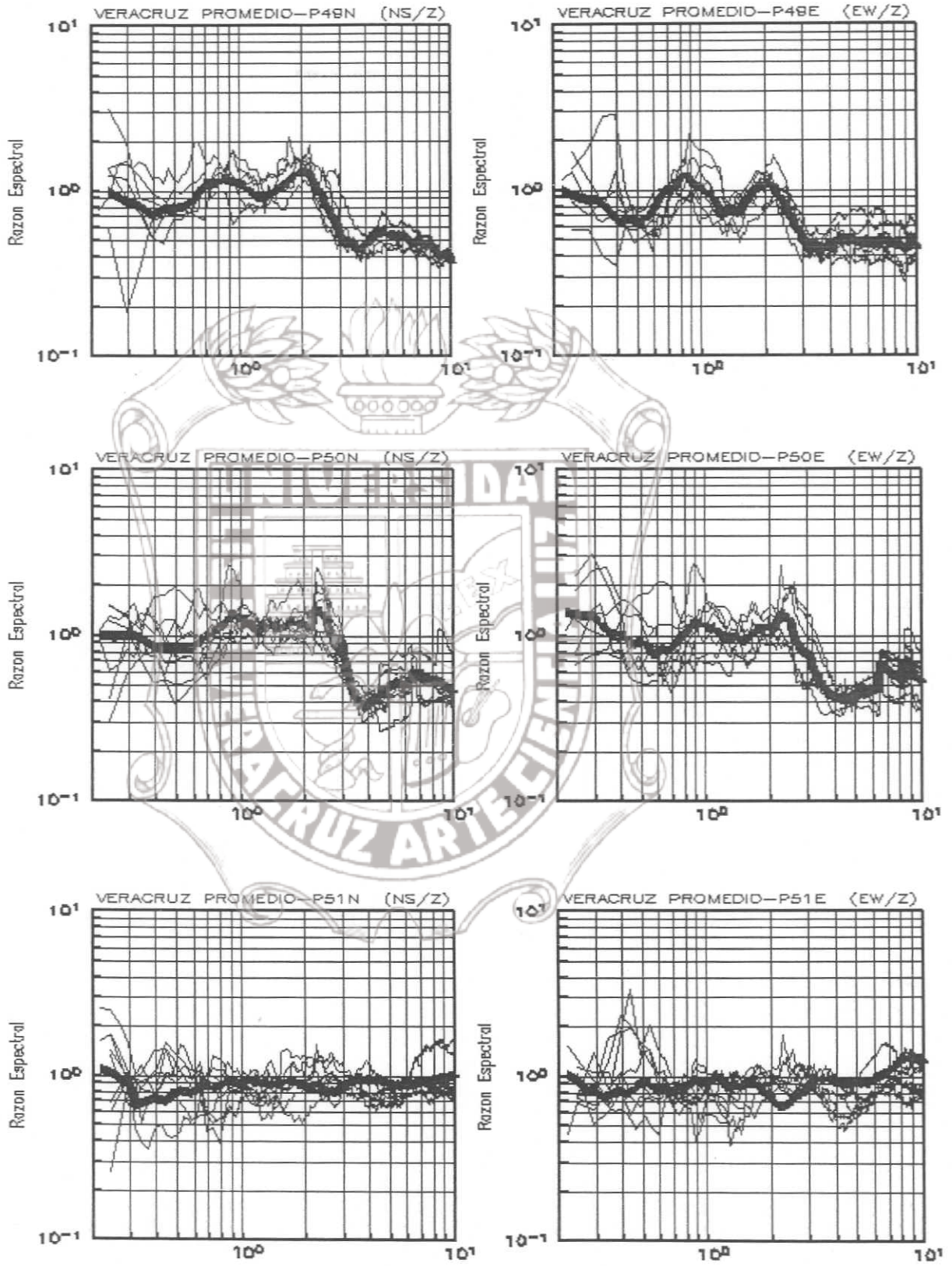


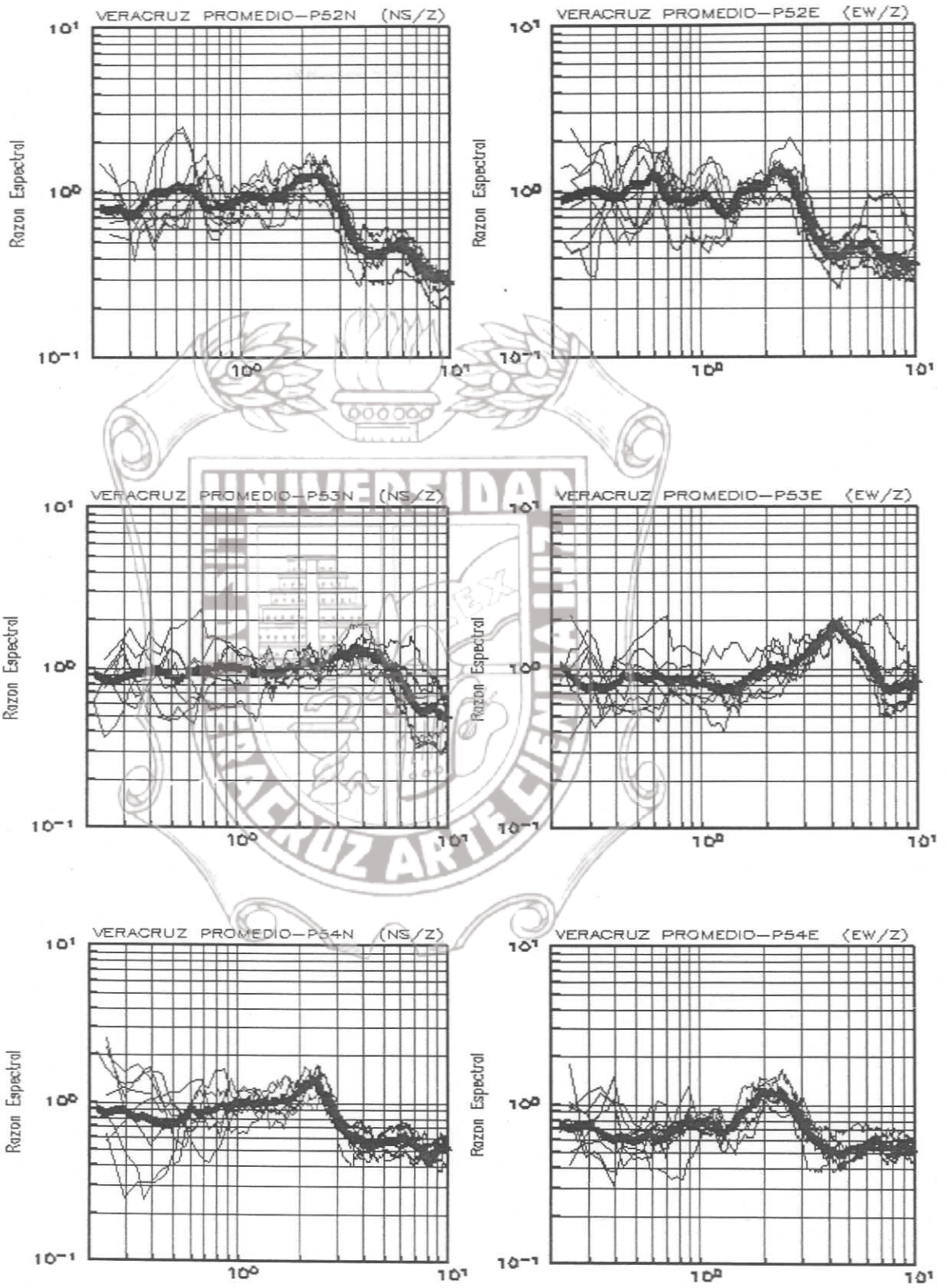


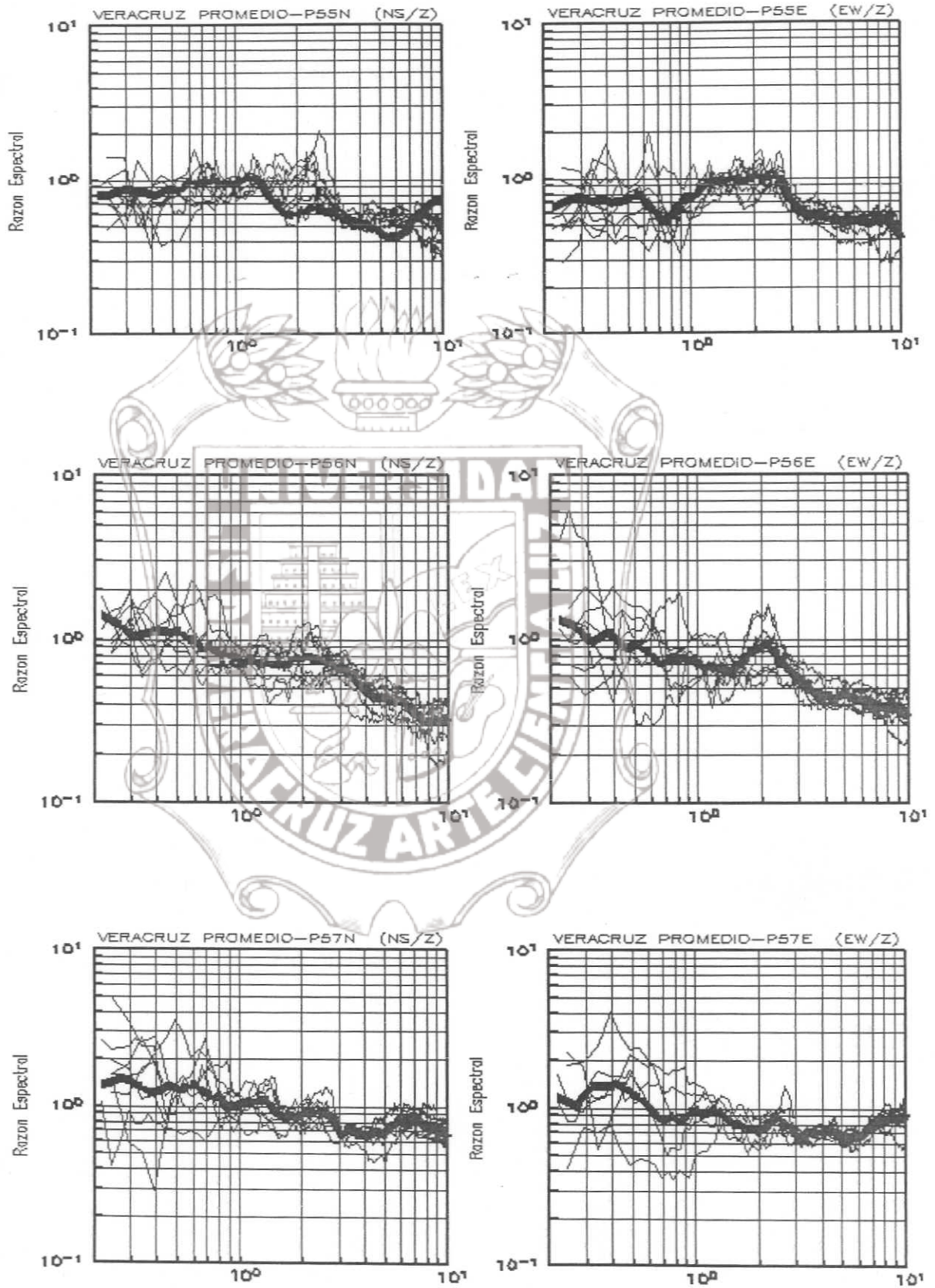


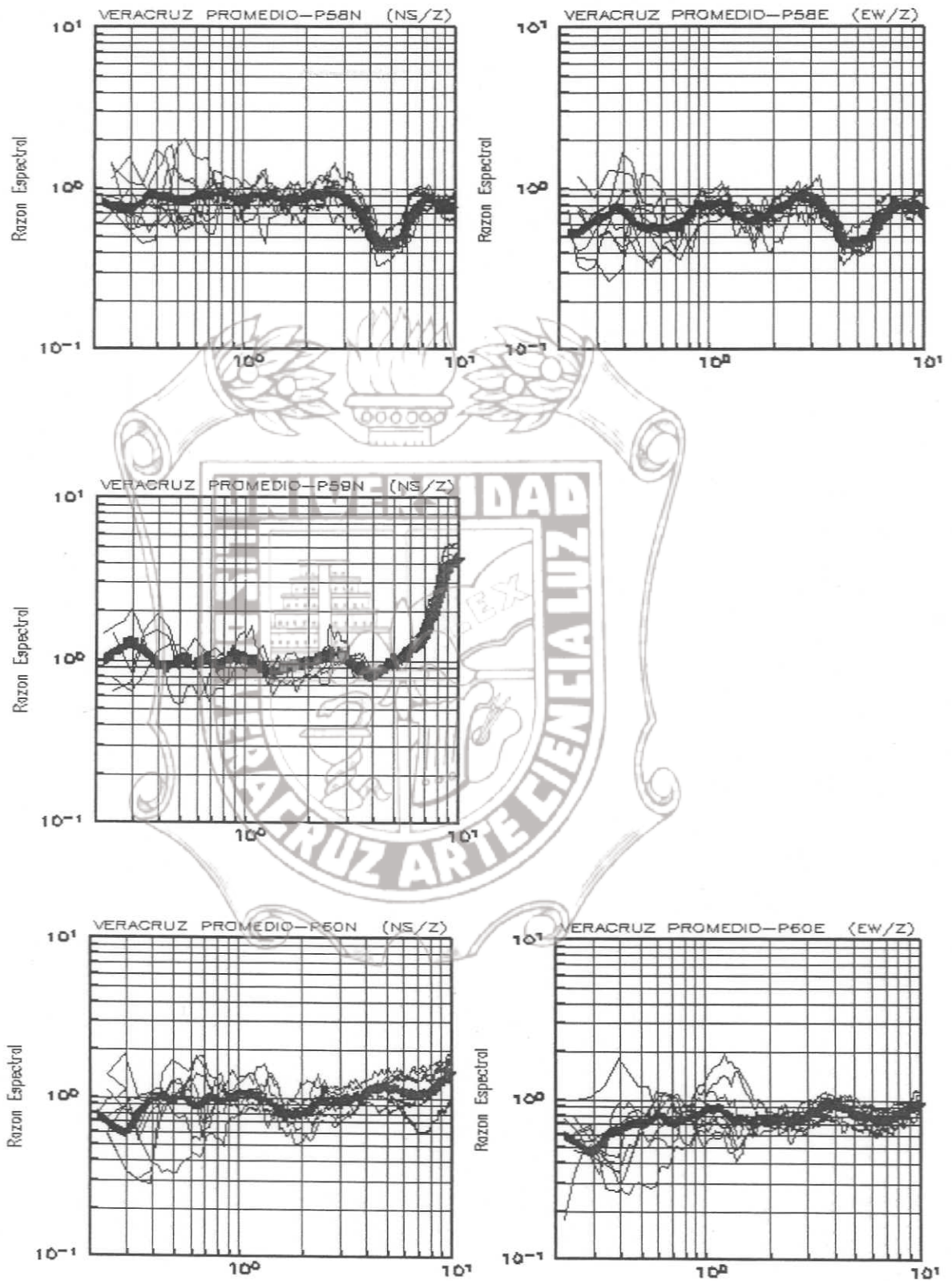


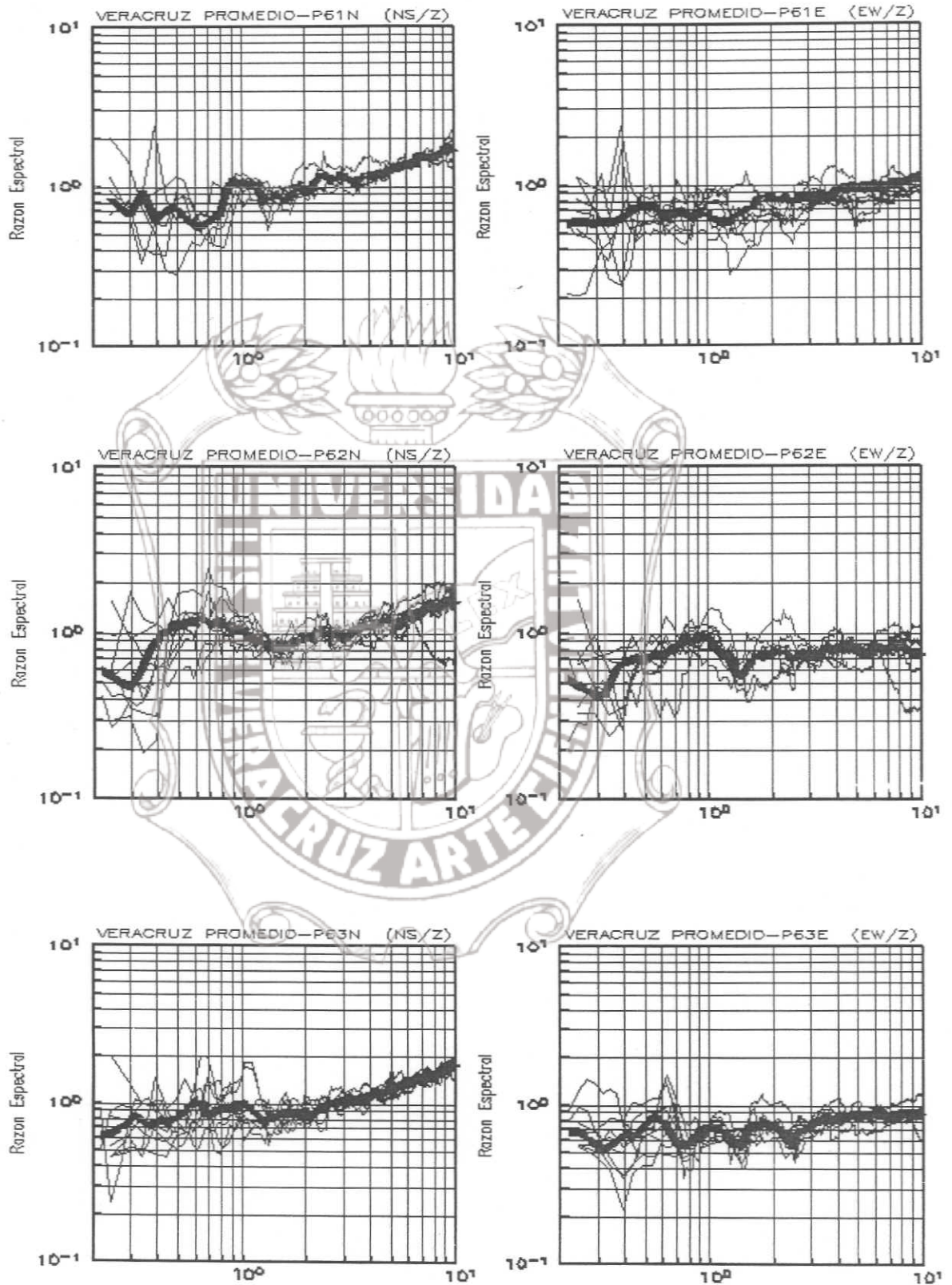


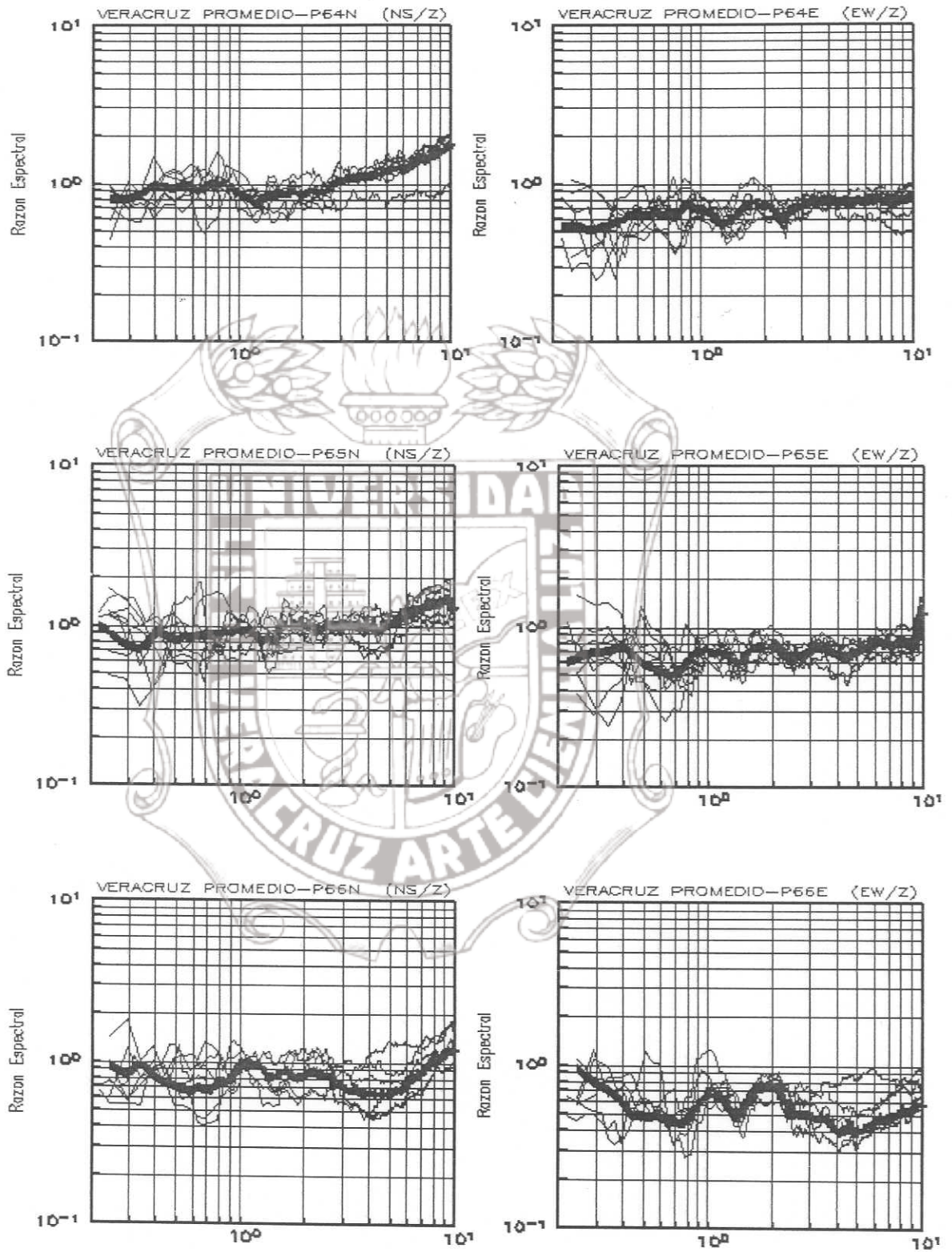


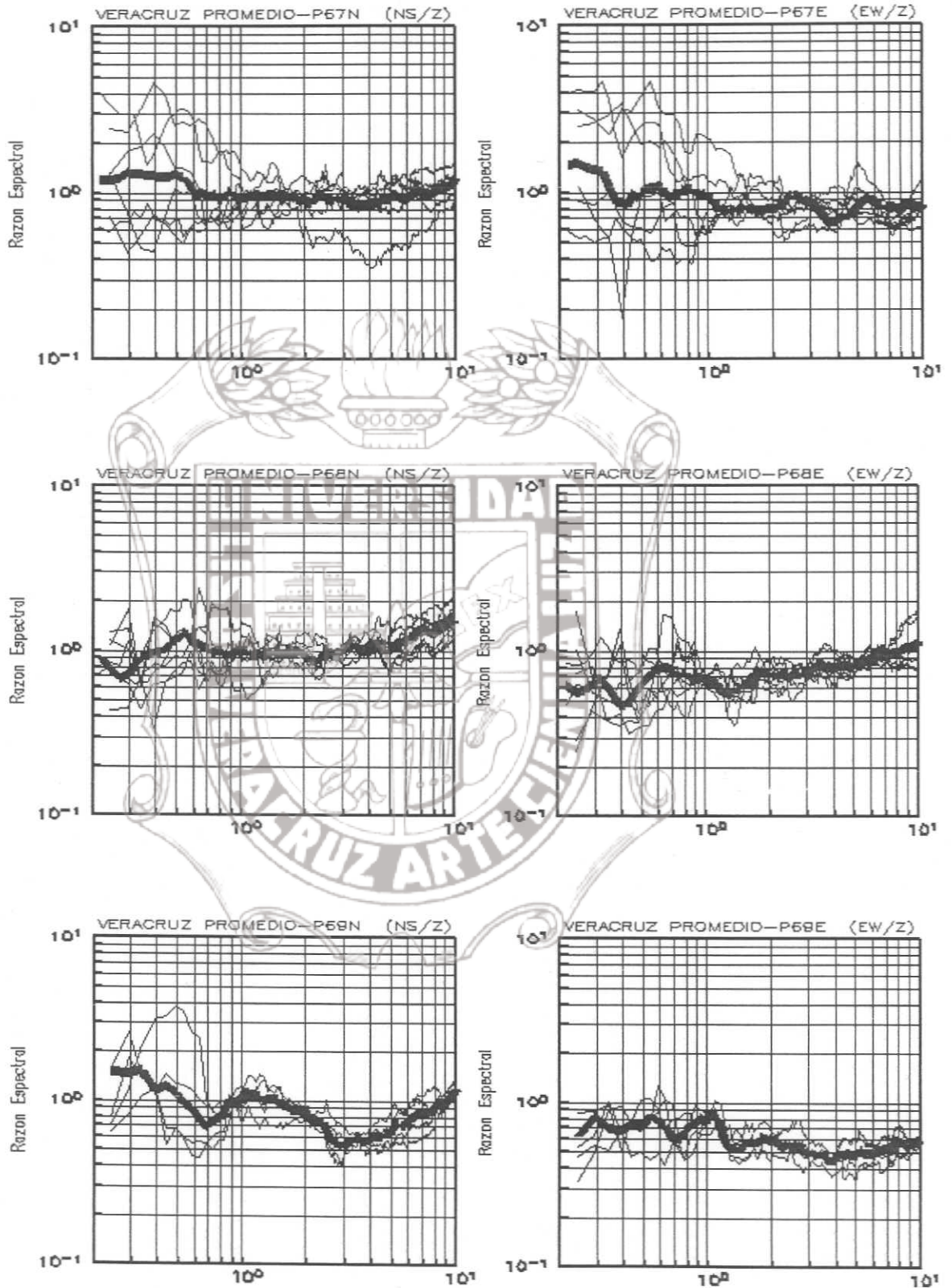


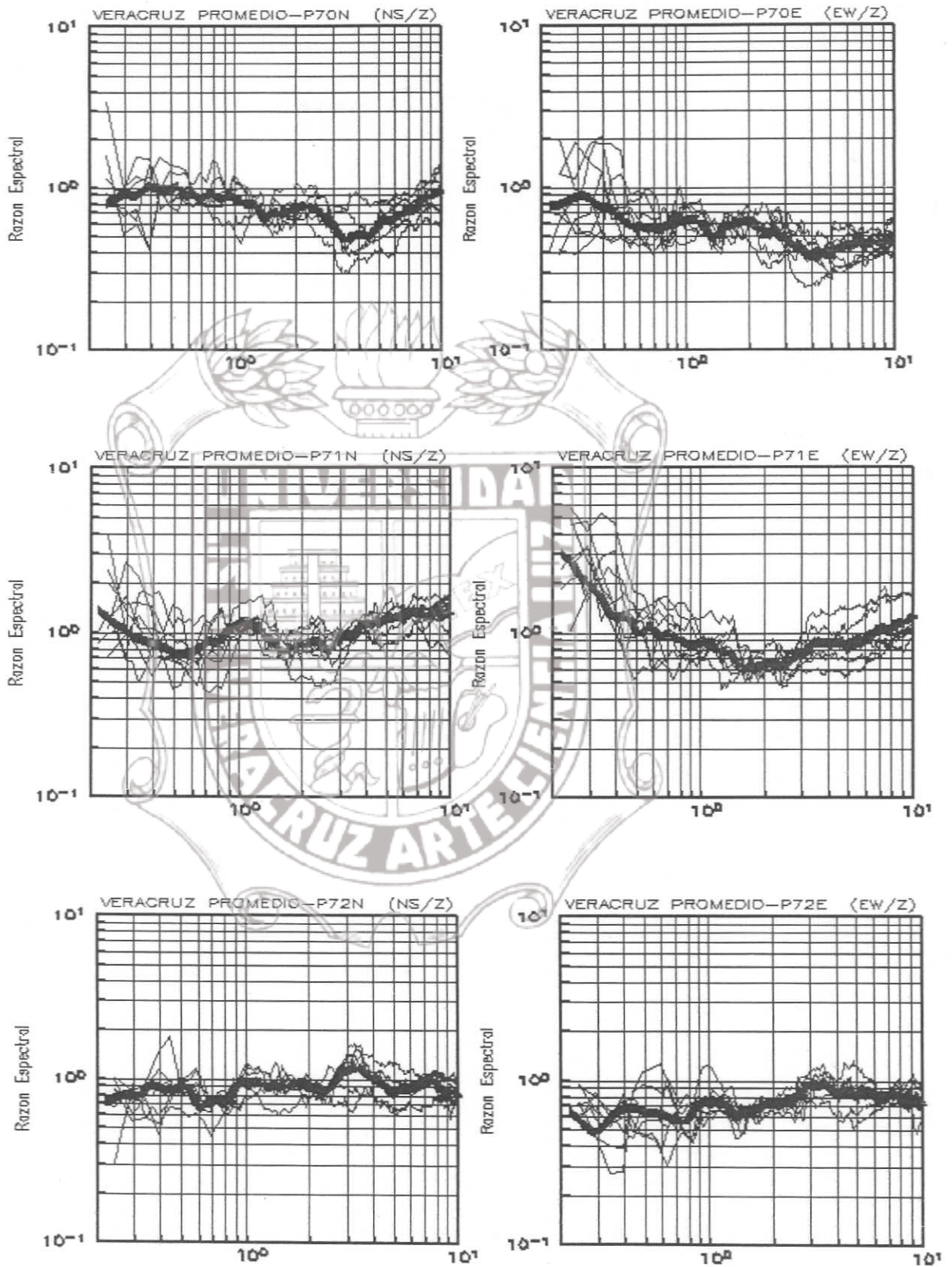


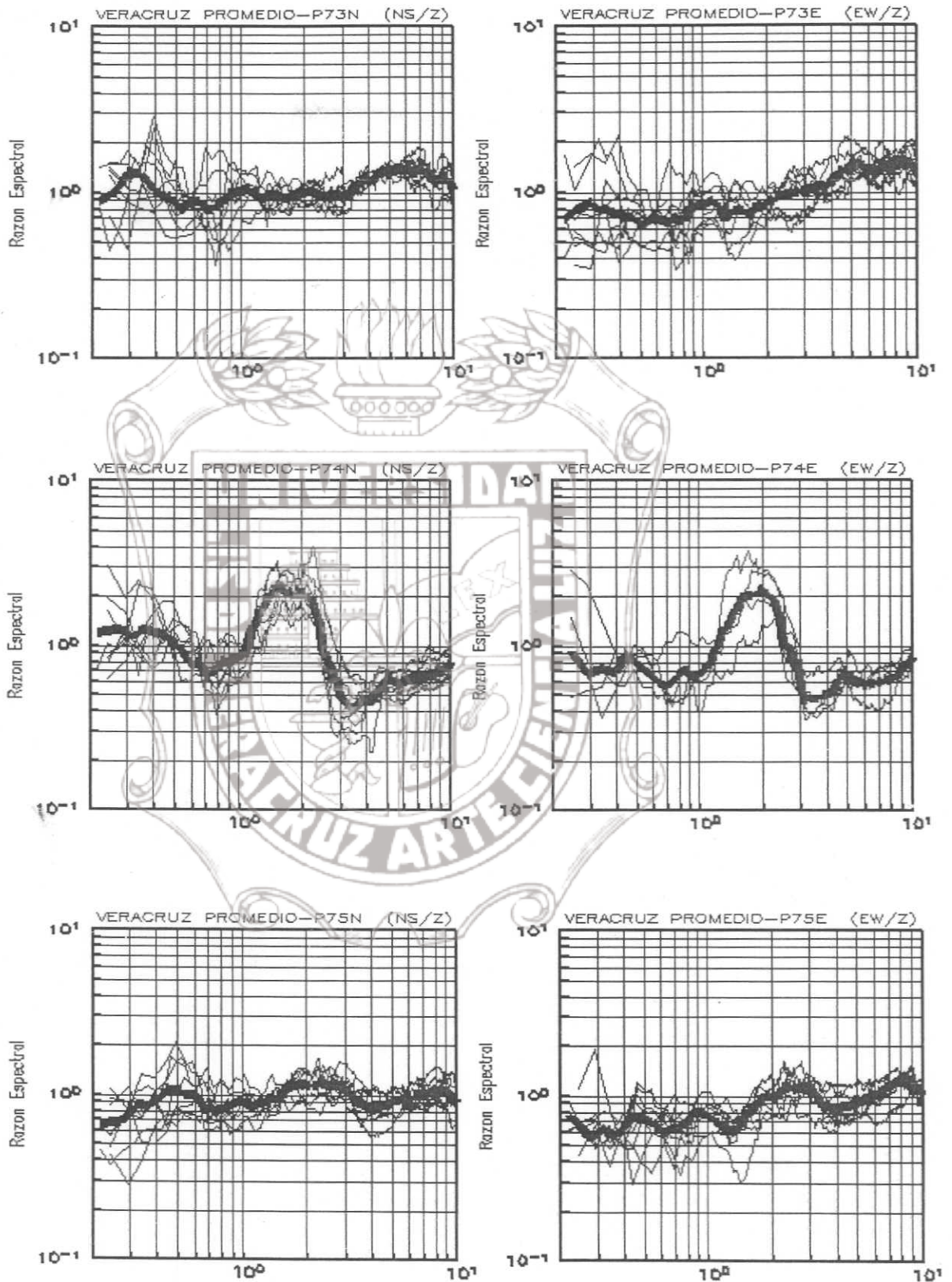


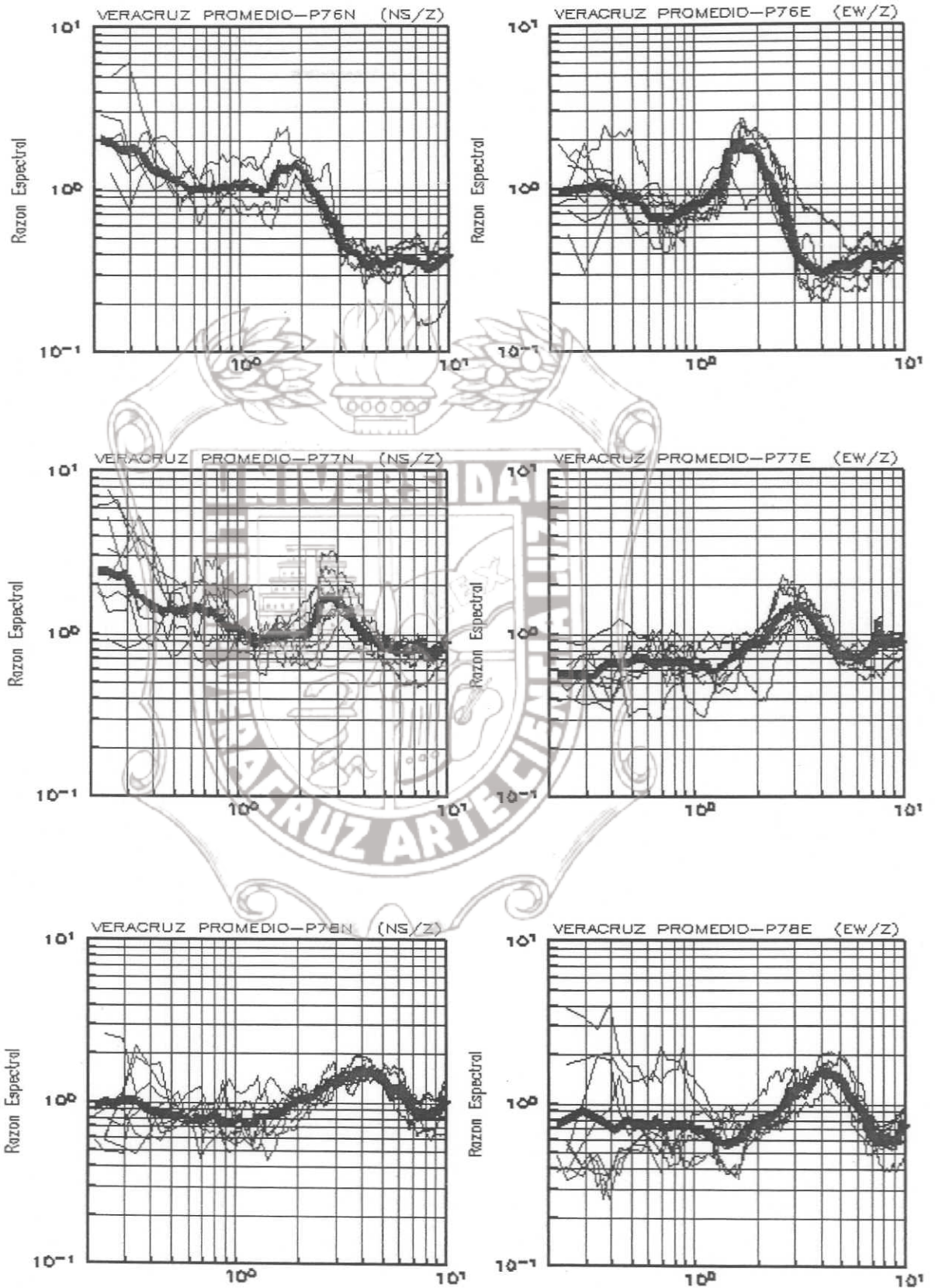


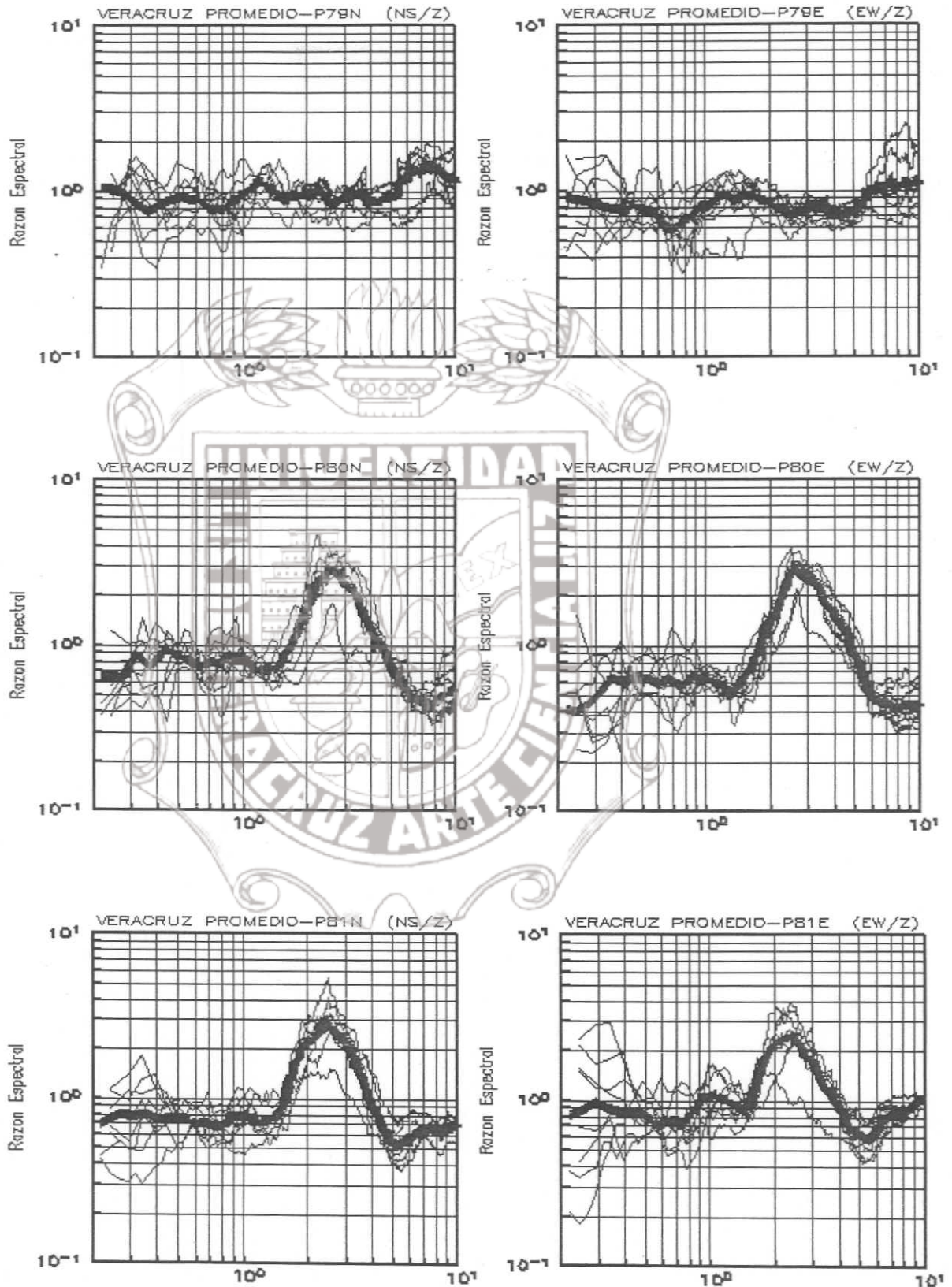


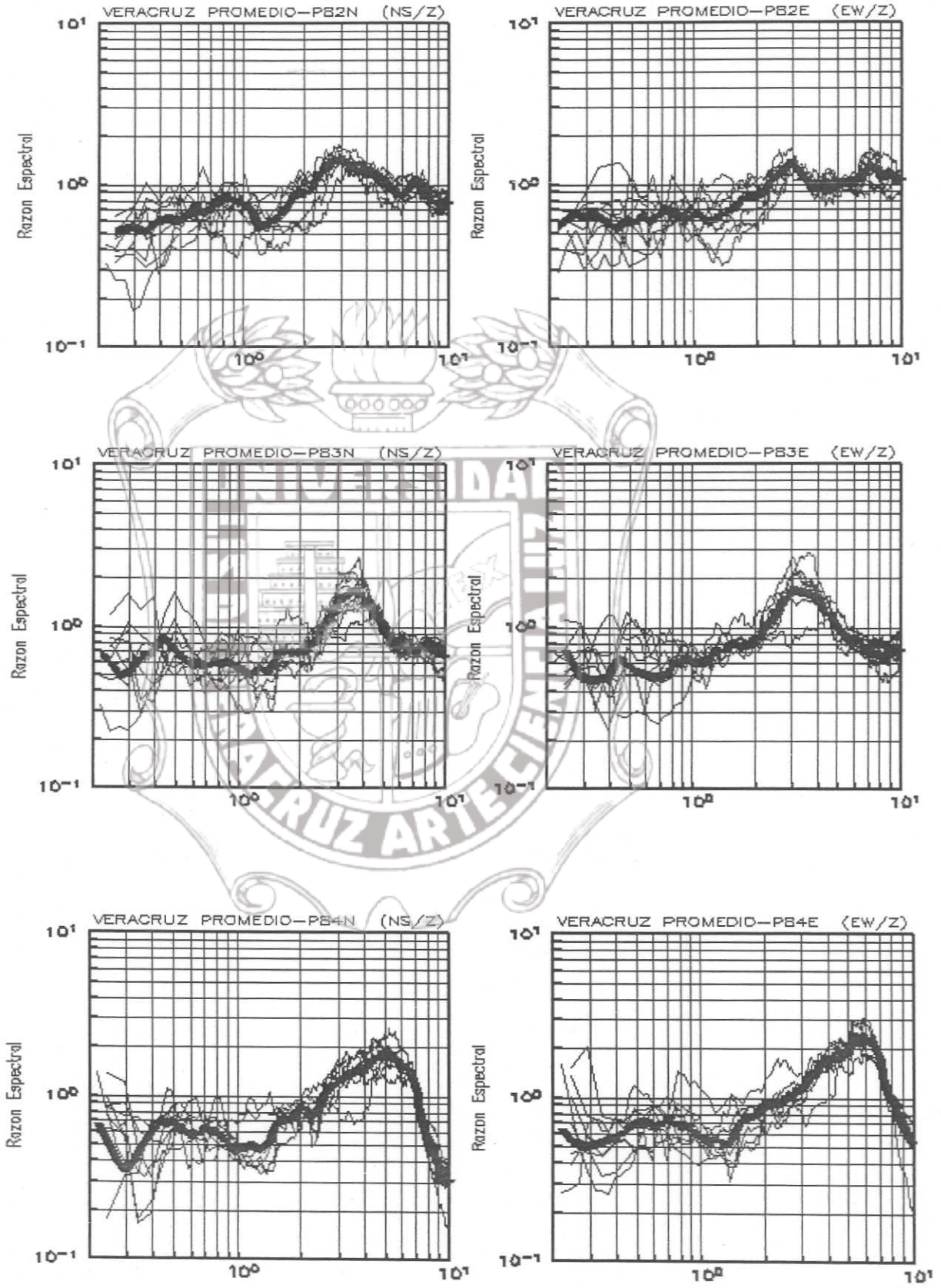


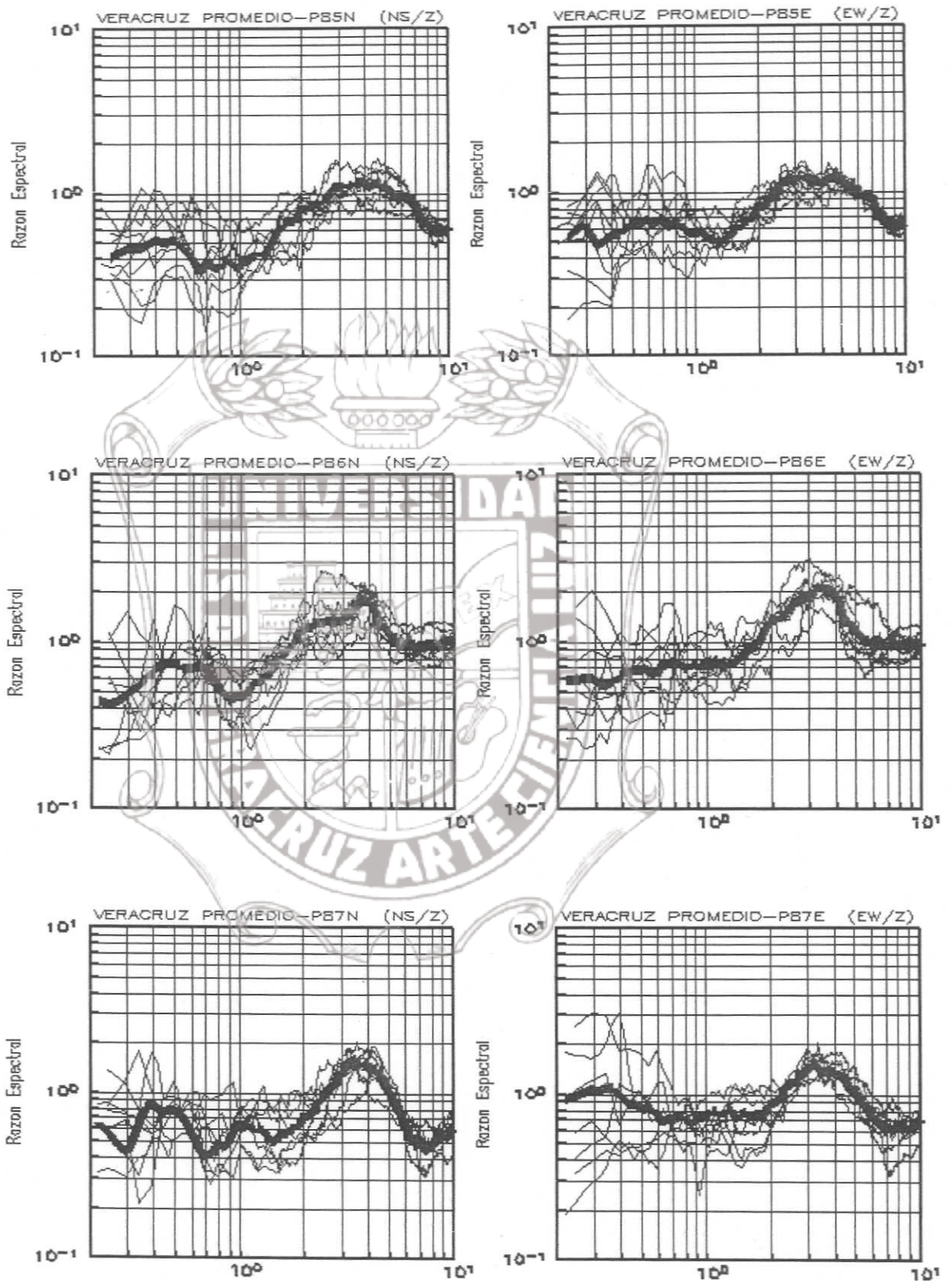


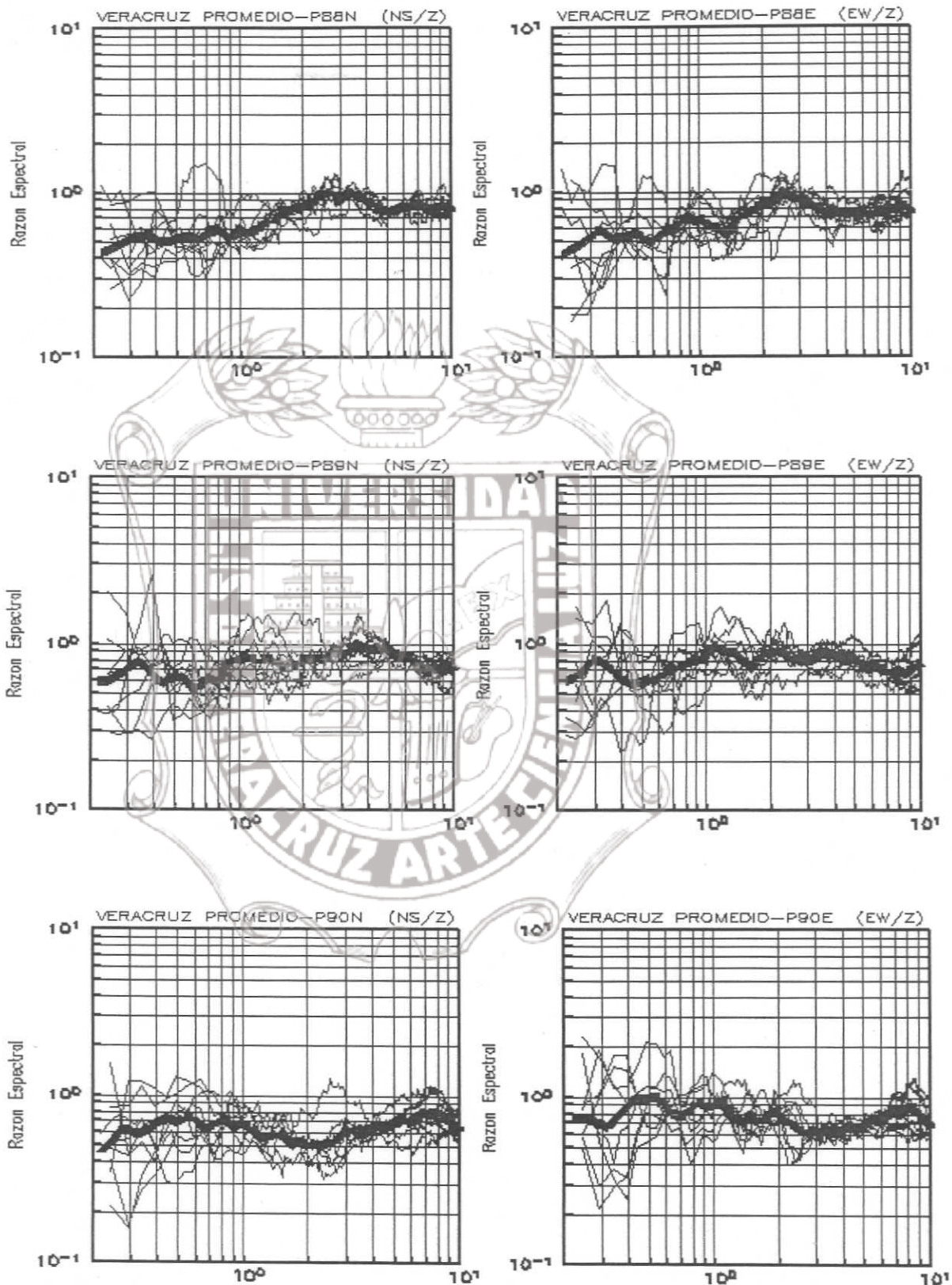


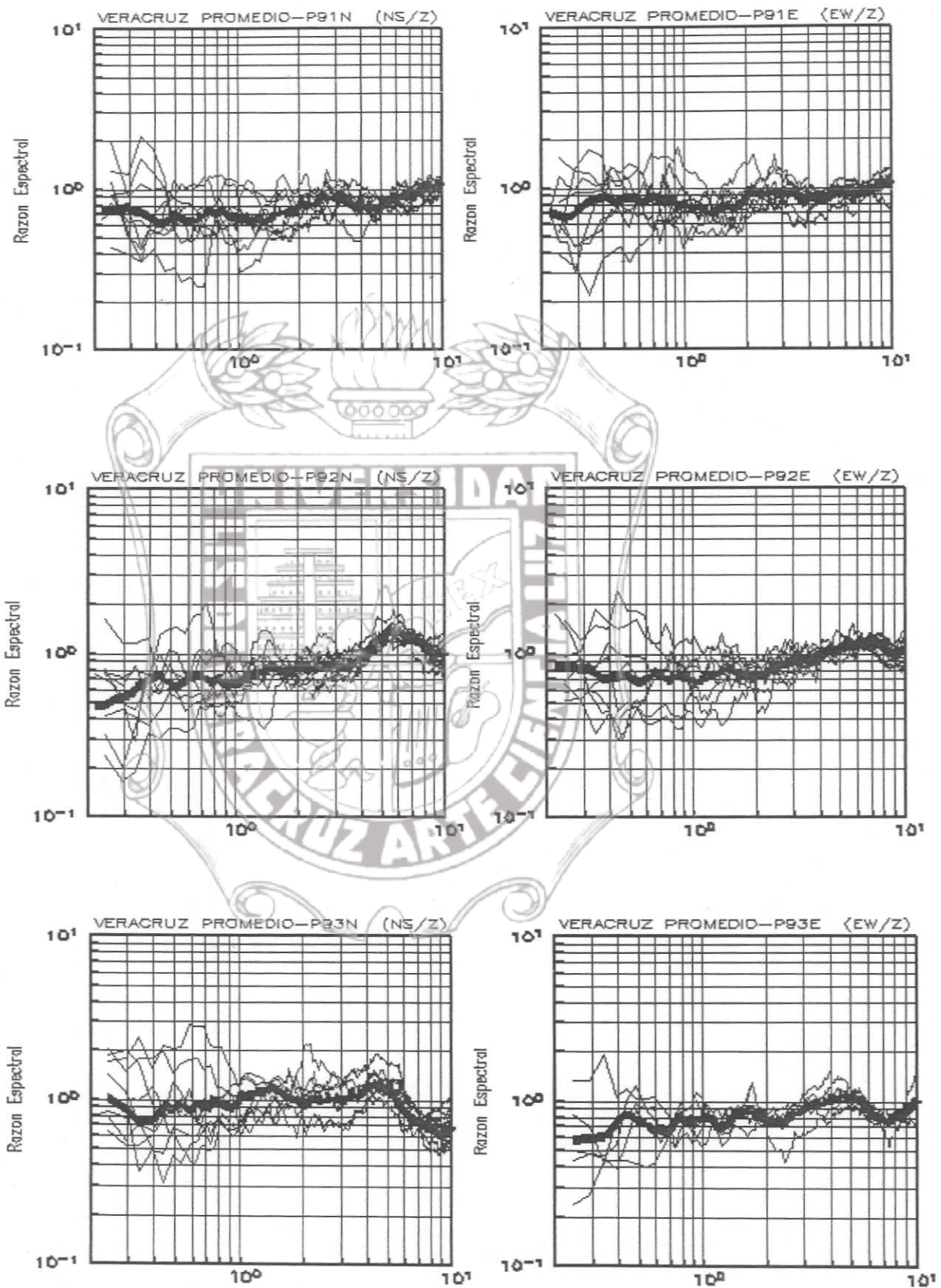


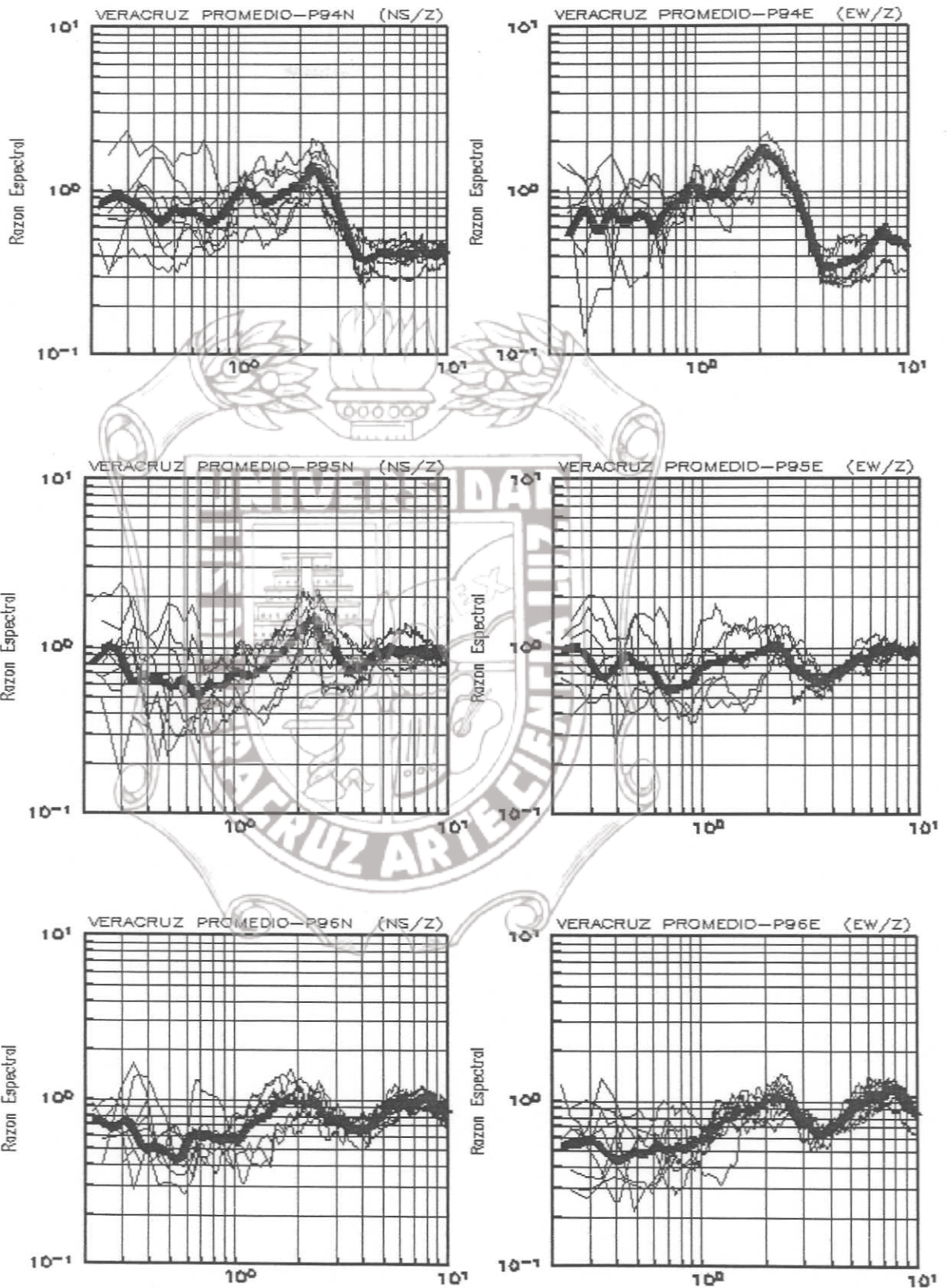


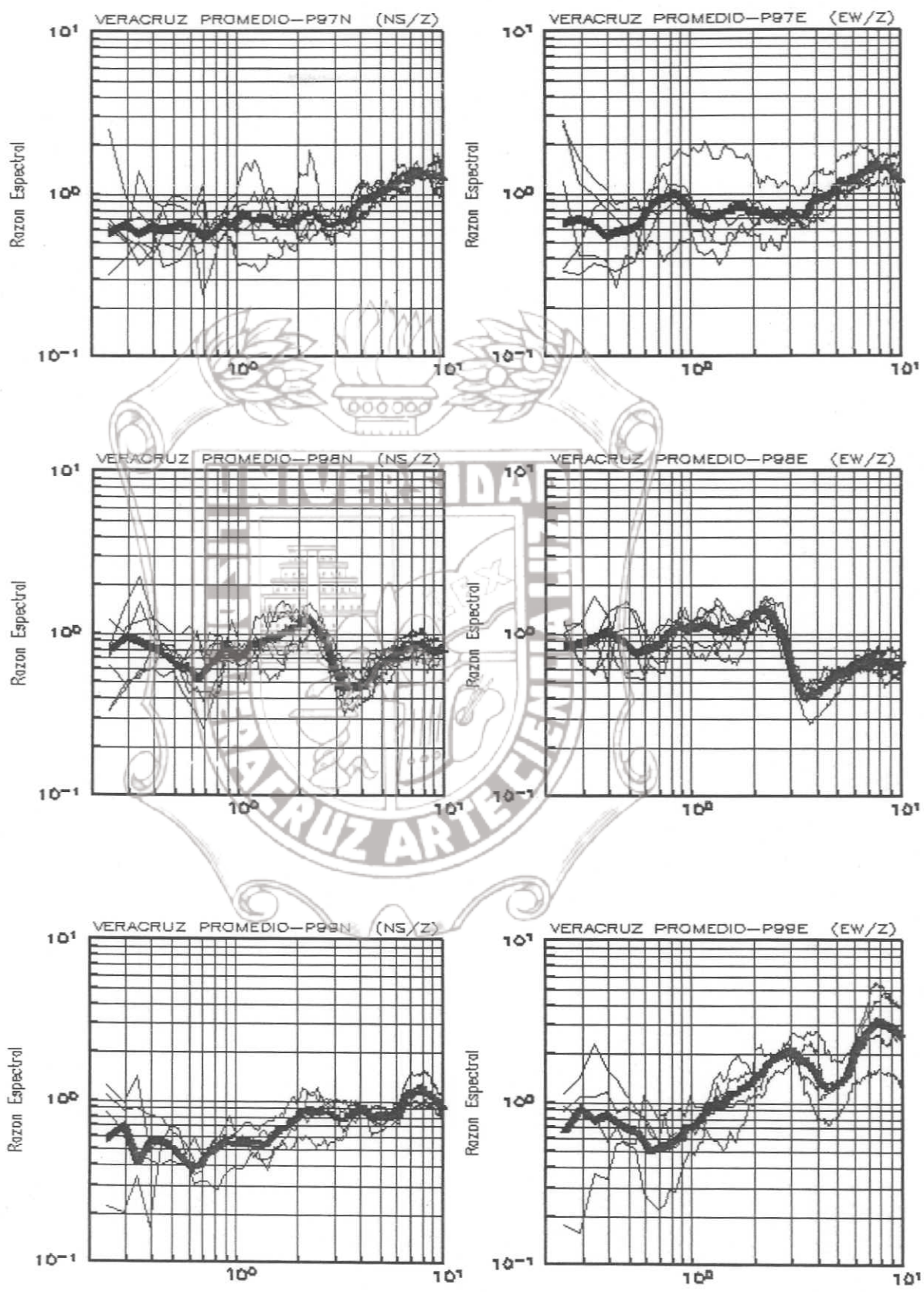


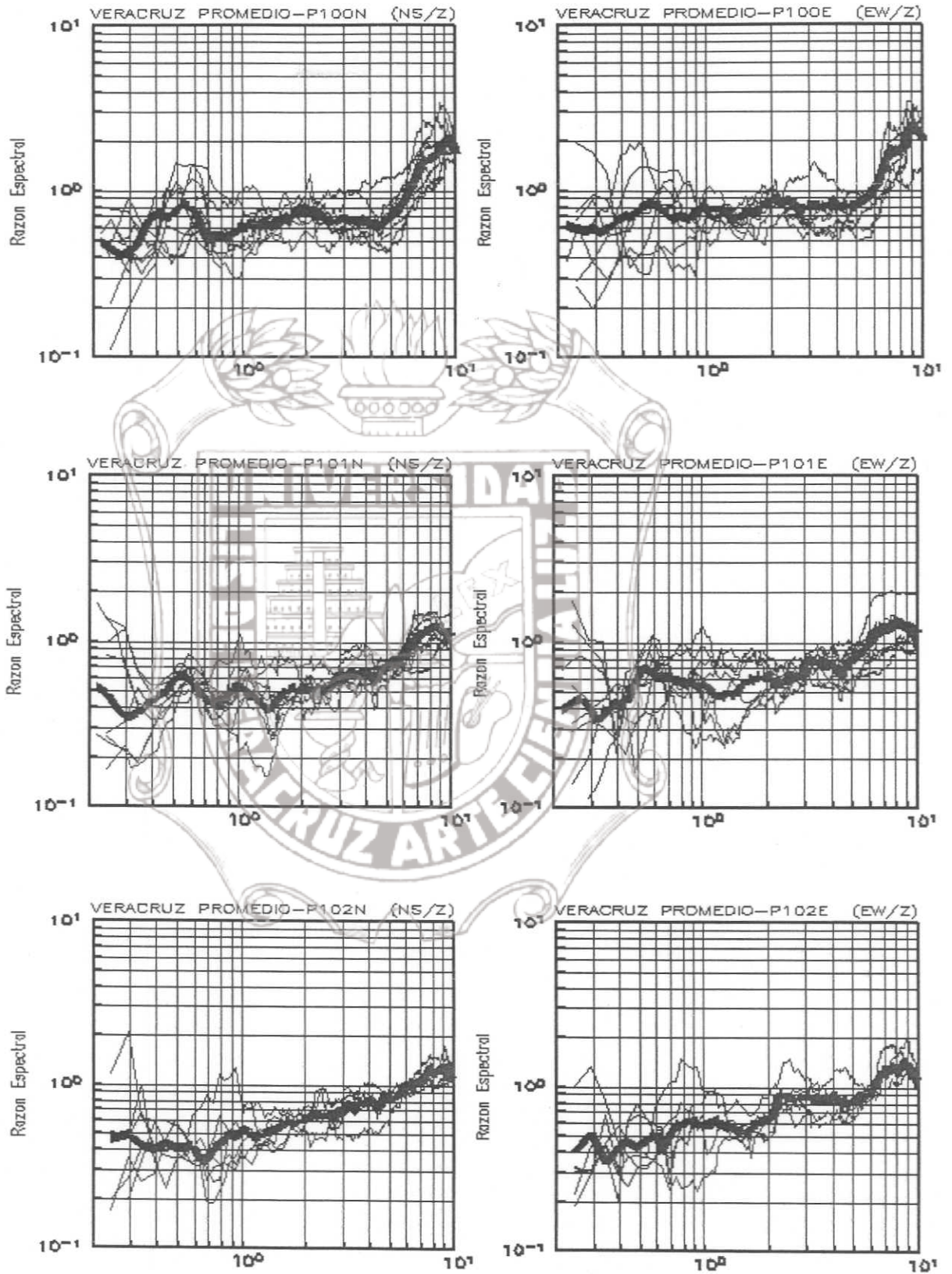


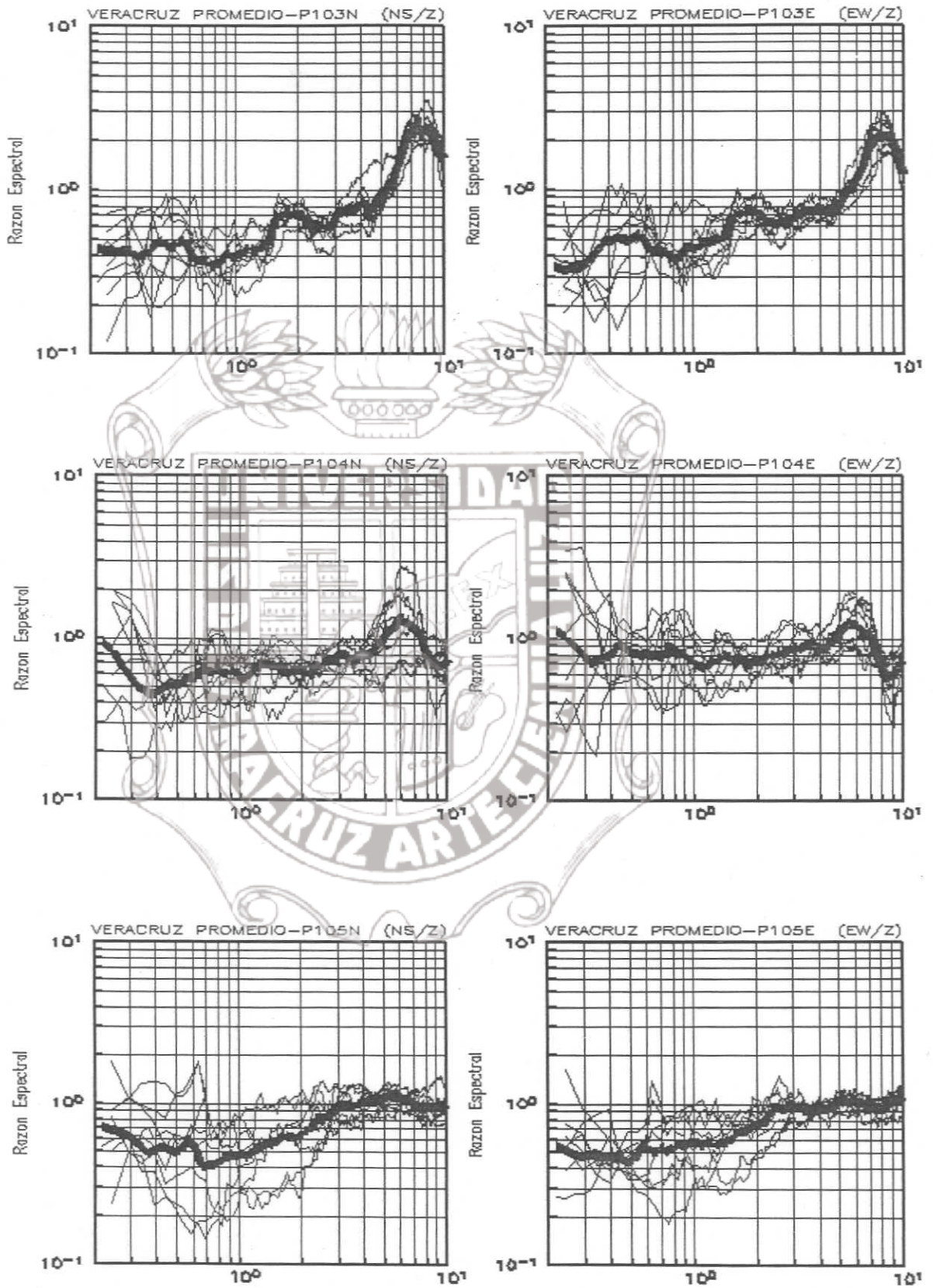


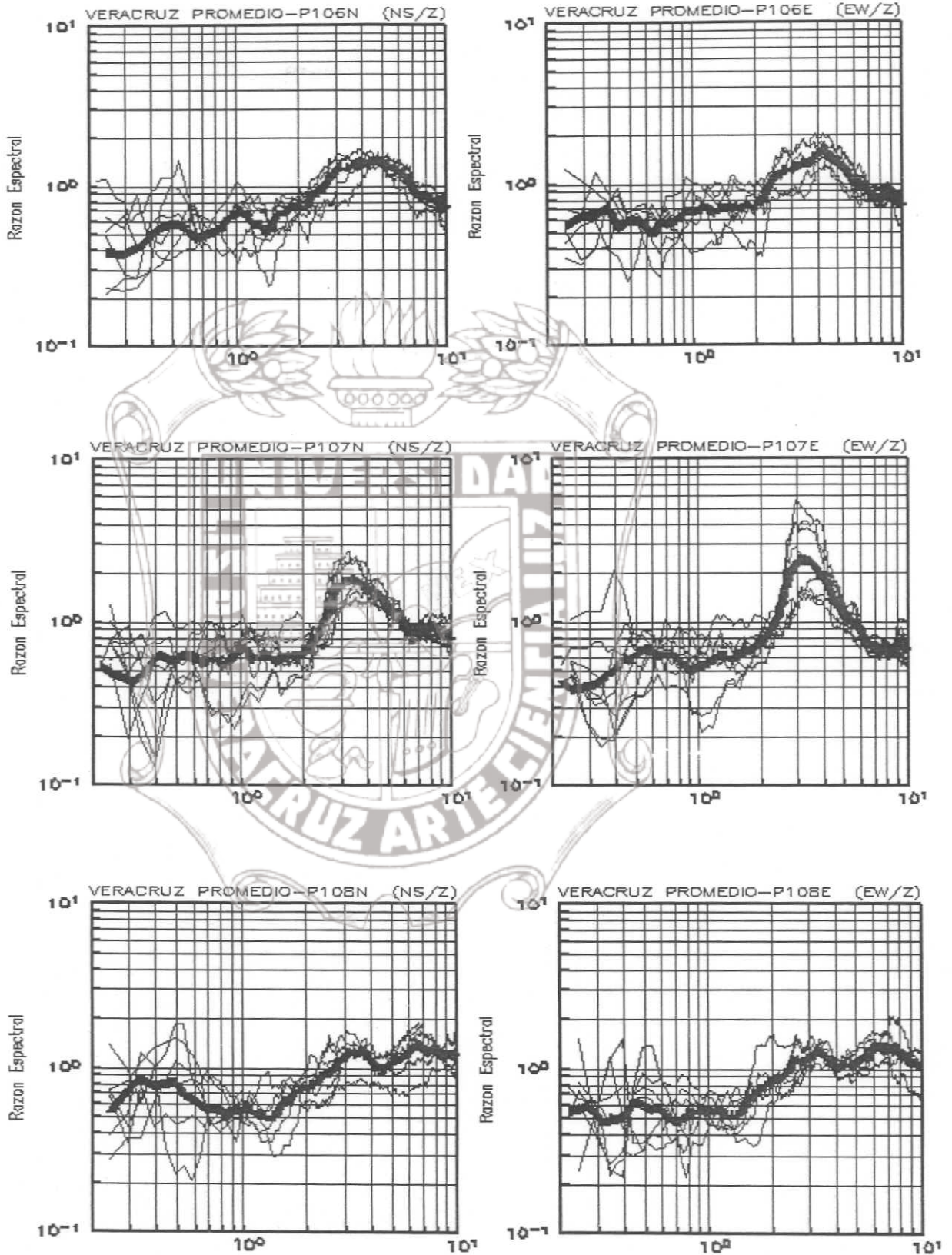


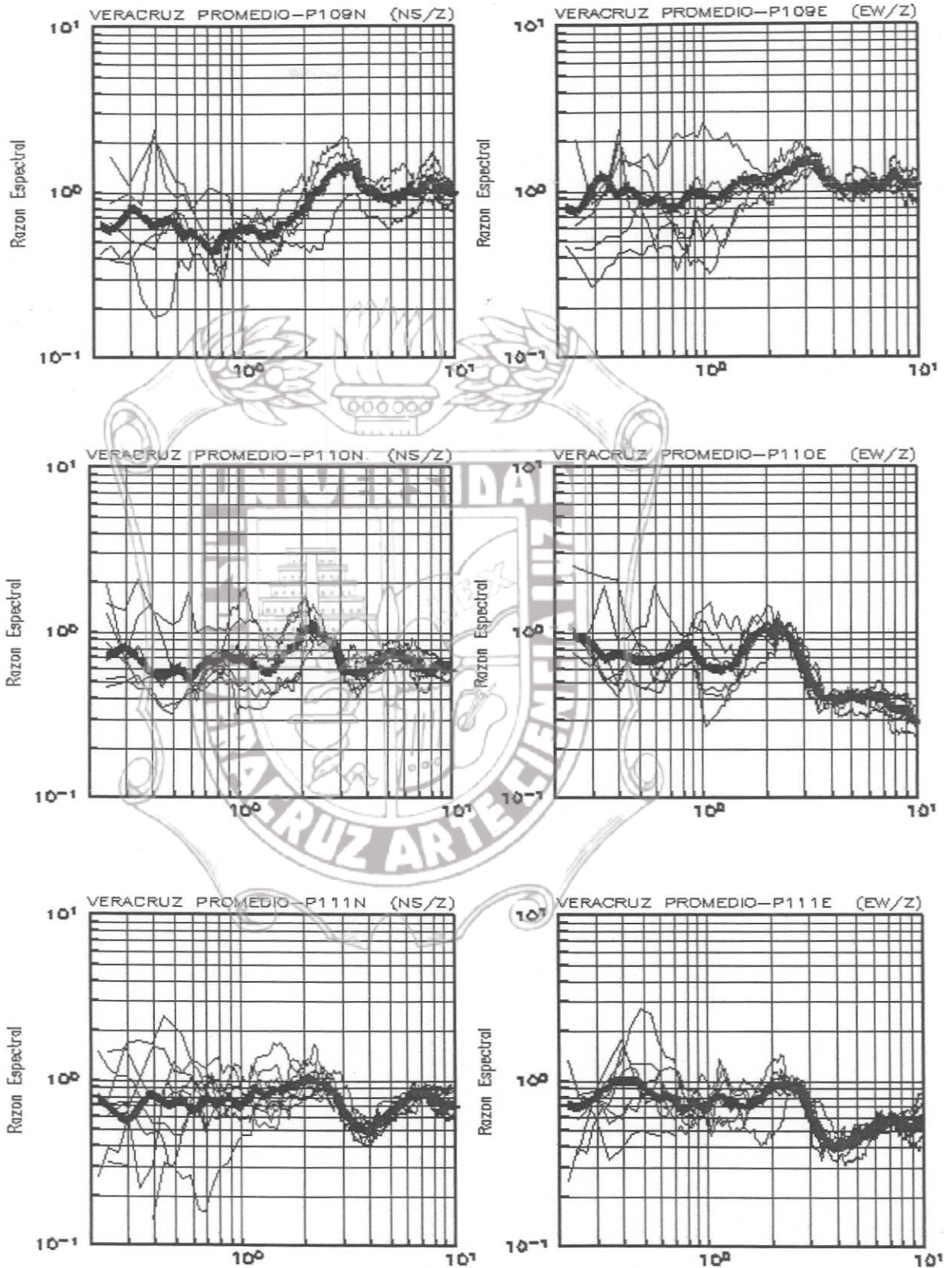


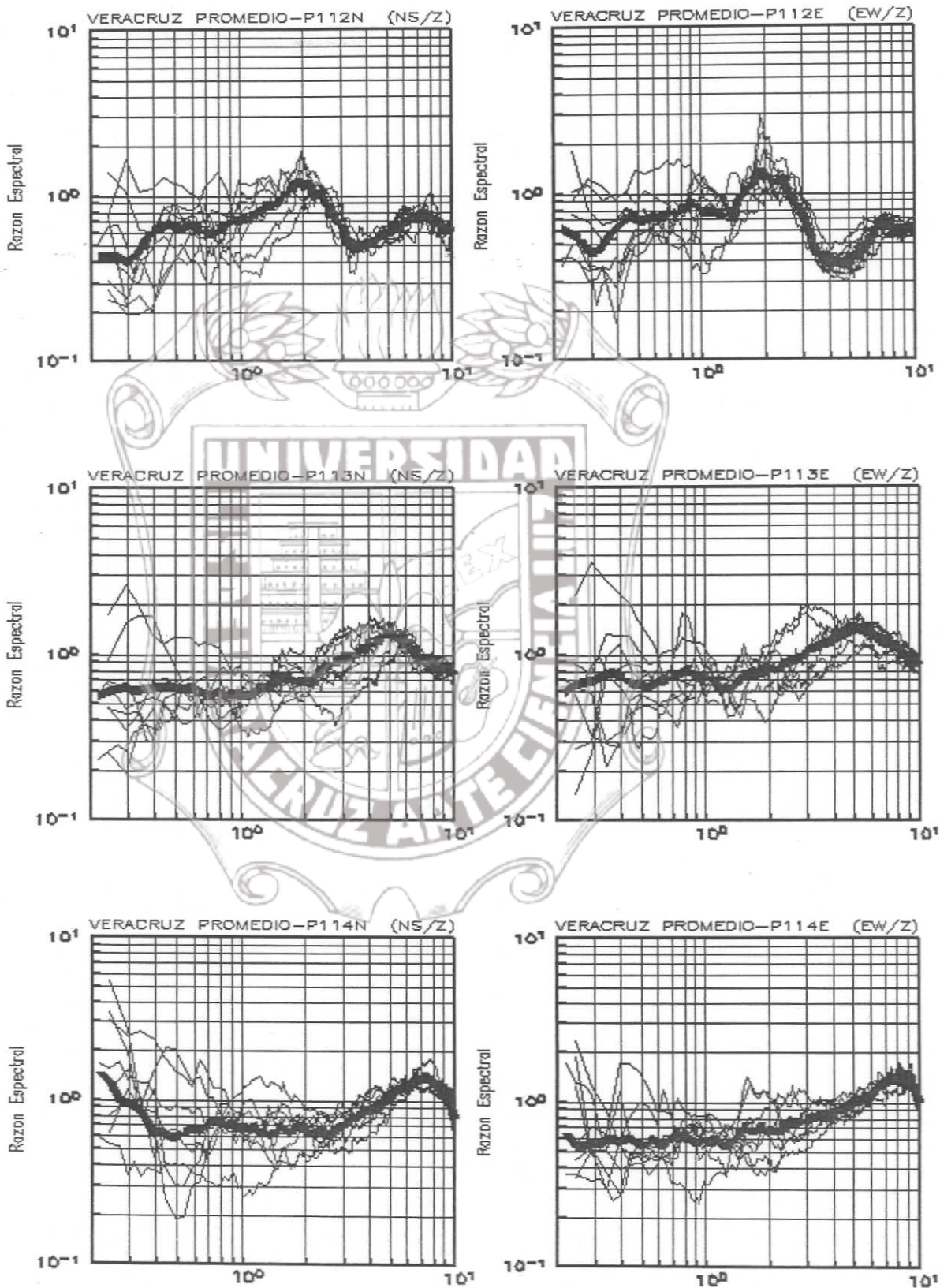


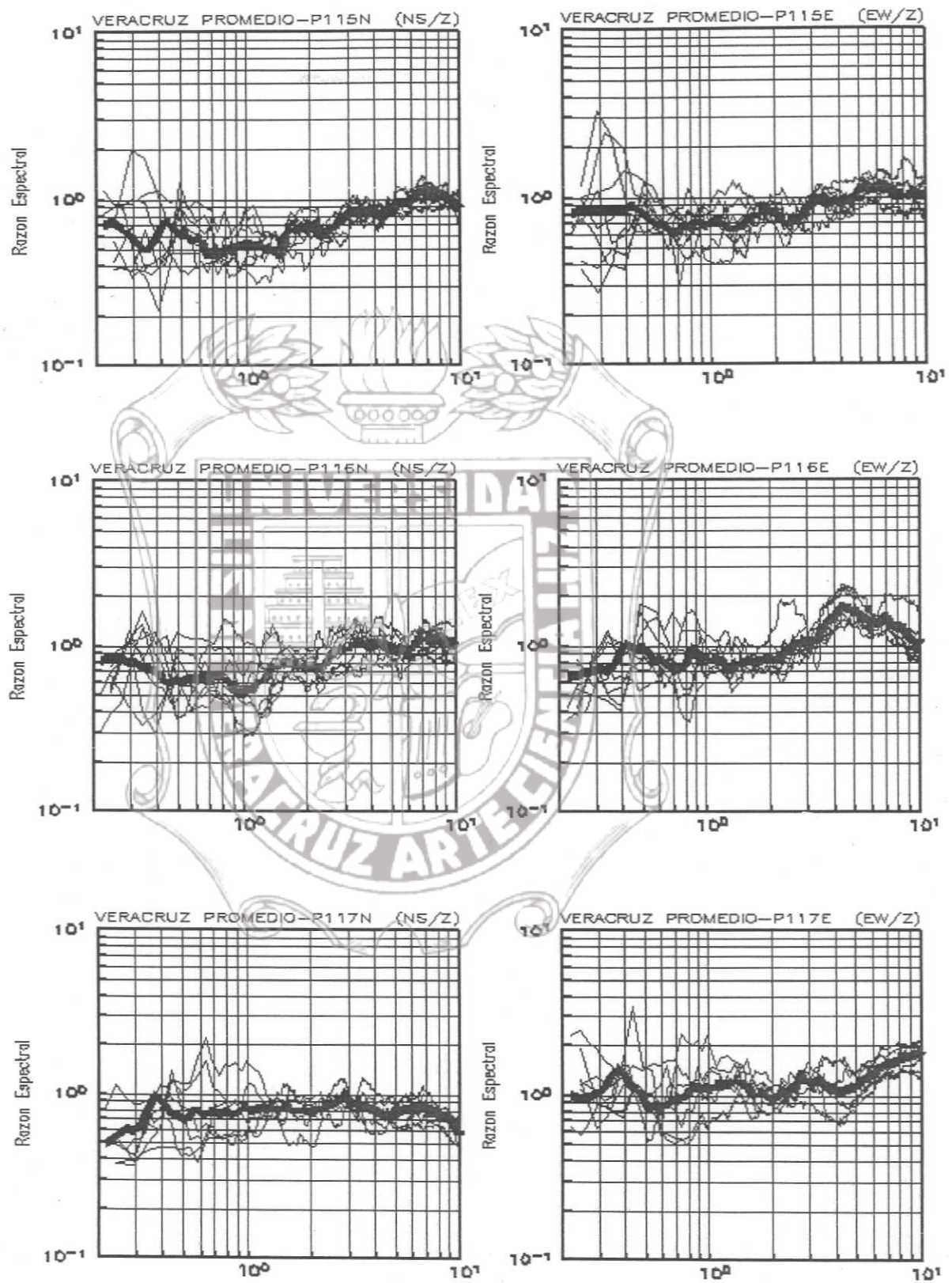


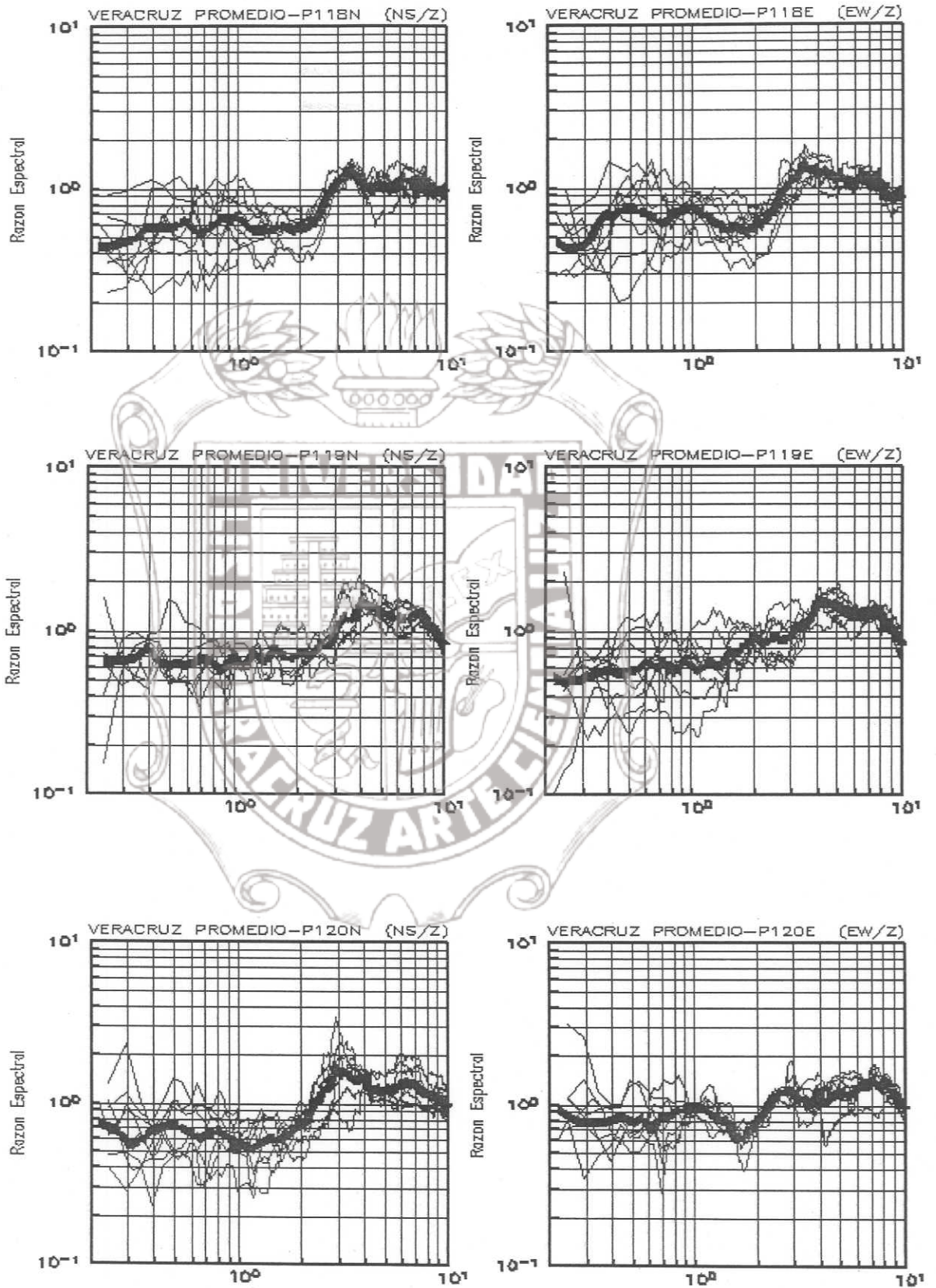


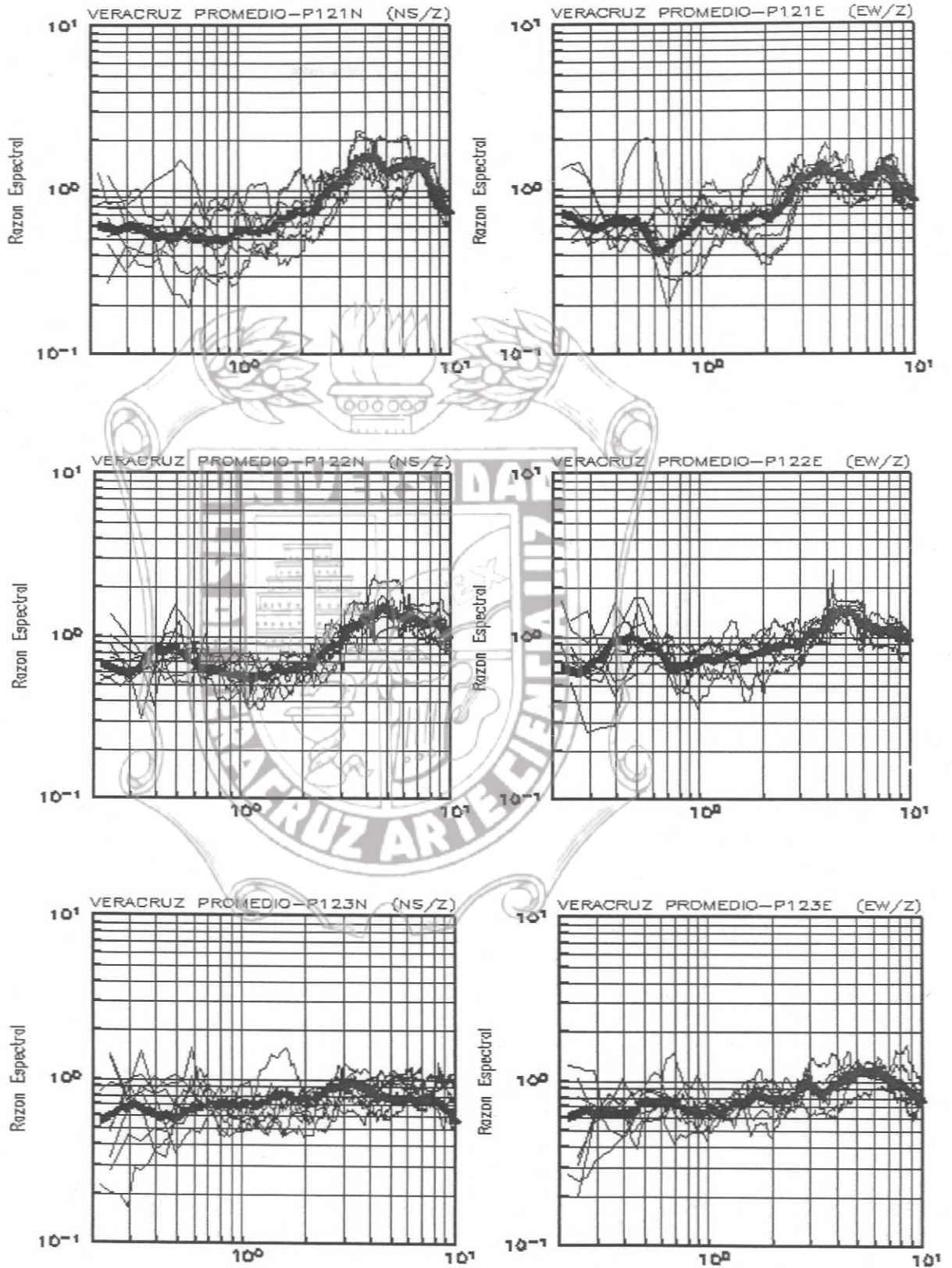


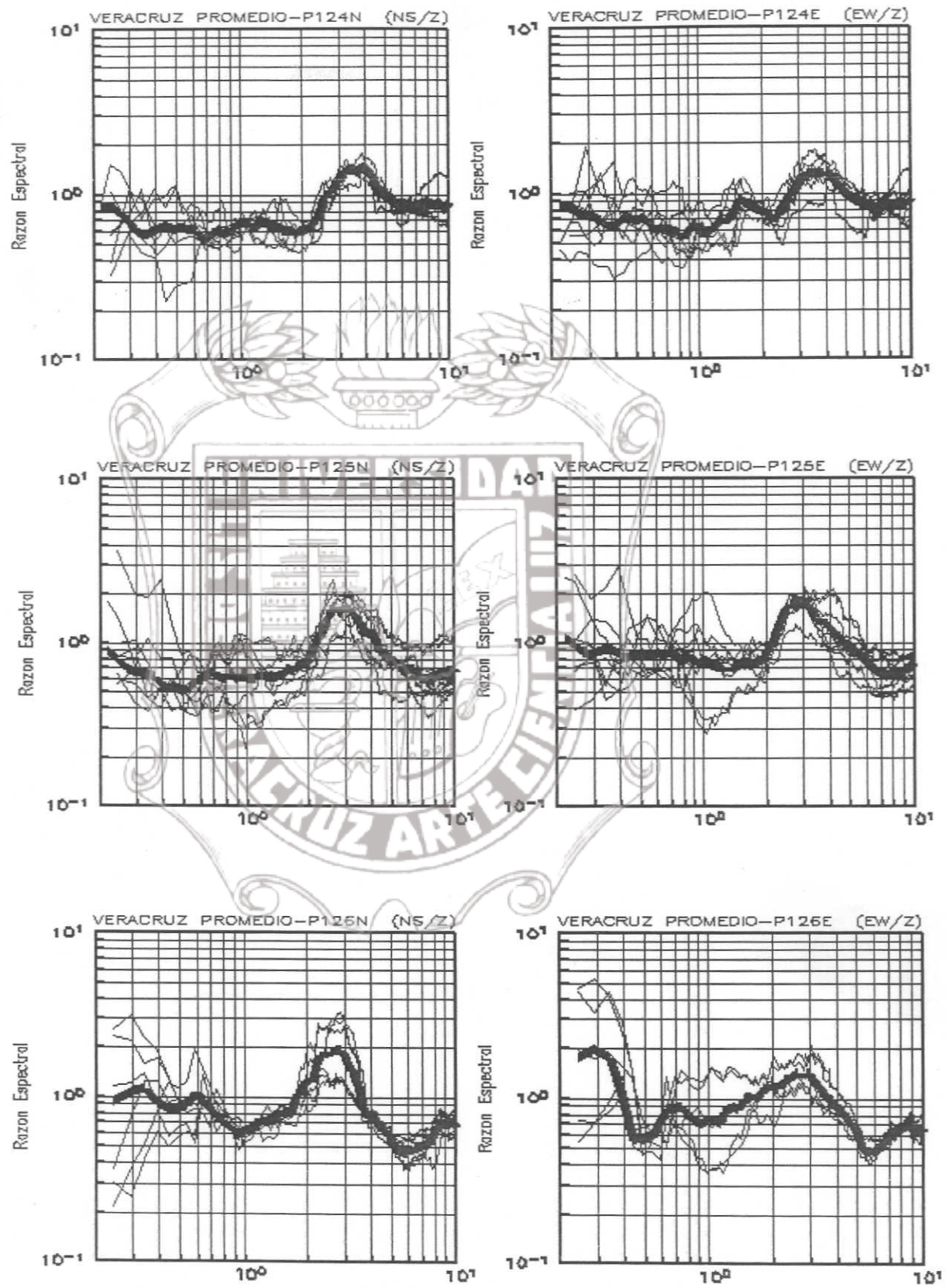


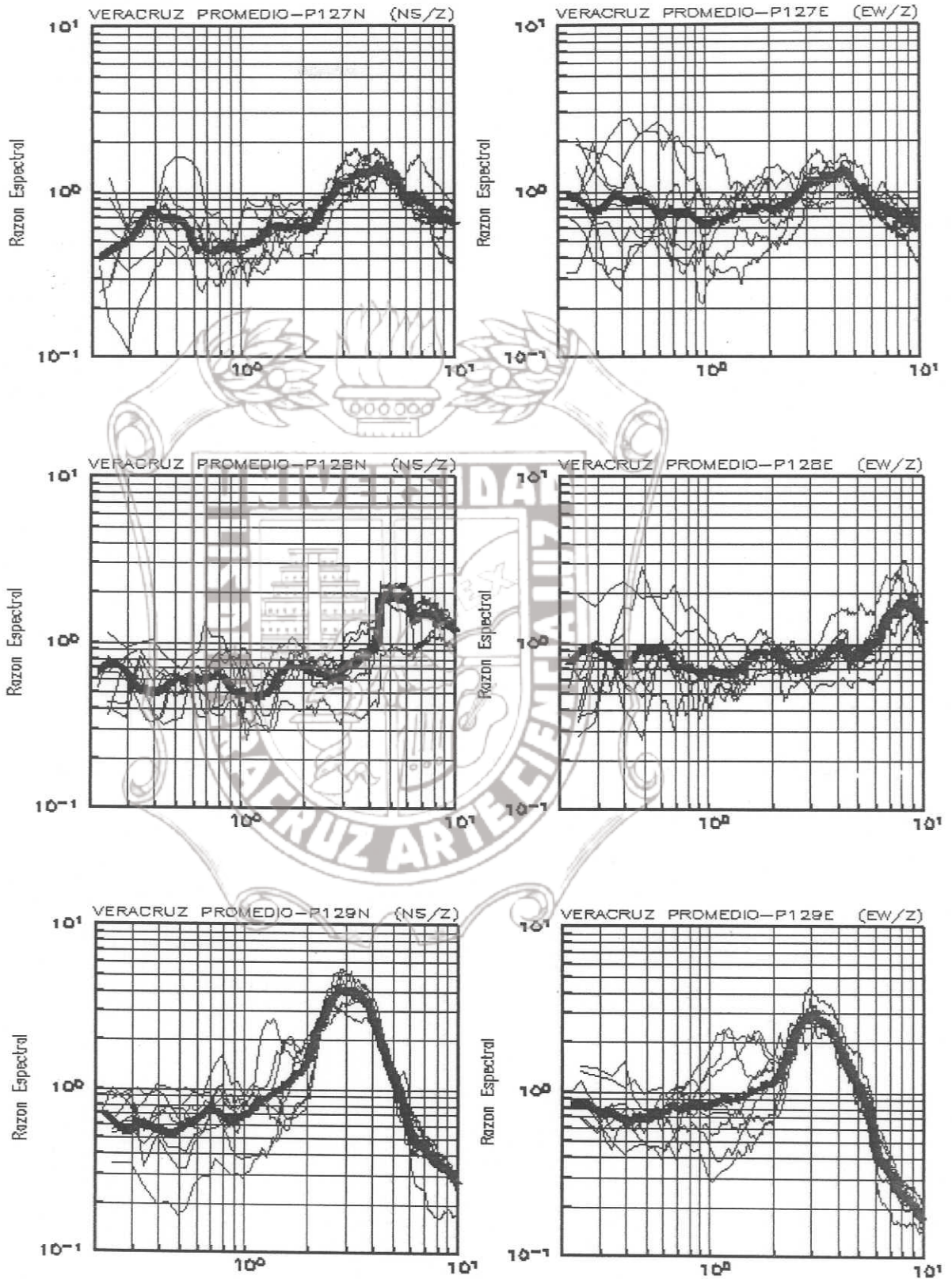


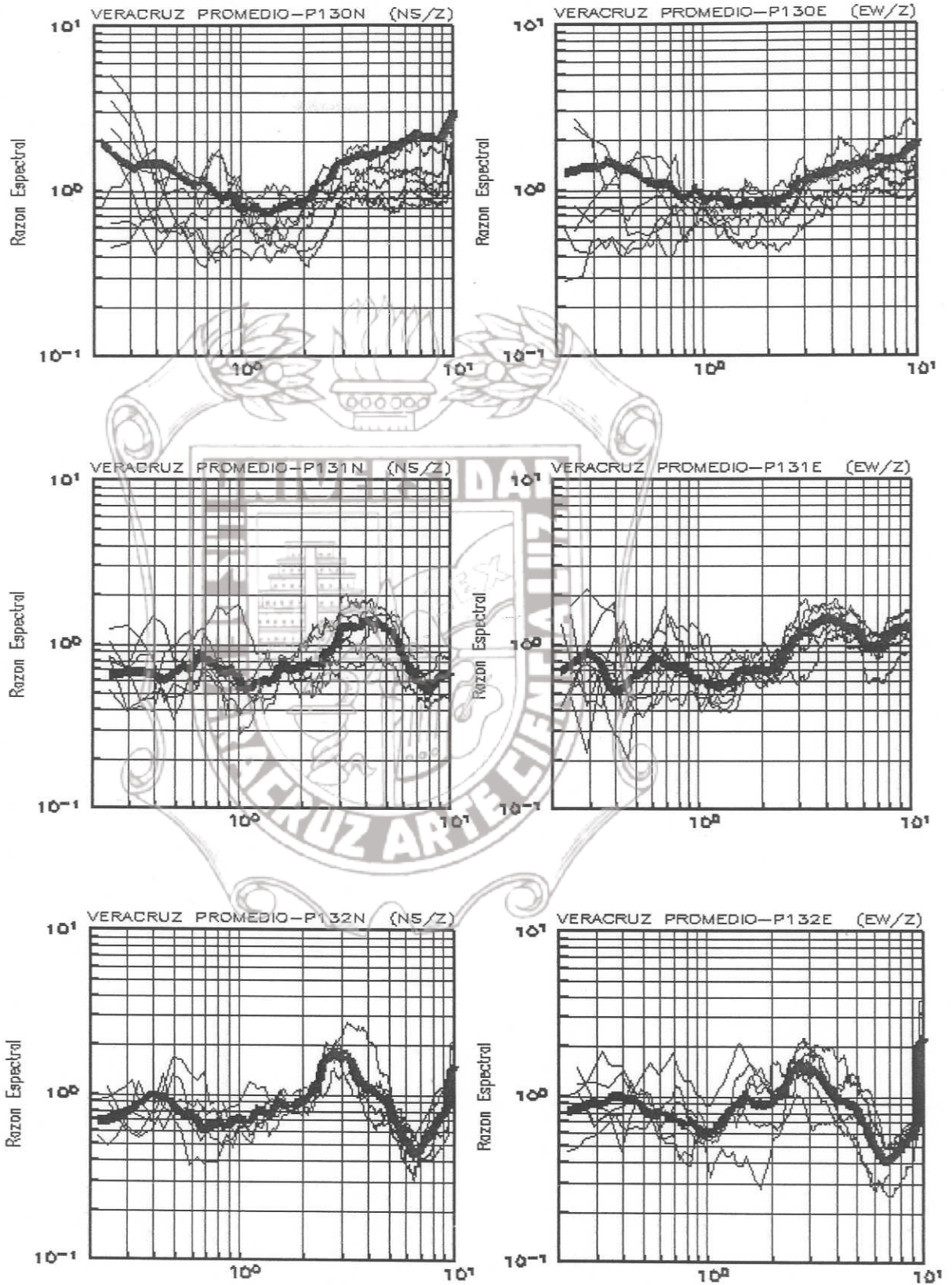


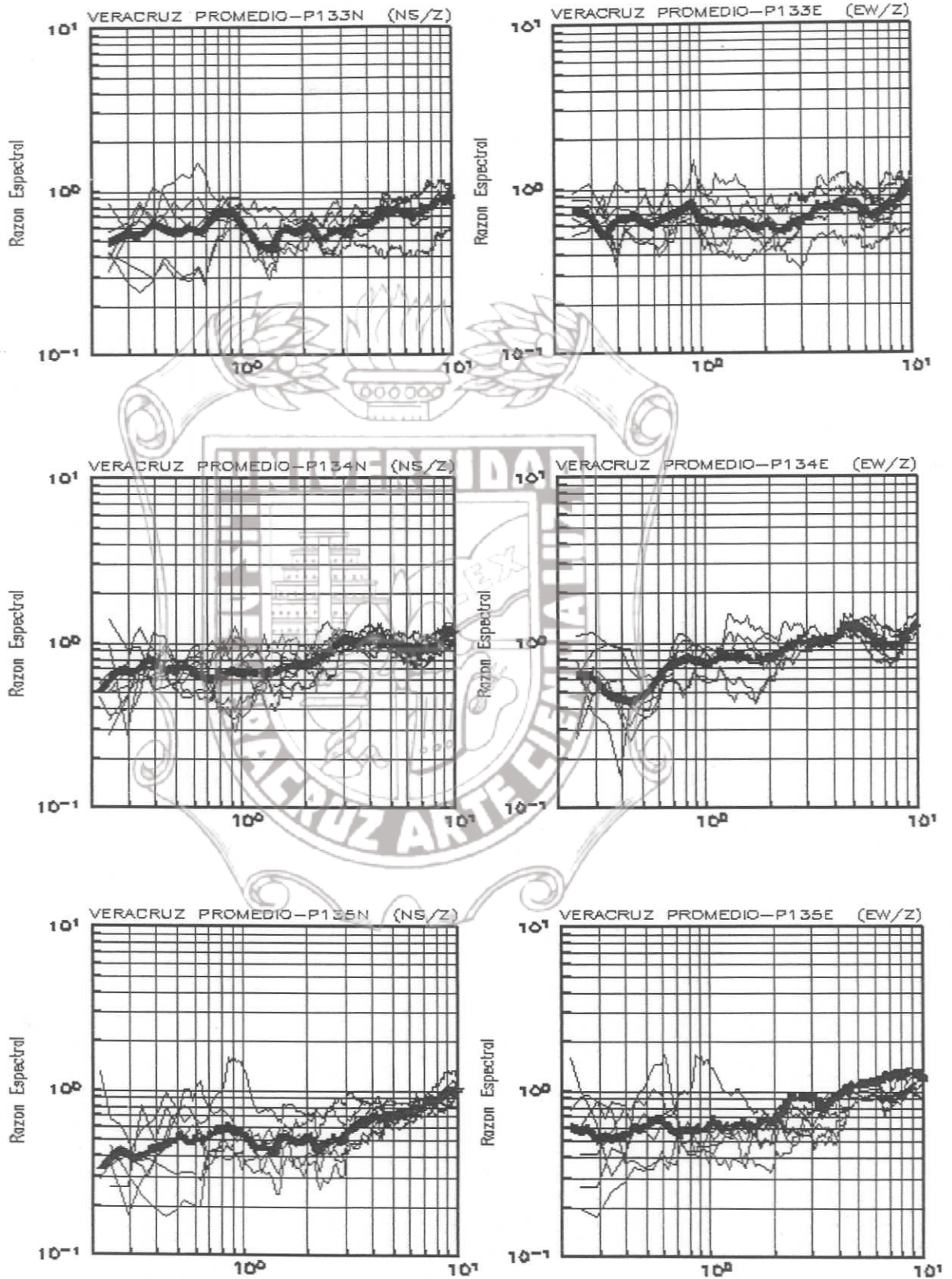


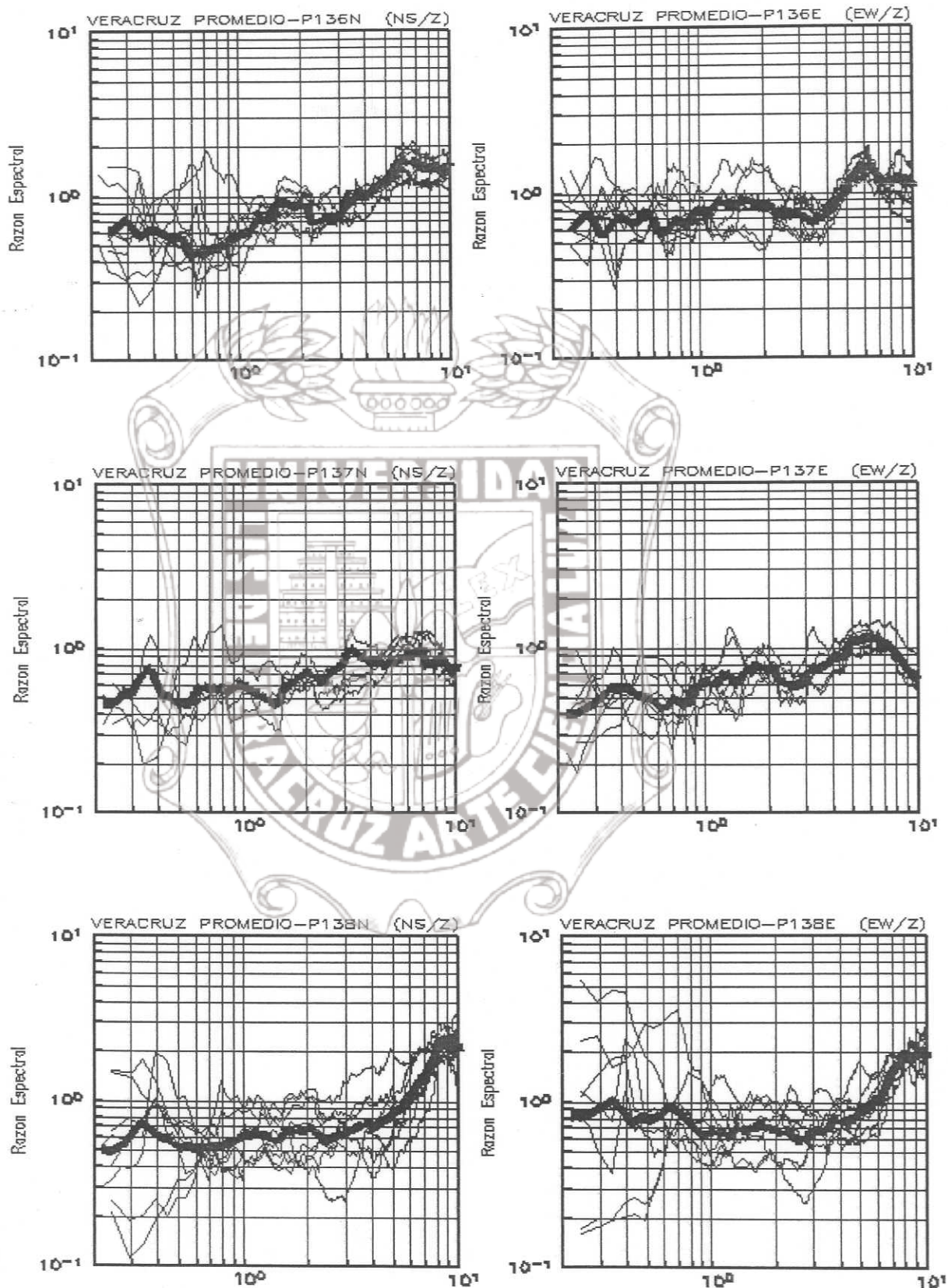


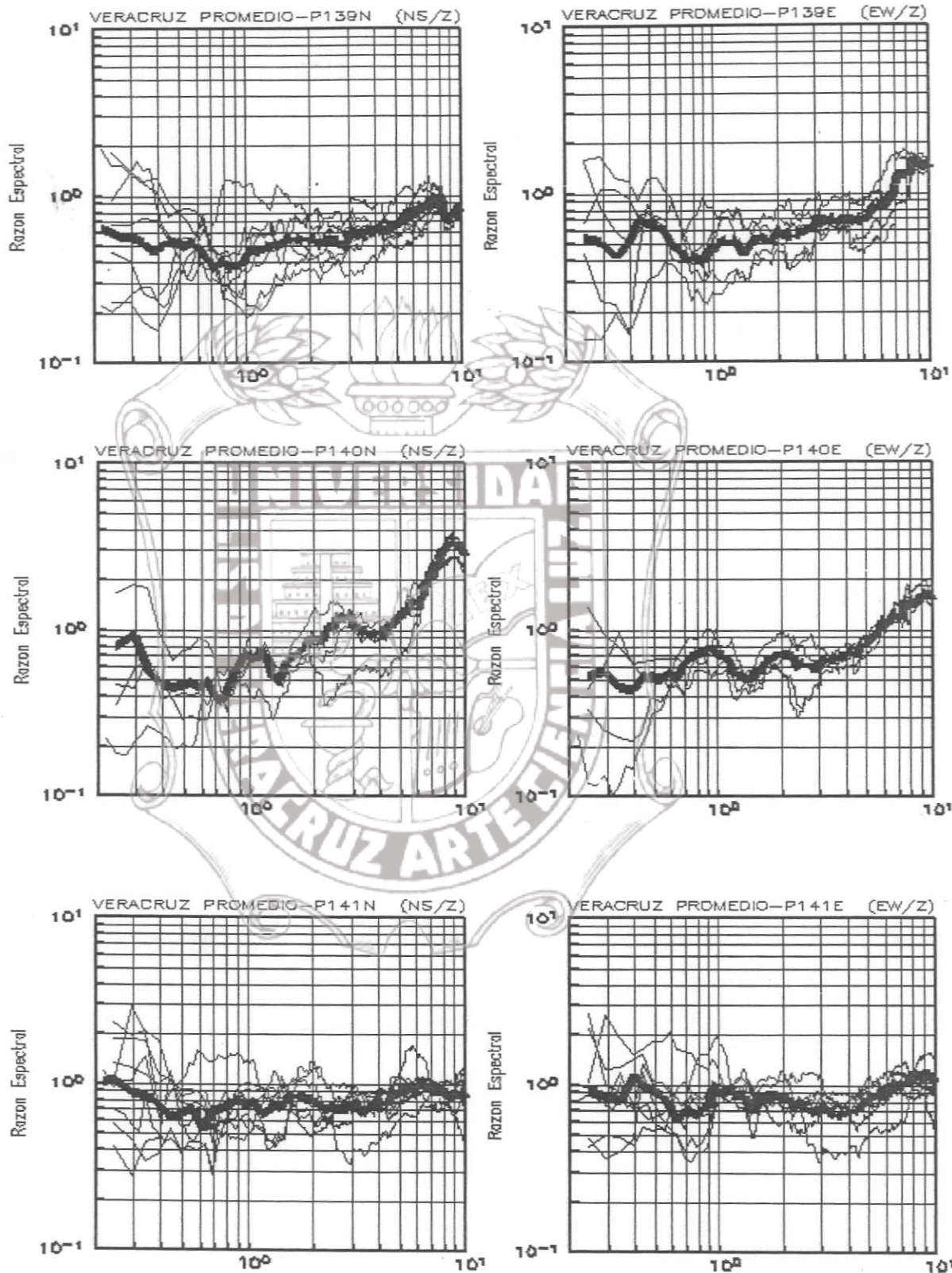


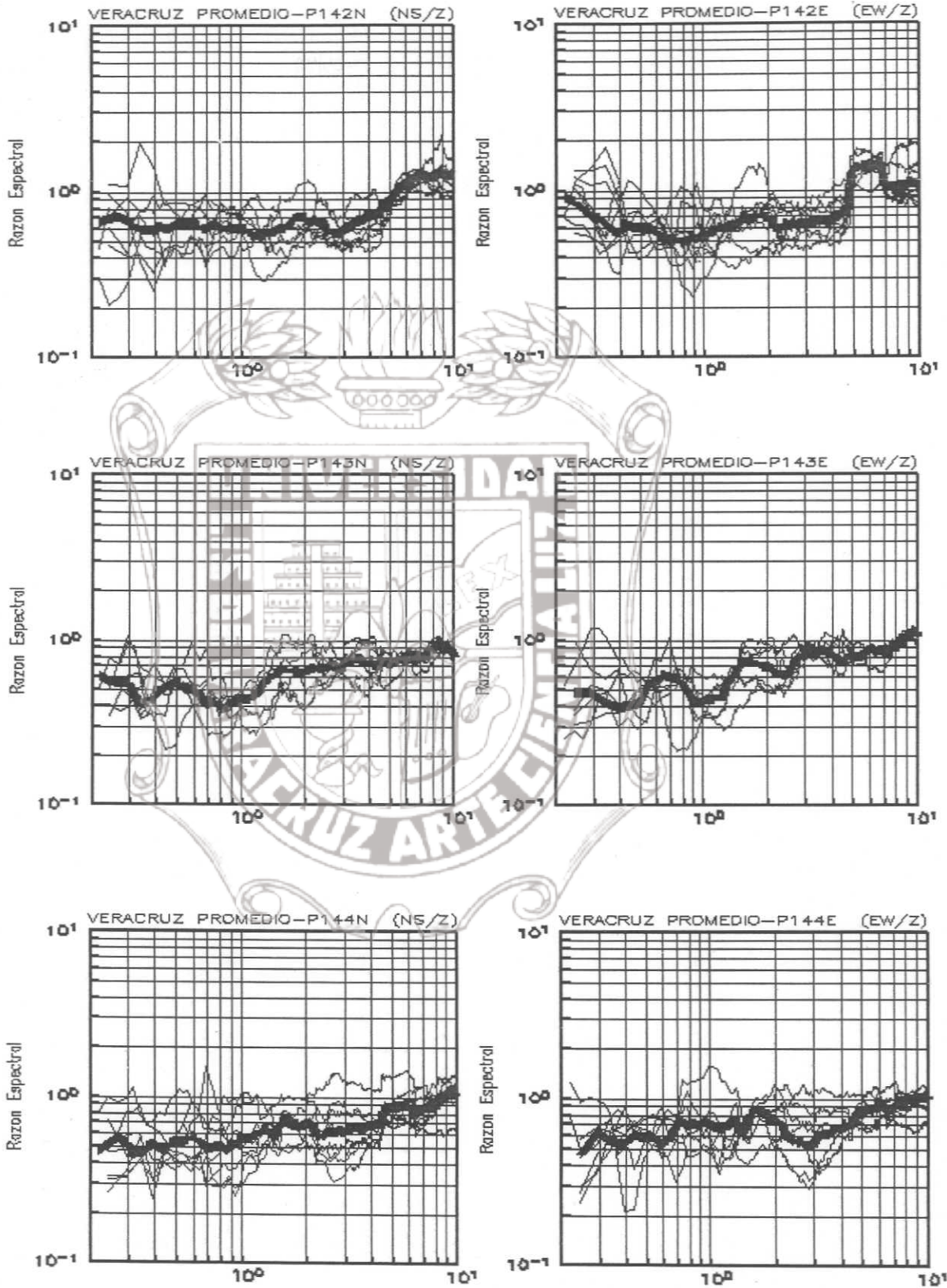


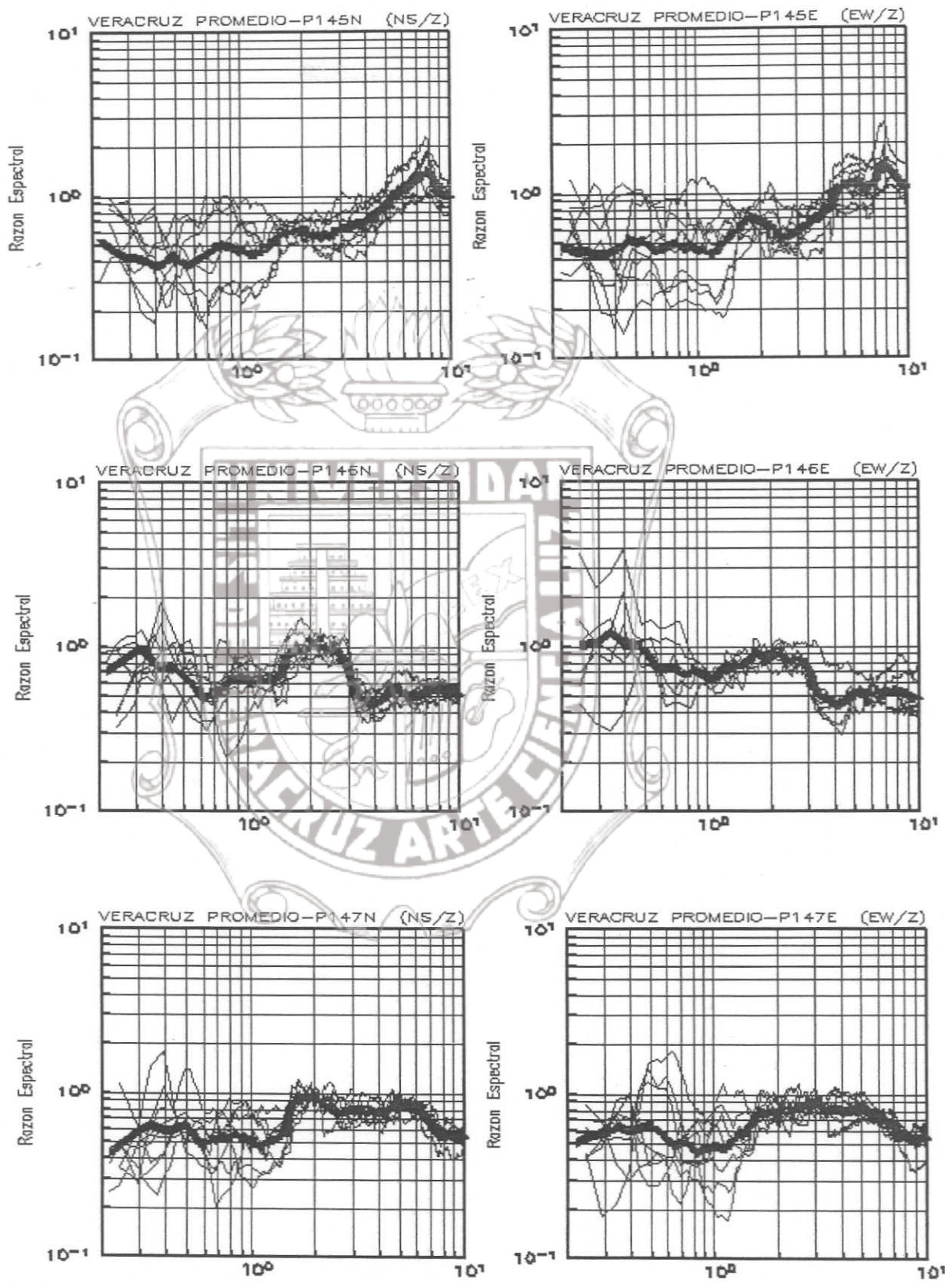


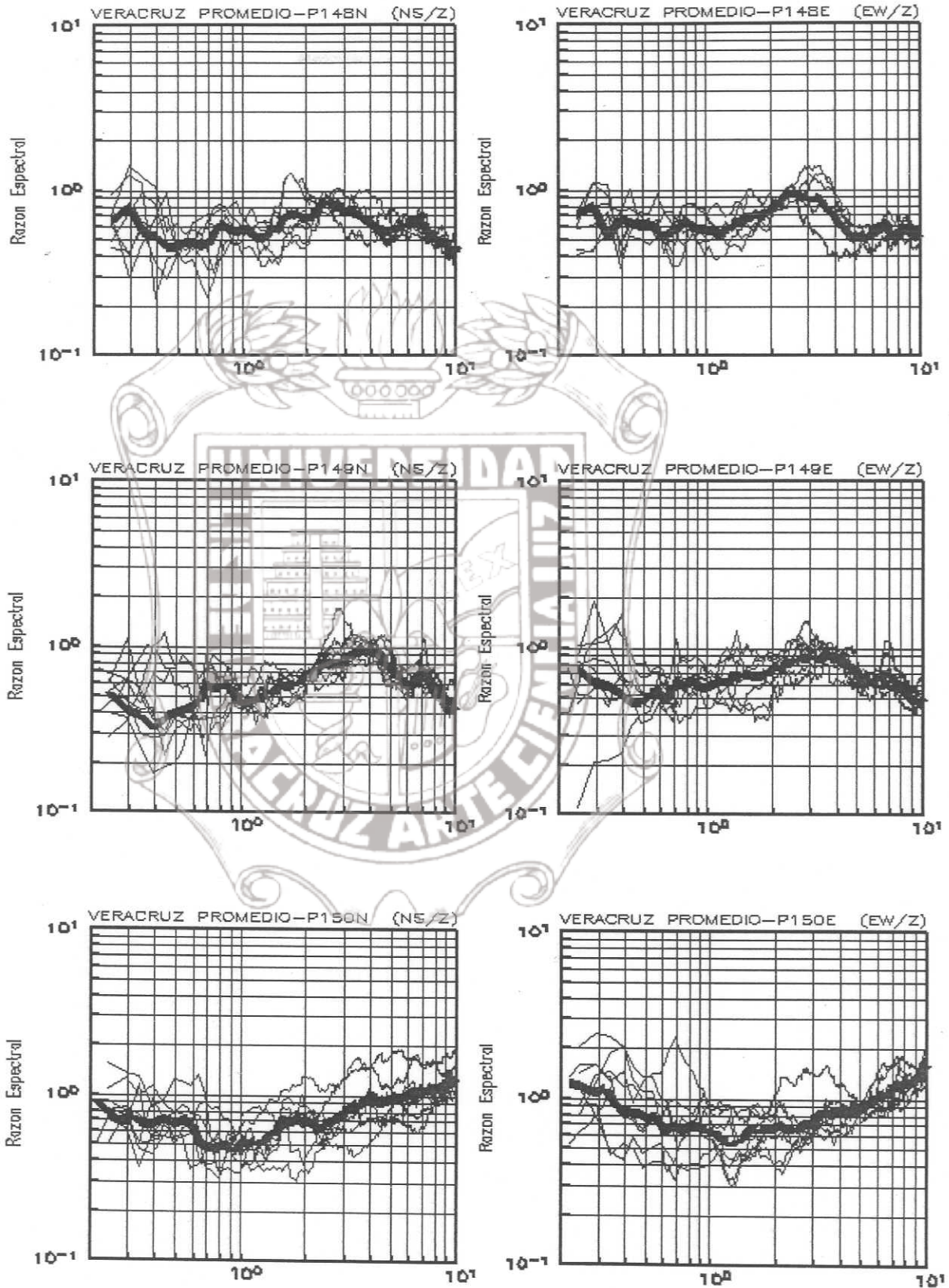


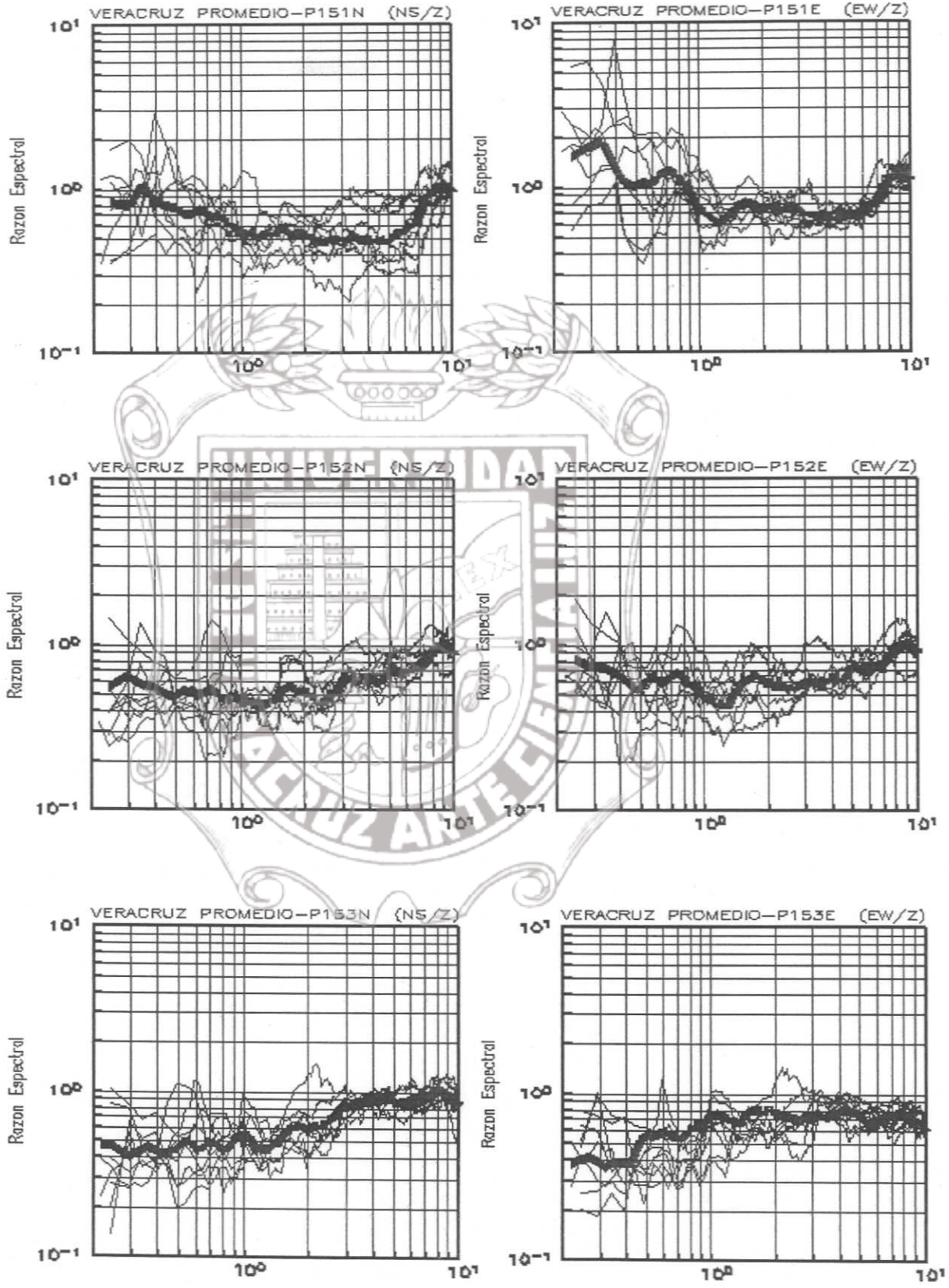


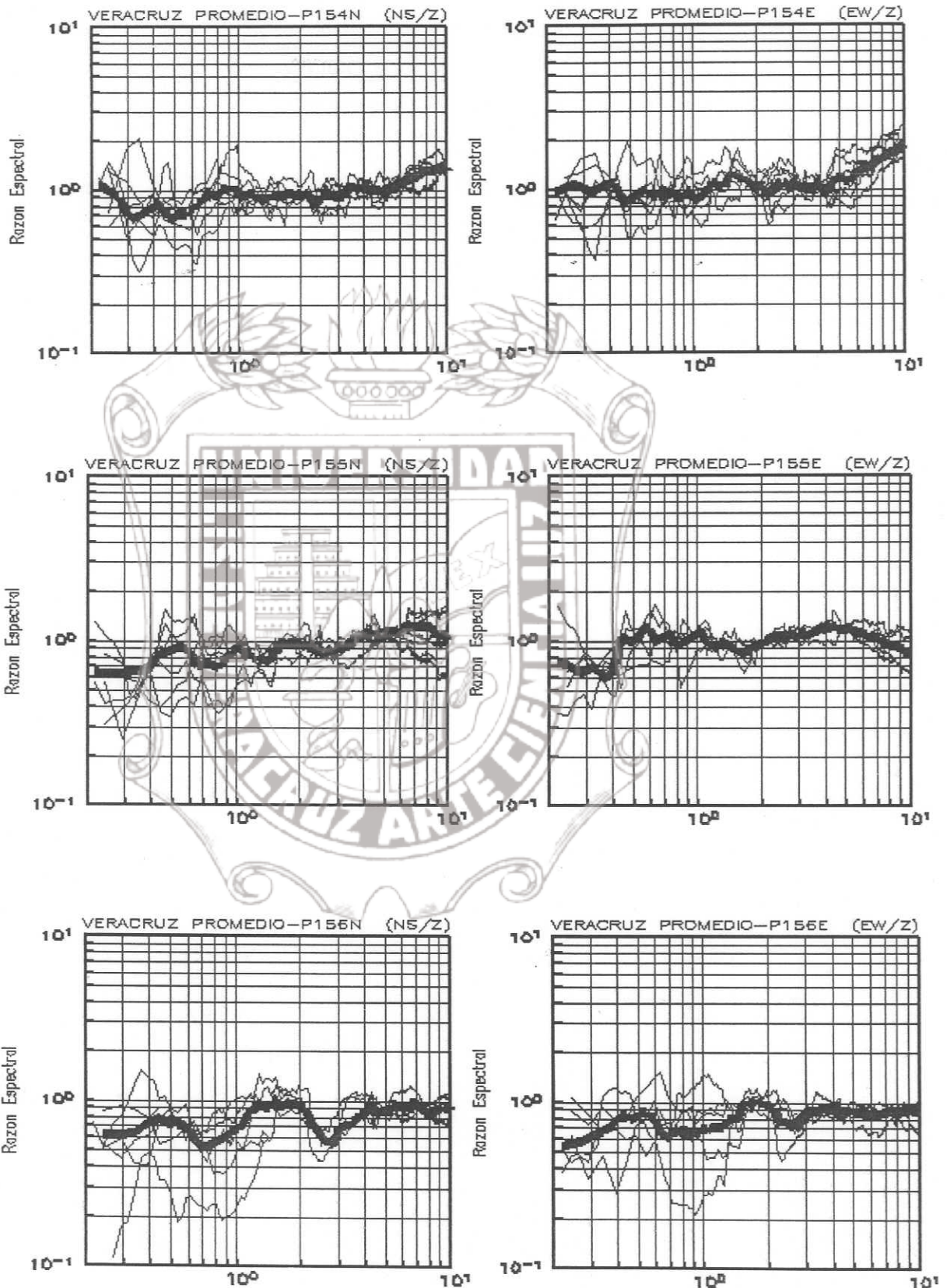


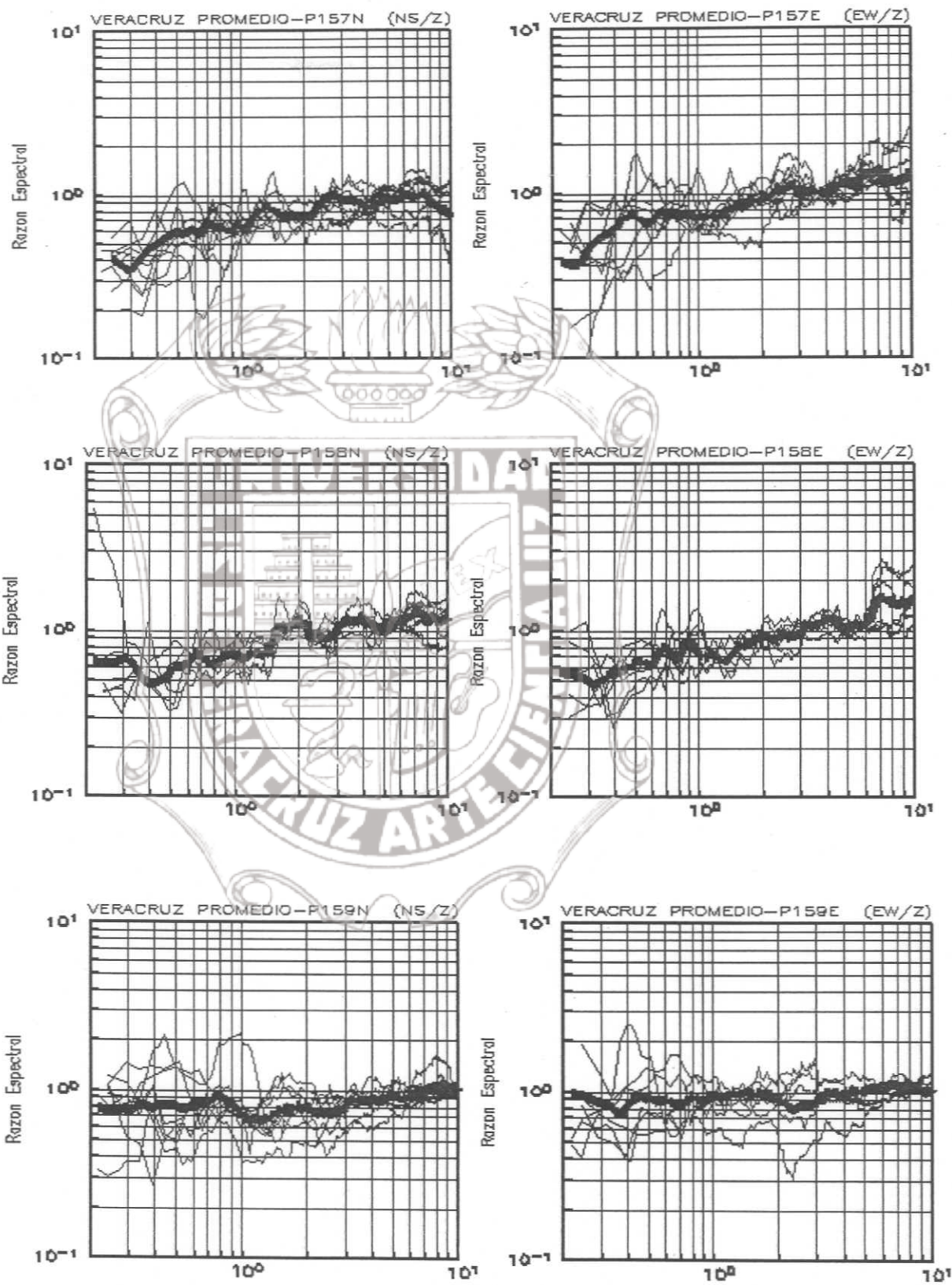


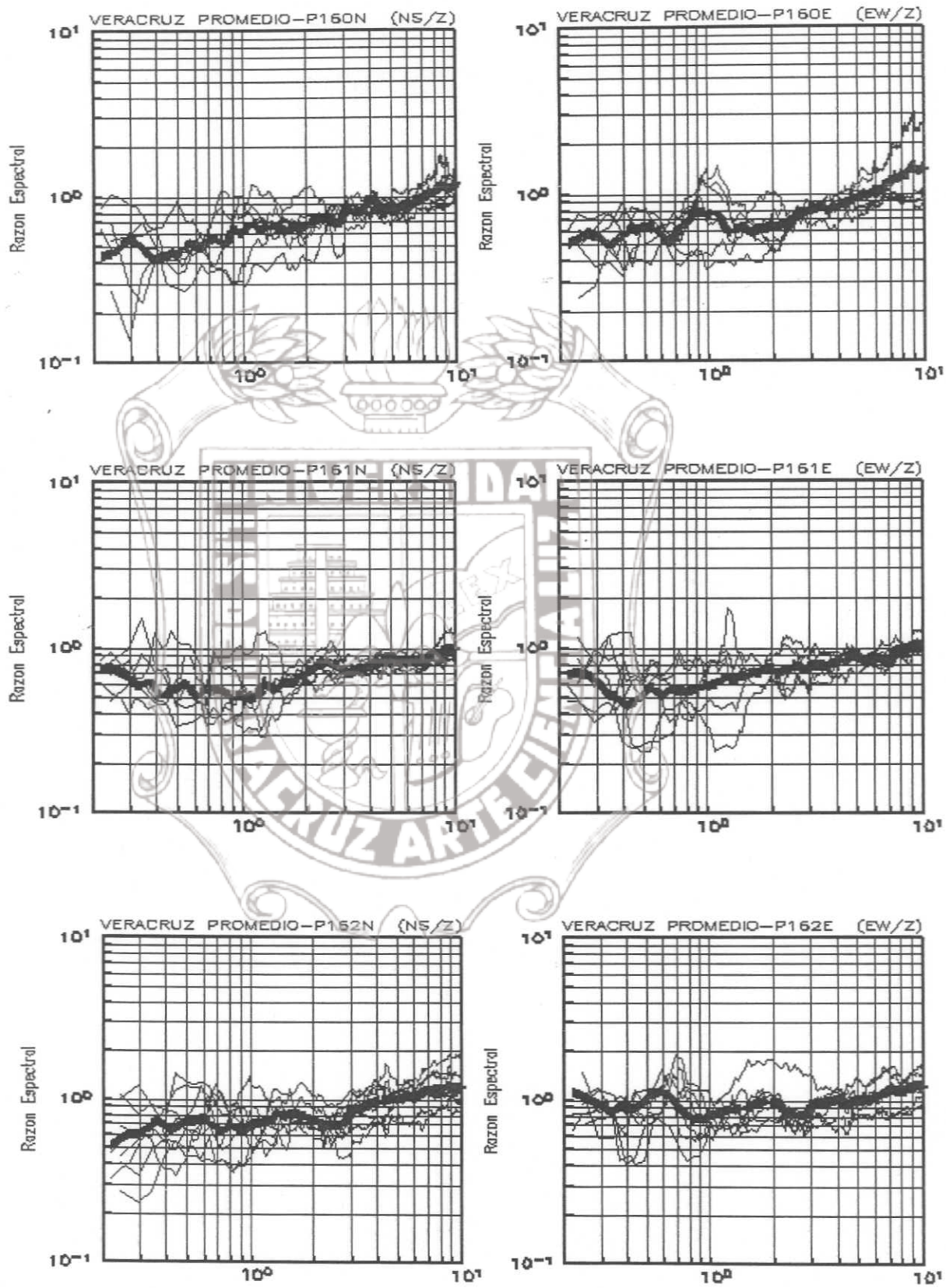


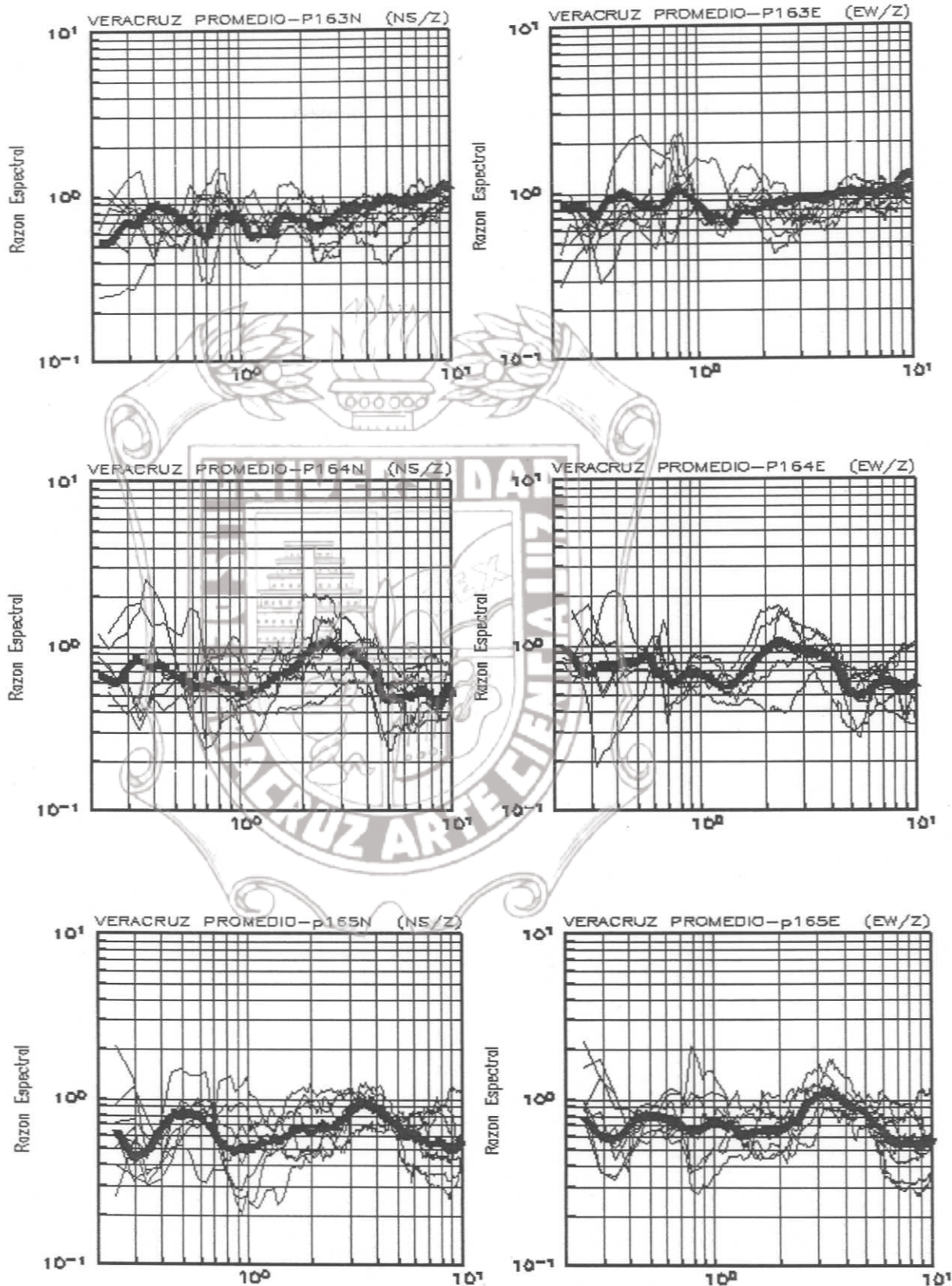


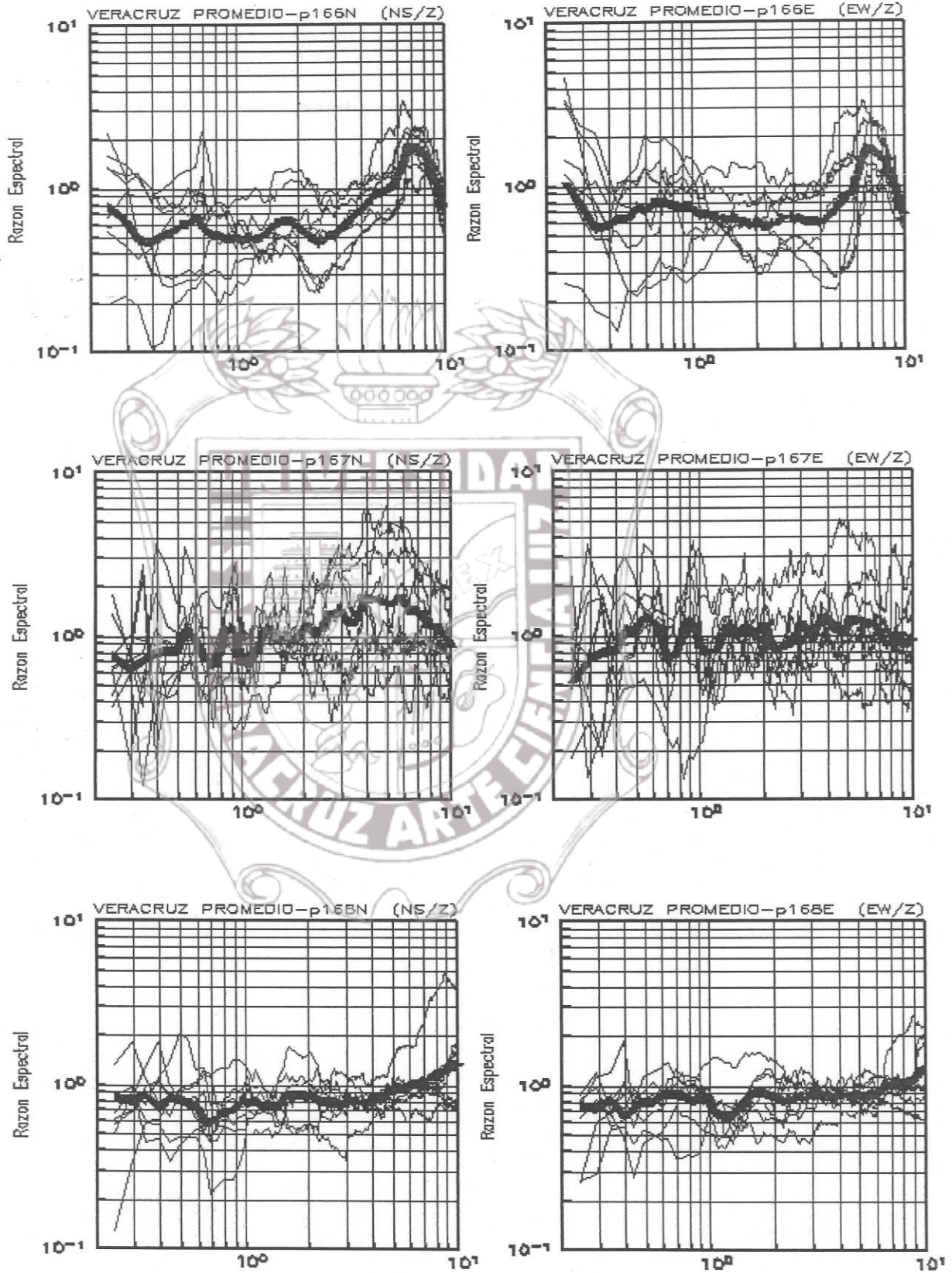


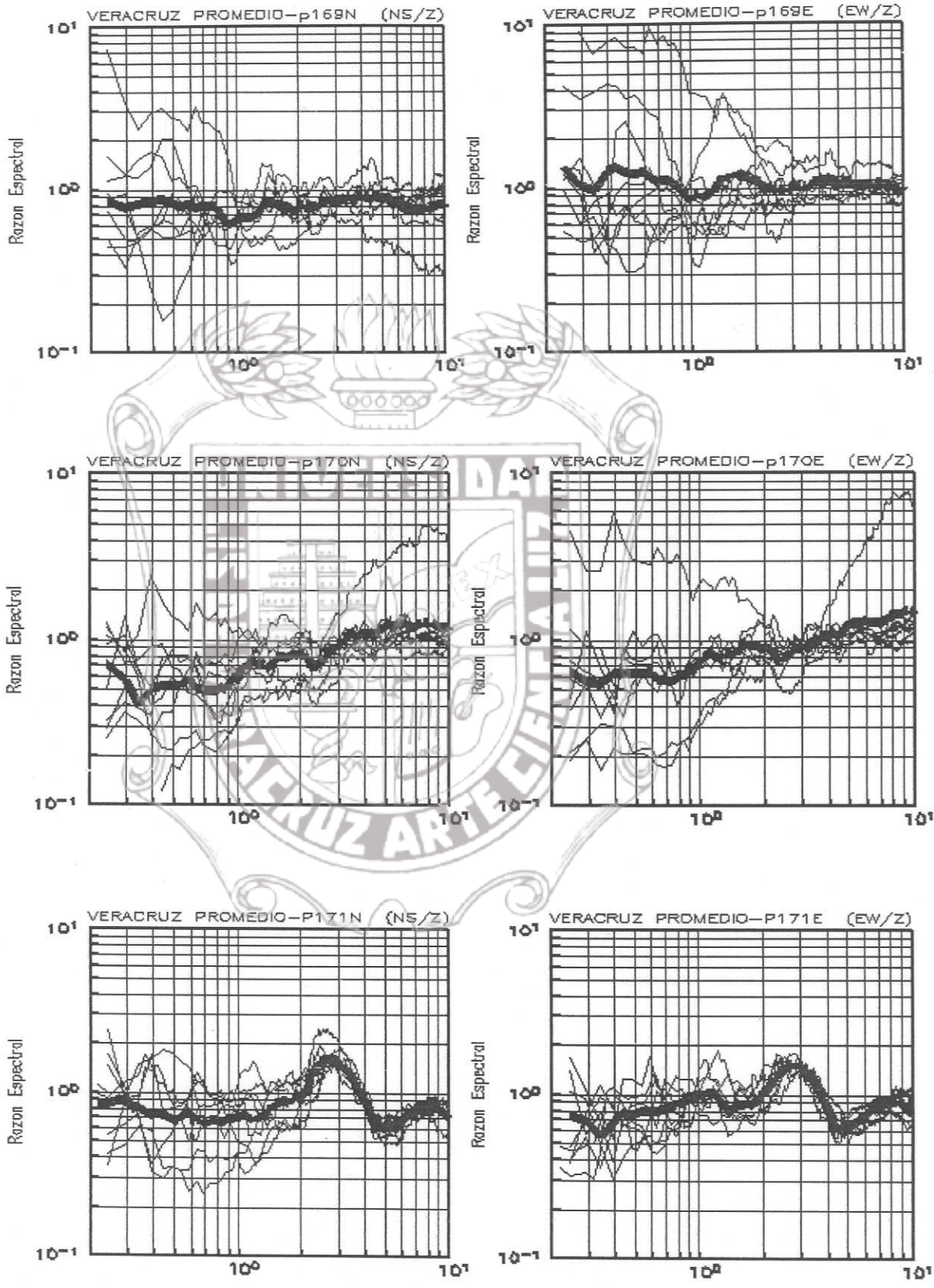


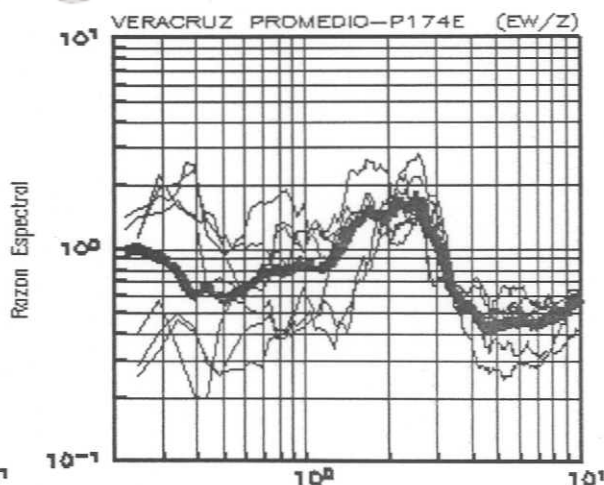
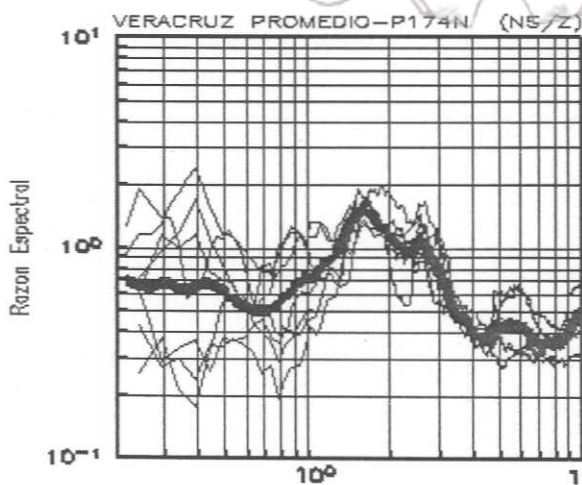
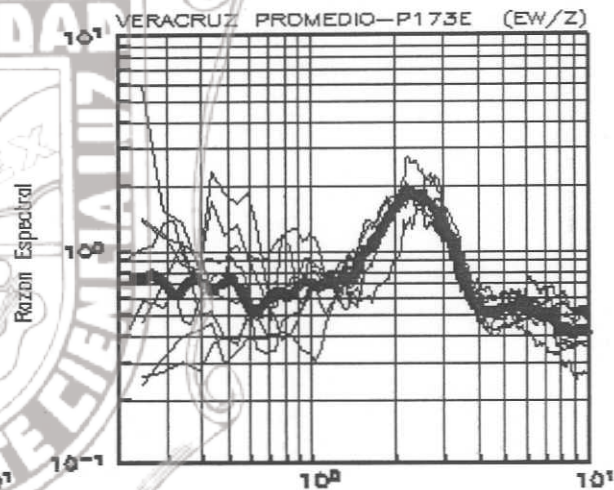
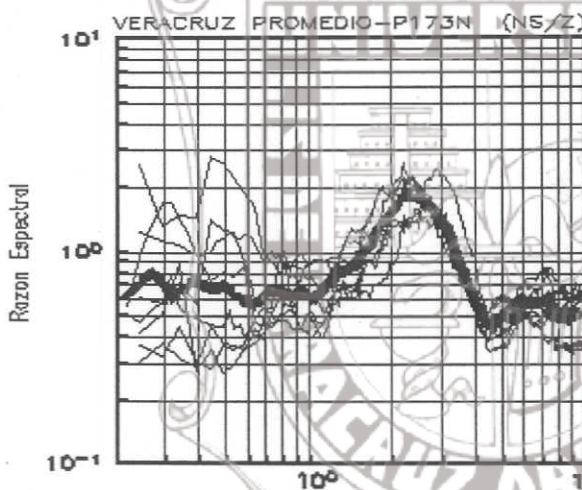
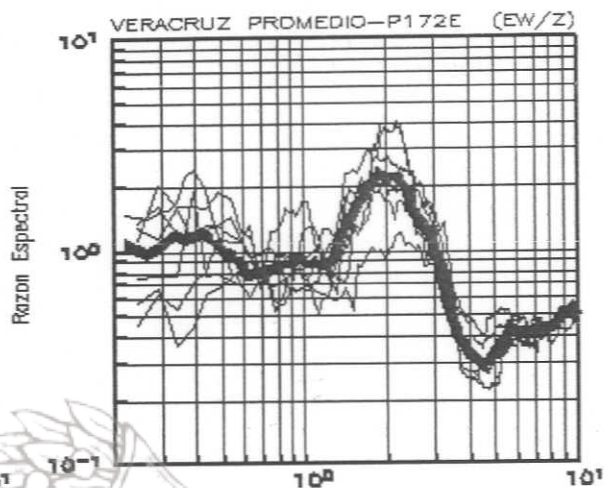
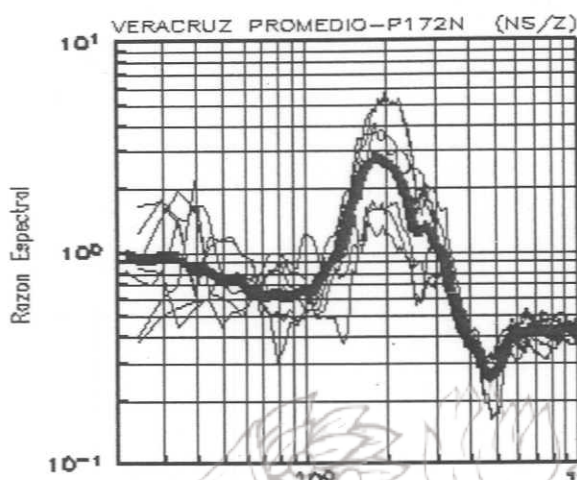


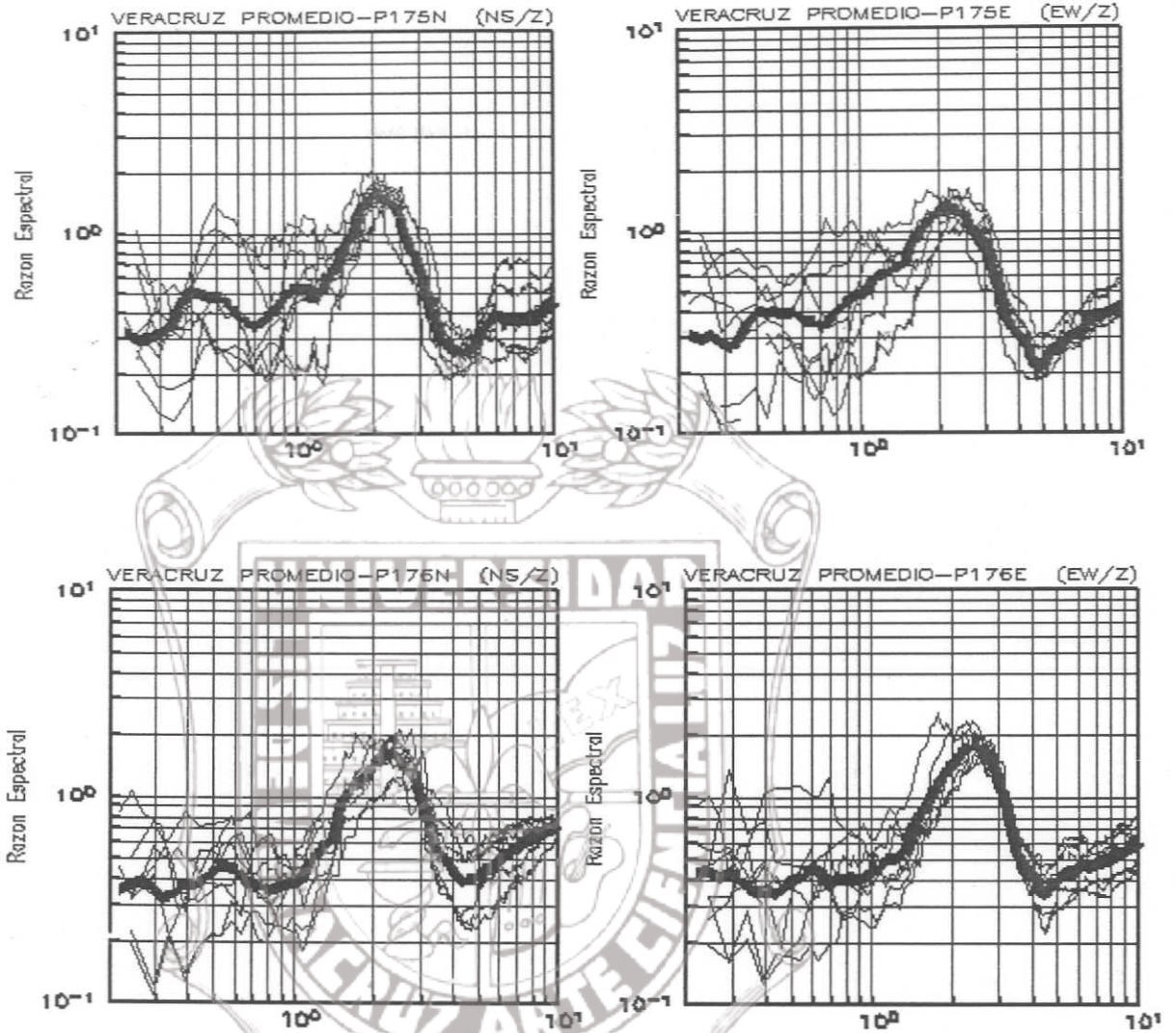














APENDICE II

SISMOS REGISTRADOS

CATALOGO DE SISMOS REGISTRADOS EN LA ZONA CONURBADA VERACRUZ-BOCA DEL RIO												
Fecha	Hora	Lat	Long	Prof(Km)	Mag	Zona.	ESTACIONES					
							IIVE	CHVE	FWVE	POVE	COVE	ENVE
2001-07-09	08:46:42	19.24	-96.28	25	3.7	COSTA NORTE DE VERACRUZ	X					
2001-08-02	18:19:07	15.45	-94	33	4.5	COSTA DE CHIAPAS	X					
2001-08-06	08:13:15	16.71	-95.22	87	4.5	OAXACA	X					
2001-09-03	22:26:28	16.12	-98.39	6	5.2	COSTA GUERRERO-OAXACA	X					
2001-09-08	02:55:45	16.59	-94.95	100	4.8	ISTMO DE TEHUANTEPEC	X					
2001-09-09	07:05:29	16.46	-93.95	125	4.4	CHIAPAS	X					
2001-09-11	04:13:36	15.15	-92.35	90	4.9	COSTA DE CHIAPAS	X					
2001-09-15	03:02:28	16.39	-94.49	73	4.6	ISTMO DE TEHUANTEPEC	X					
2001-10-07	21:39:20	17.01	-100.1	16	6.1	GUERRERO	X					
2001-10-09	12:48:21	18.17	-95.26	58	4.7	SUR DE VERACRUZ	X					
2001-11-10	11:09:15	15.84	98.35	18	6	COSTA DE OAXACA	X					
2001-11-28	08:32:36	15.39	-93.53	70	6	COSTA DE CHIAPAS	X					
2002-01-16	17:09:56	15.58	93.6	36	6.3	COSTA DE CHIAPAS		X				
2002-01-30	02:42:03	18.21	-96.02	115	5.1	VERACRUZ-OAXACA		X	X			
2002-06-30	15:14:39	19.26	96.17	32	3.9	COSTA NORTE DE VERACRUZ		X		X		
2002-12-29	01:31:46	17.6	-95.19	131	4.7	VERACRUZ-OAXACA		X				X
2003-01-21	20:06:31	18.22	104.6	10	7.6	COSTA DE COLIMA		X	X			
2003-05-24	11:16:32	19.11	95.87	26	4.1	COSTA DE VERACRUZ	X		X			X

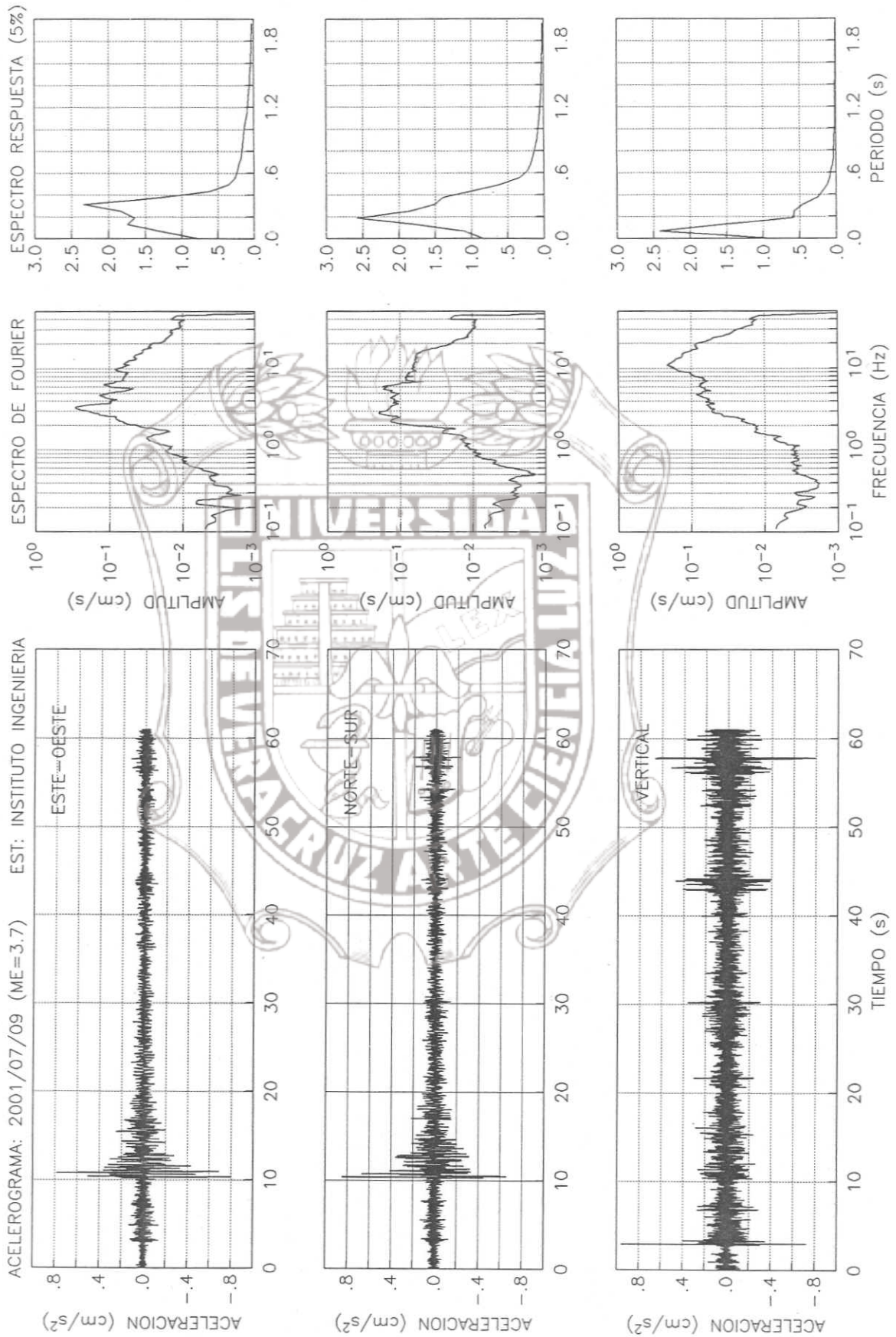
Estaciones:

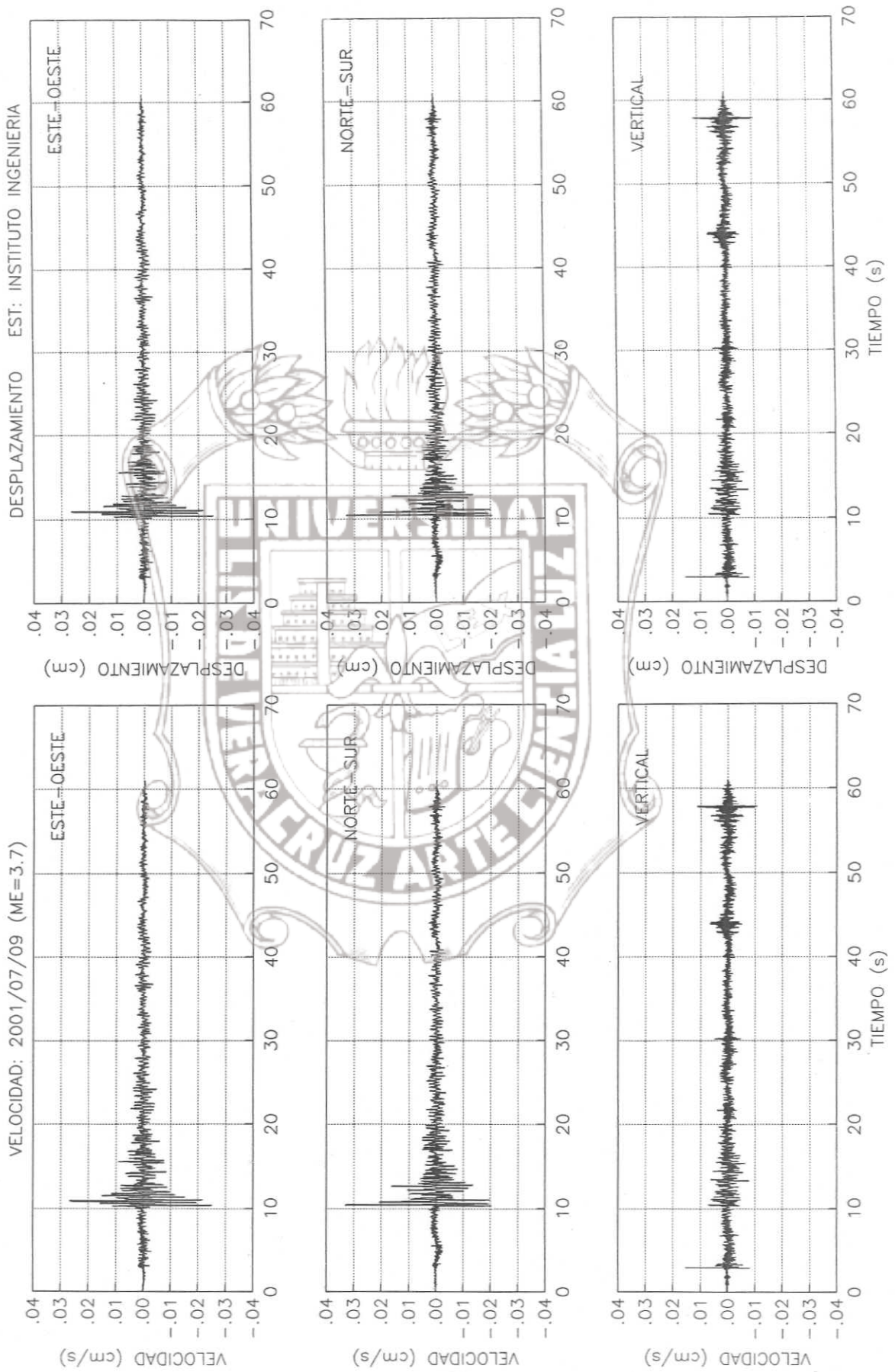
ESTACION	LOCALIZACION	COORDENADAS (UTM)	
IIVE:	Instituto de Ingeniería Campus Mocambo de la U.V., Boca del Rio, Ver.	14Q0803726.3	2121677.73
CHVE:	Calle F. Canal No. 582 en Veracruz, Ver	14Q0801314.3	2124914.13
FWVE:	Calle de las Rosas No. 250, U. H. Ruiz Cortines, Veracruz, Ver.	14Q0797730.5	2125902.33
POVE:	Rancho La Posta de la U.V. Carretera Ver-Jalapa	14Q0793064.9	2122215.93
COVE:	Unidad Habitacional El Coyol, Veracruz, Ver.	14Q0798337.1	2121285.33
ENVE:	Escuela Naval de Anton Lizardo, Ver.	15Q0187127.0	2108405.00

Fecha:	09/07/2001	Latitud:	19.24	Profundidad (Km):	25
Hora(Local):	08:46:42	Longitud:	96.28	Magnitud (Me):	3.7

UBICACIÓN:	Costa Norte del Estado de Veracruz	Estación:	IIVE
------------	------------------------------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	VERTICAL (Gales)
0.799	0.960
N-S (Gales)	
0.849	

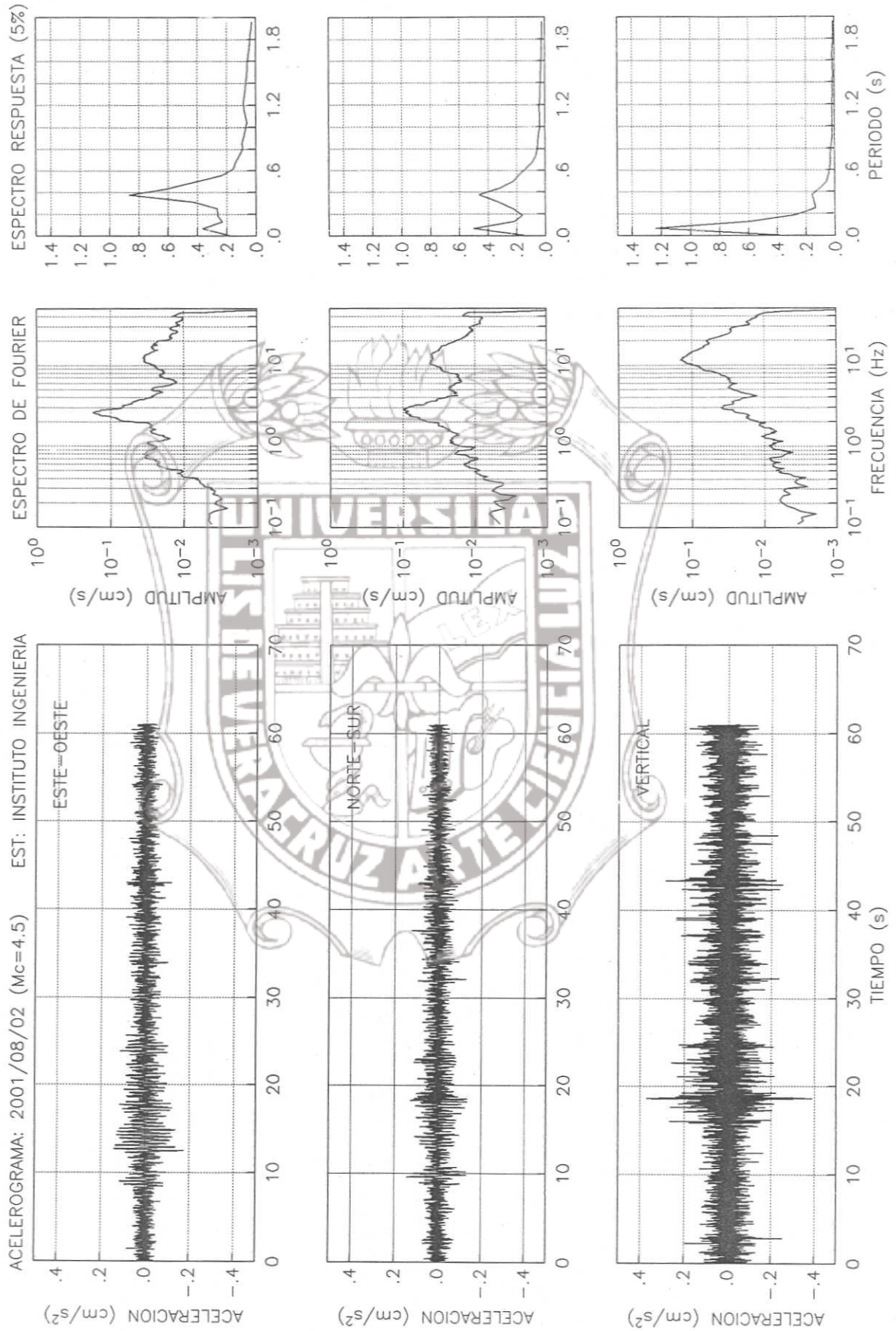


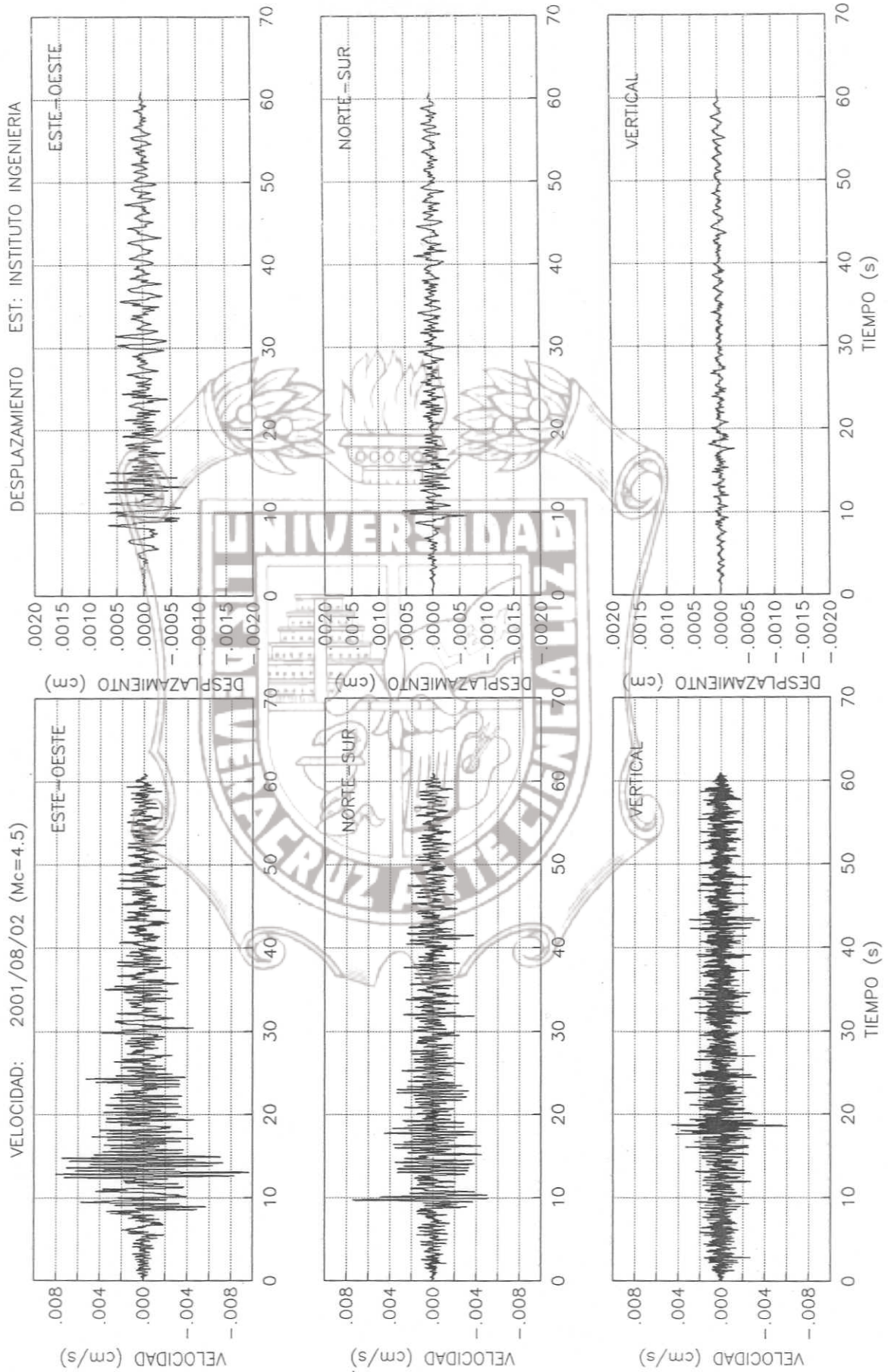


Fecha:	02/08/2001	Latitud:	15.45	Profundidad (Km):	33
Hora(Local):	18:19:07	Longitud:	94	Magnitud (Me):	4.5

UBICACIÓN:	Costa de Chiapas	Estación:	IIVE
------------	------------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	N-S (Gales)
0.175	0.143
VERTICAL (Gales)	
0.388	

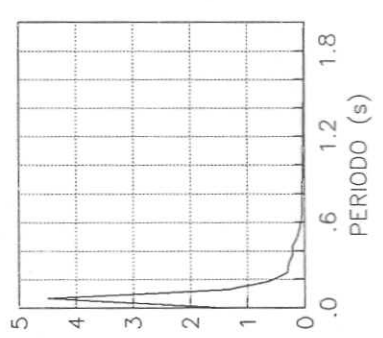
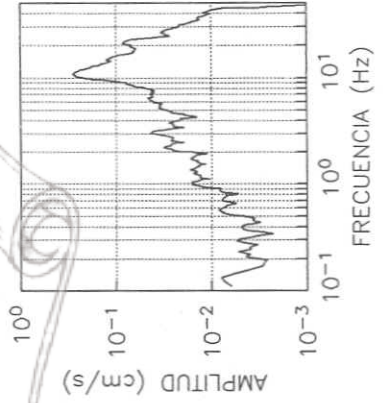
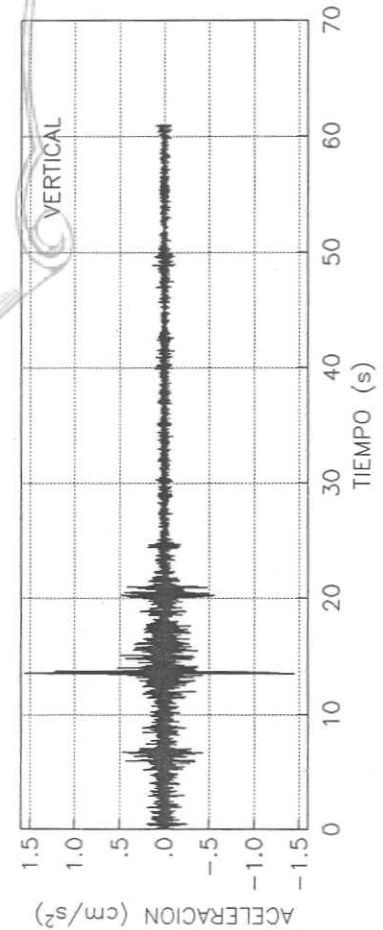
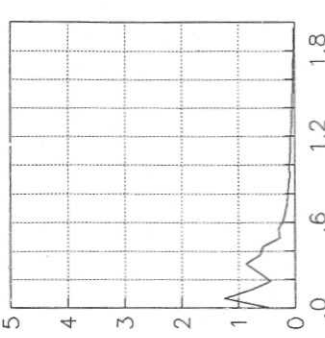
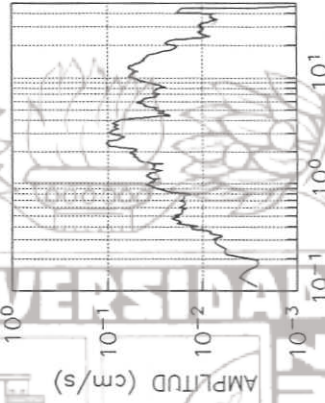
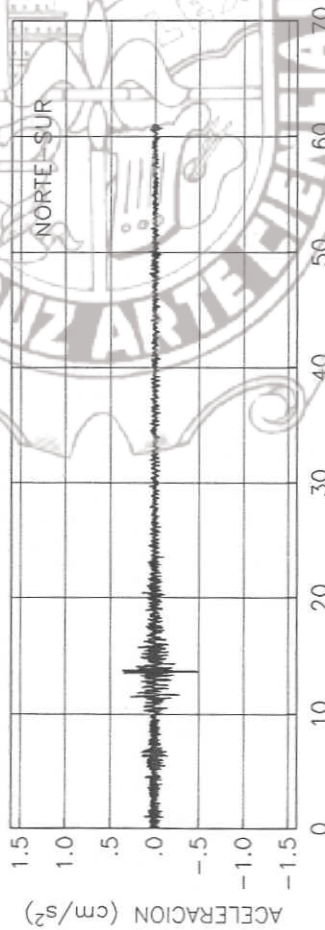
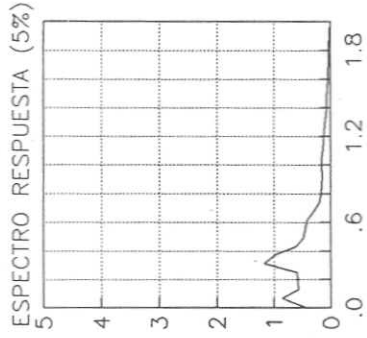
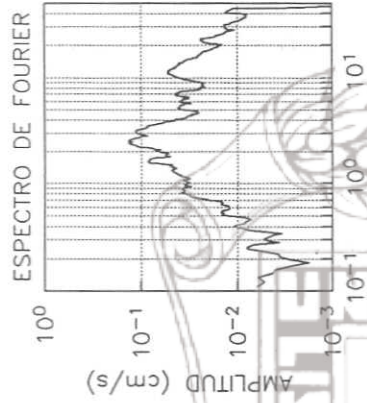
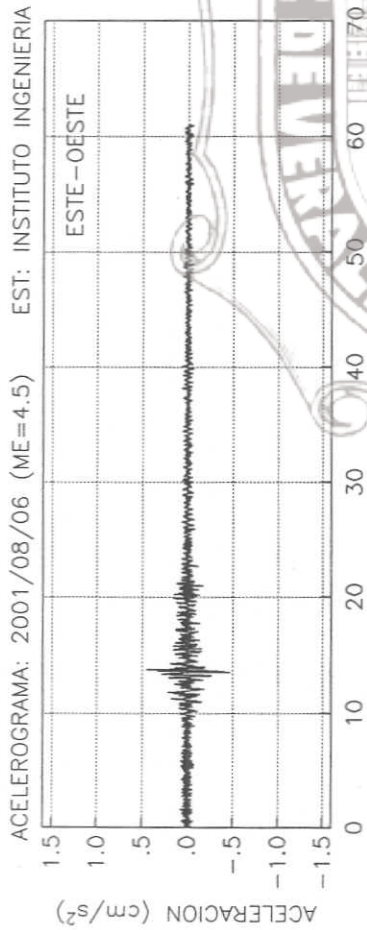


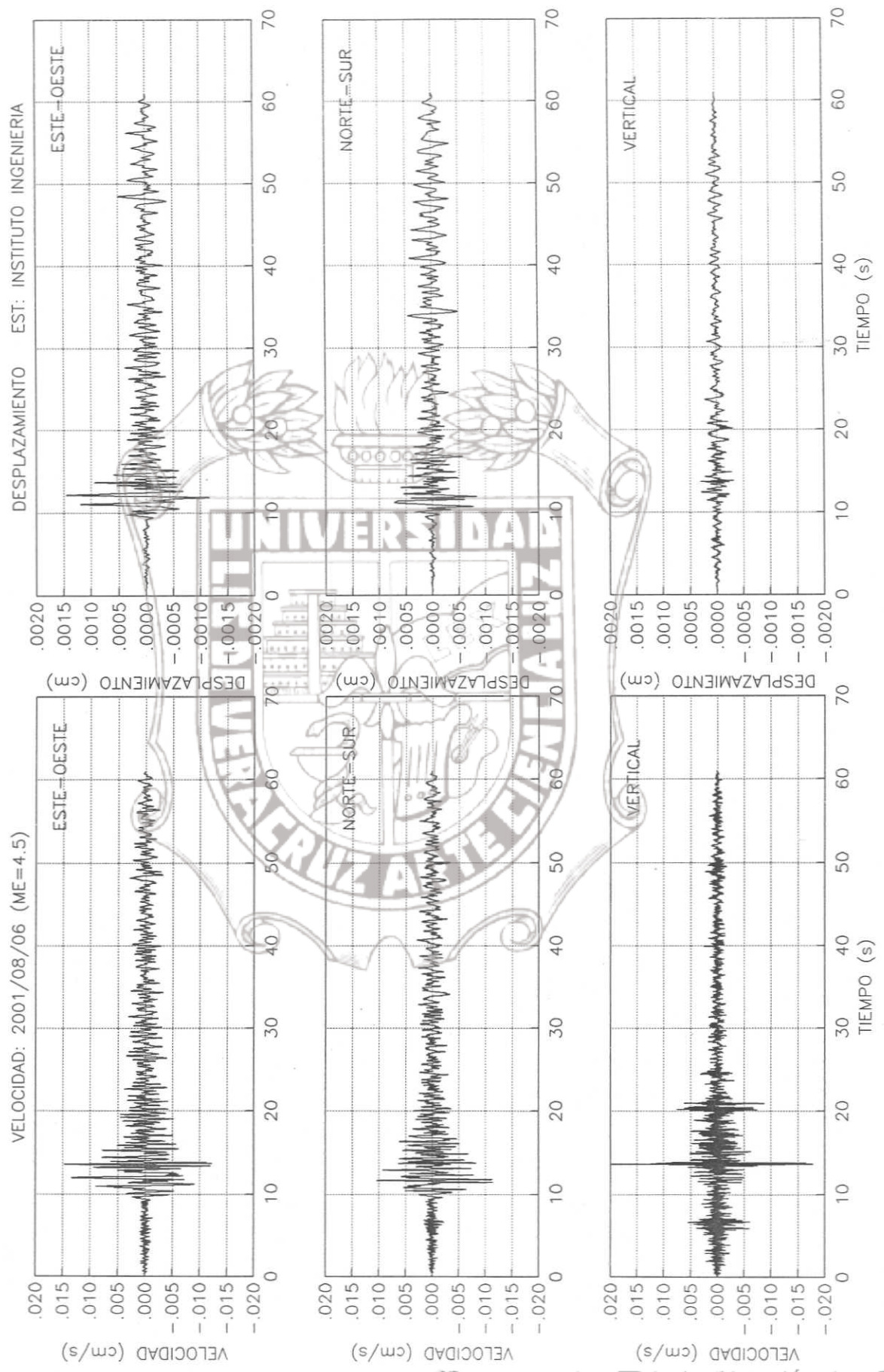


Fecha:	06/08/2001	Latitud:	16.71	Profundidad (Km):	87
Hora(Local):	08:13:15	Longitud:	95.22	Magnitud (Me):	4.5

UBICACIÓN:	Oaxaca	Estación:	IIVE
------------	--------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS		
E-W (Gales)	N-S (Gales)	VERTICAL (Gales)
0.466	0.489	1.560

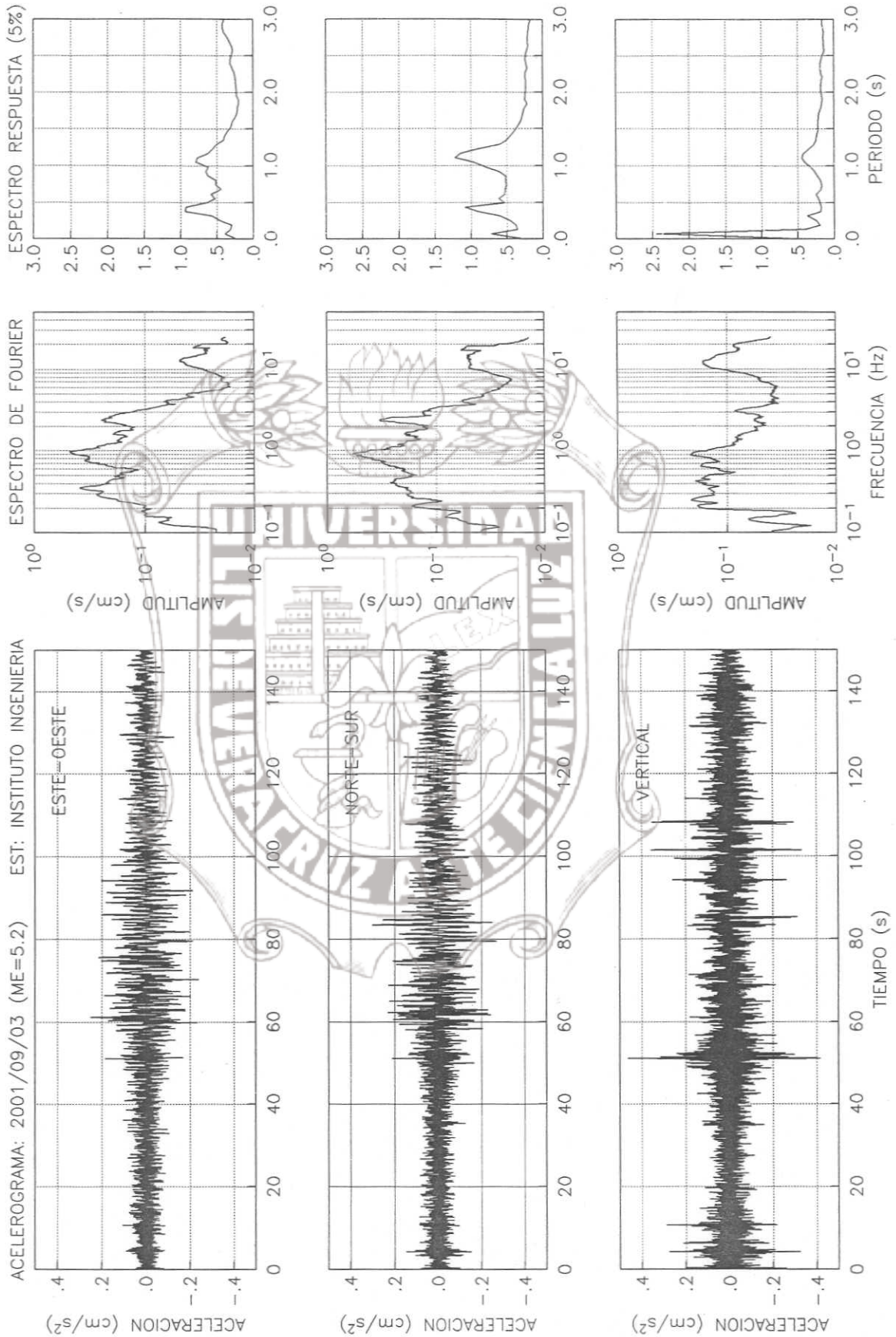


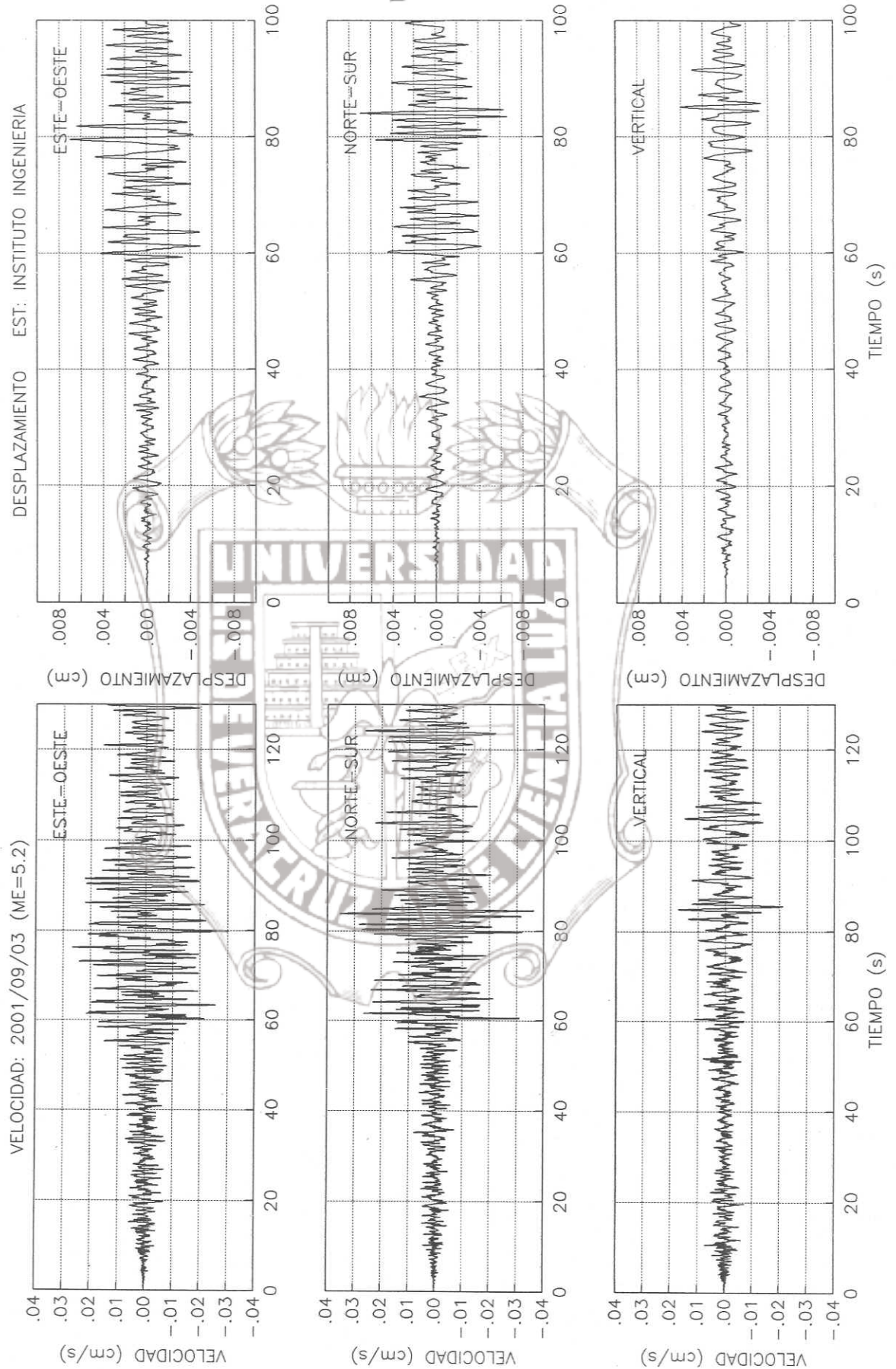


Fecha:	03/09/2001	Latitud:	16.12	Profundidad (Km):	6
Hora(Local):	22:26:28	Longitud:	98.39	Magnitud (Me):	5.2

UBICACIÓN:	Costa Guerrero-Oaxaca	Estación:	IIVE
------------	-----------------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	VERTICAL (Gales)
0.250	0.598

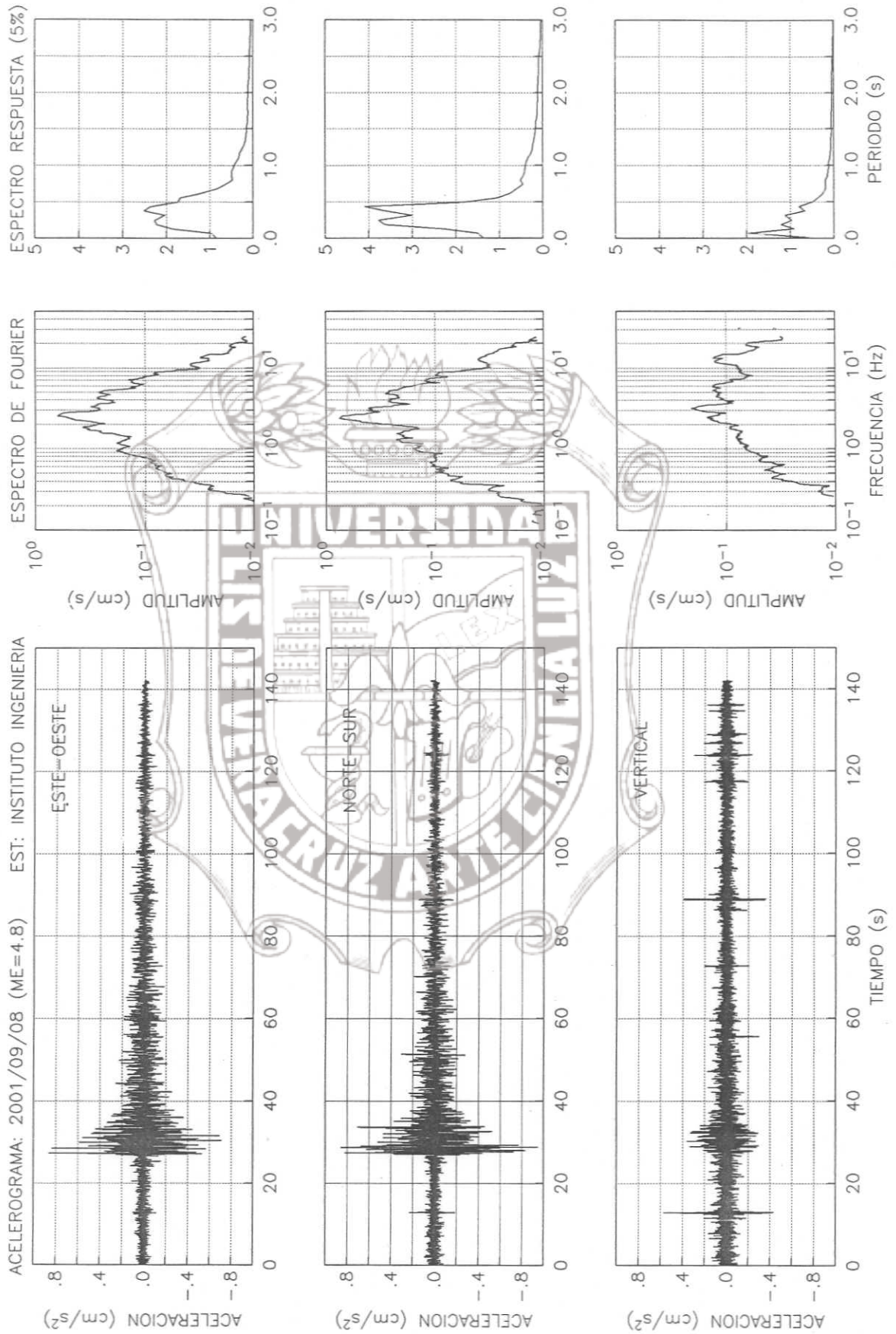


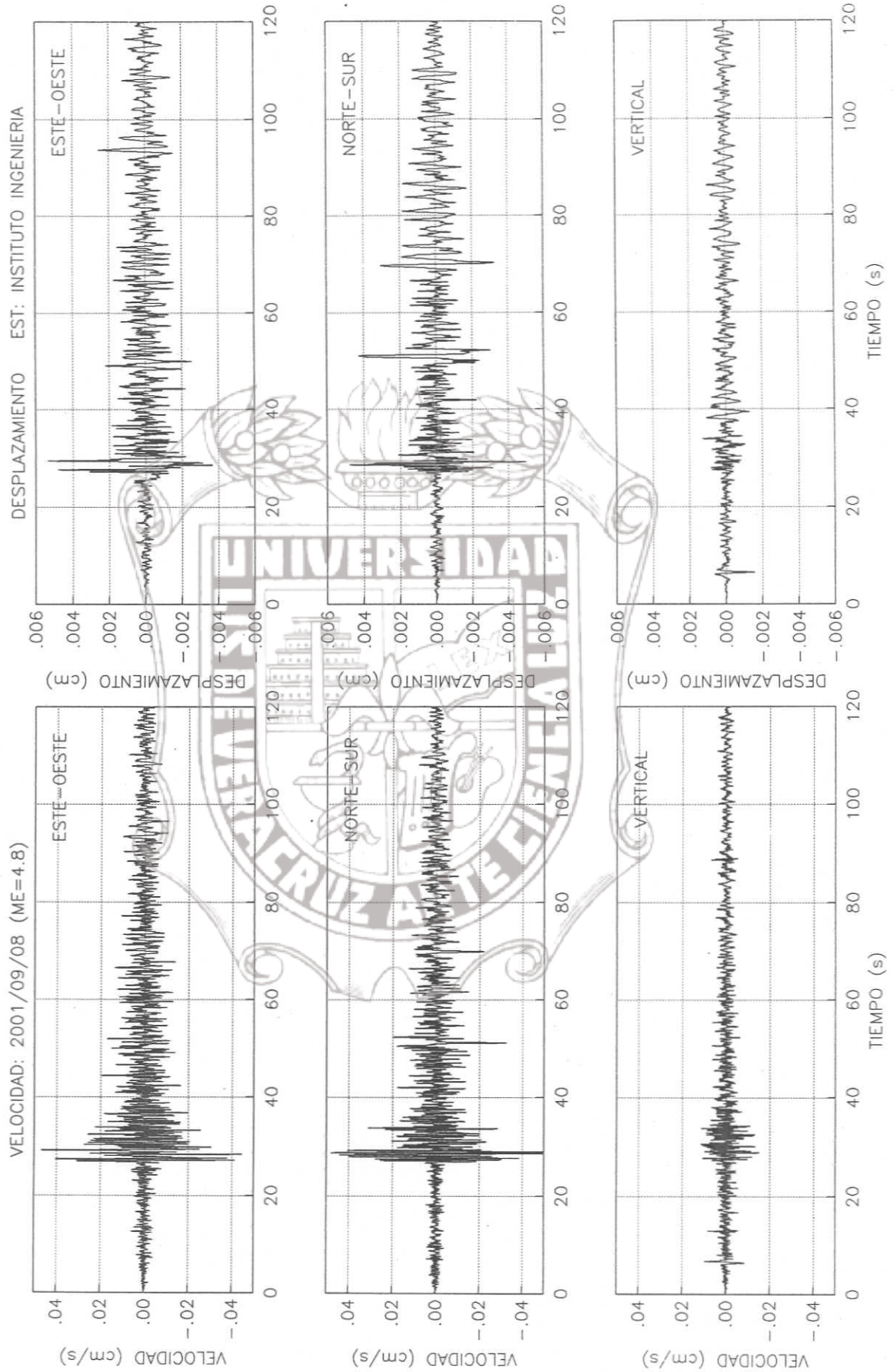


Fecha:	08/09/2001	Latitud:	16.59	Profundidad (Km):	100
Hora(Local):	02:55:45	Longitud:	94.95	Magnitud (Me):	4.8

UBICACIÓN:	Istmo de Tehuantepec	Estación:	IIVE
------------	----------------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	N-S (Gales)
0.862	1.369
	VERTICAL (Gales)
	0.573

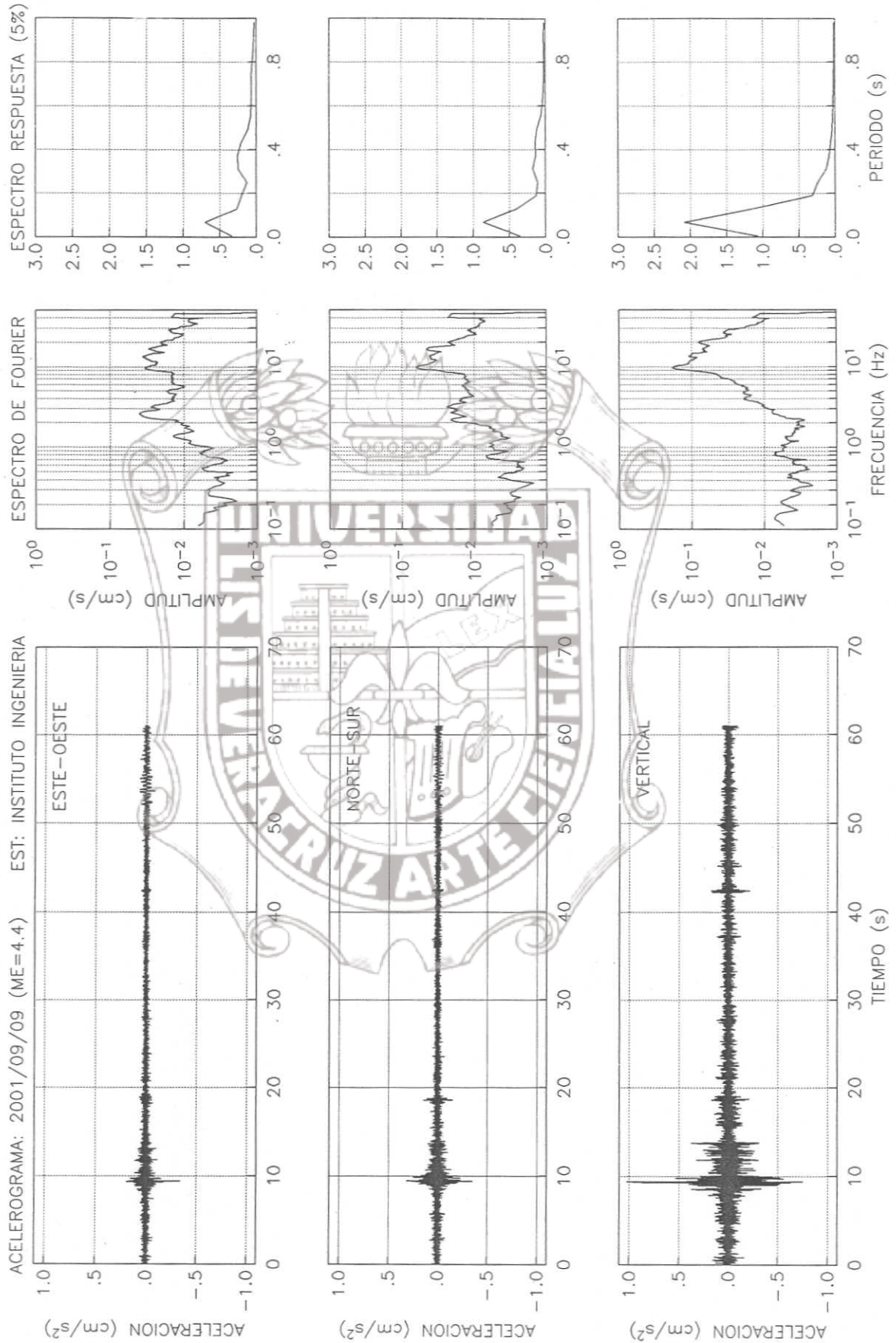


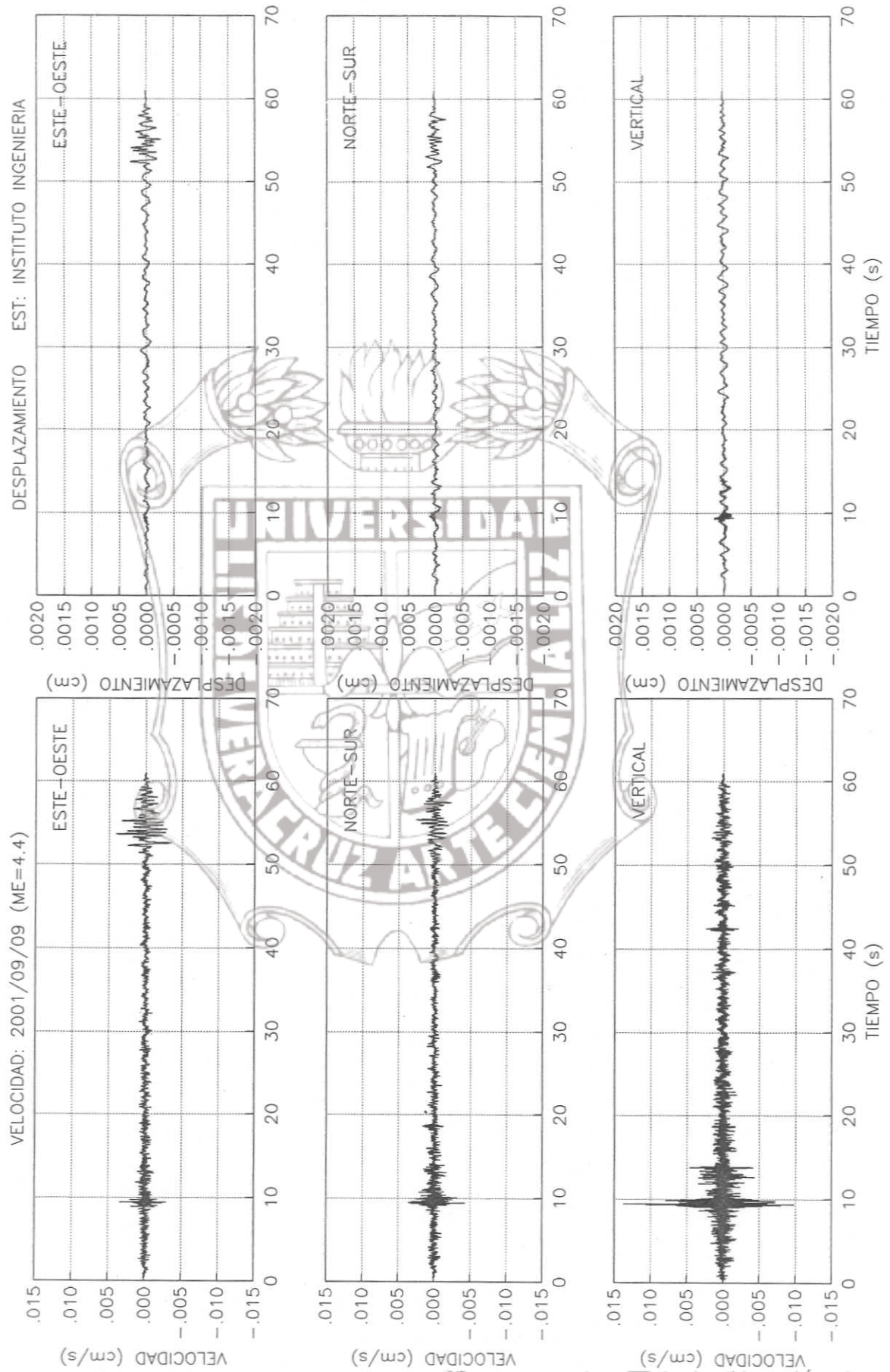


Fecha:	09/09/2001	Latitud:	16.46	Profundidad (Km):	125
Hora(Local):	07:05:29	Longitud:	93.95	Magnitud (Me):	4.4

UBICACIÓN:	Chiapas	Estación:	IIVE
------------	---------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	VERTICAL (Gales)
0.336	1.030
N-S (Gales)	
0.353	

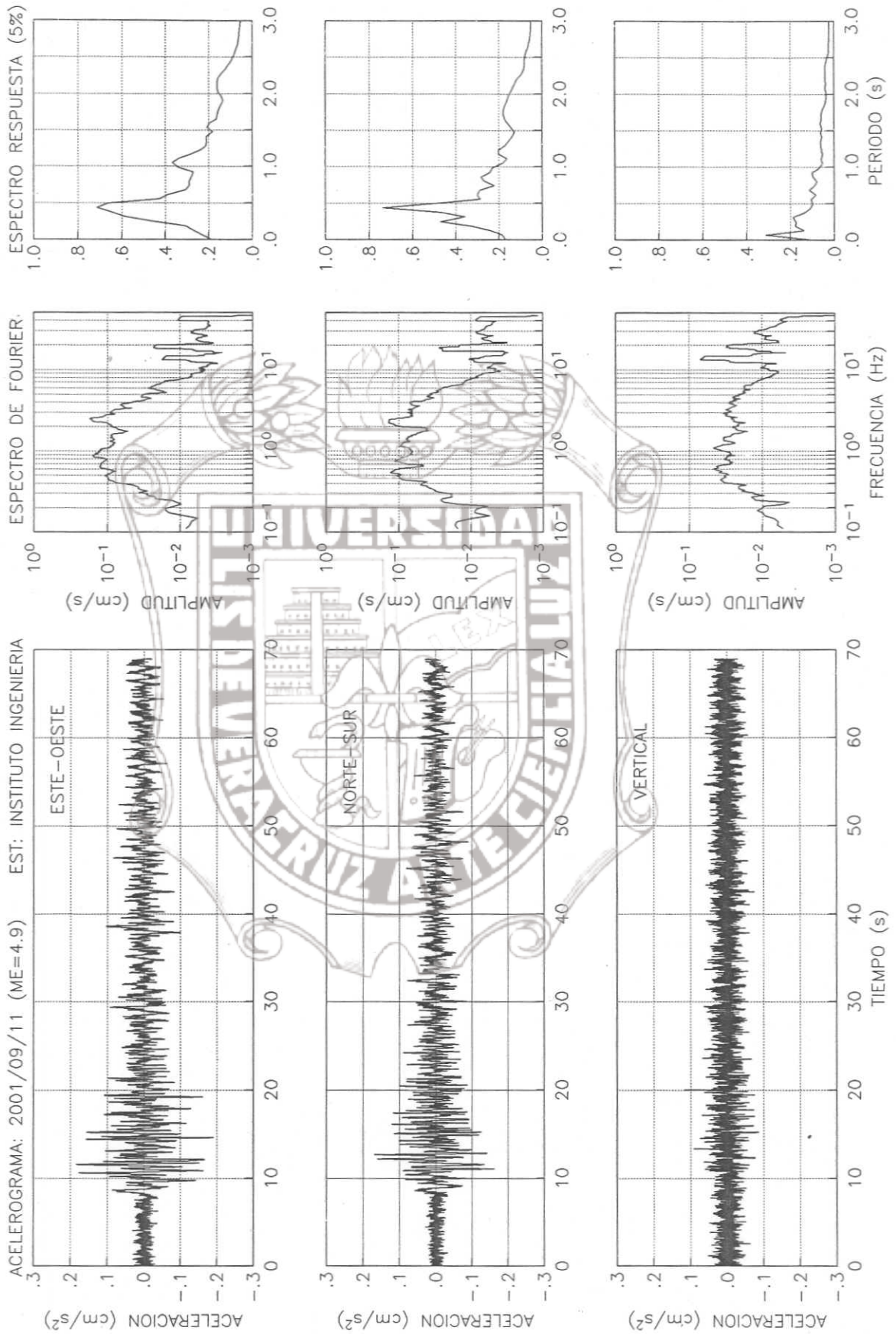


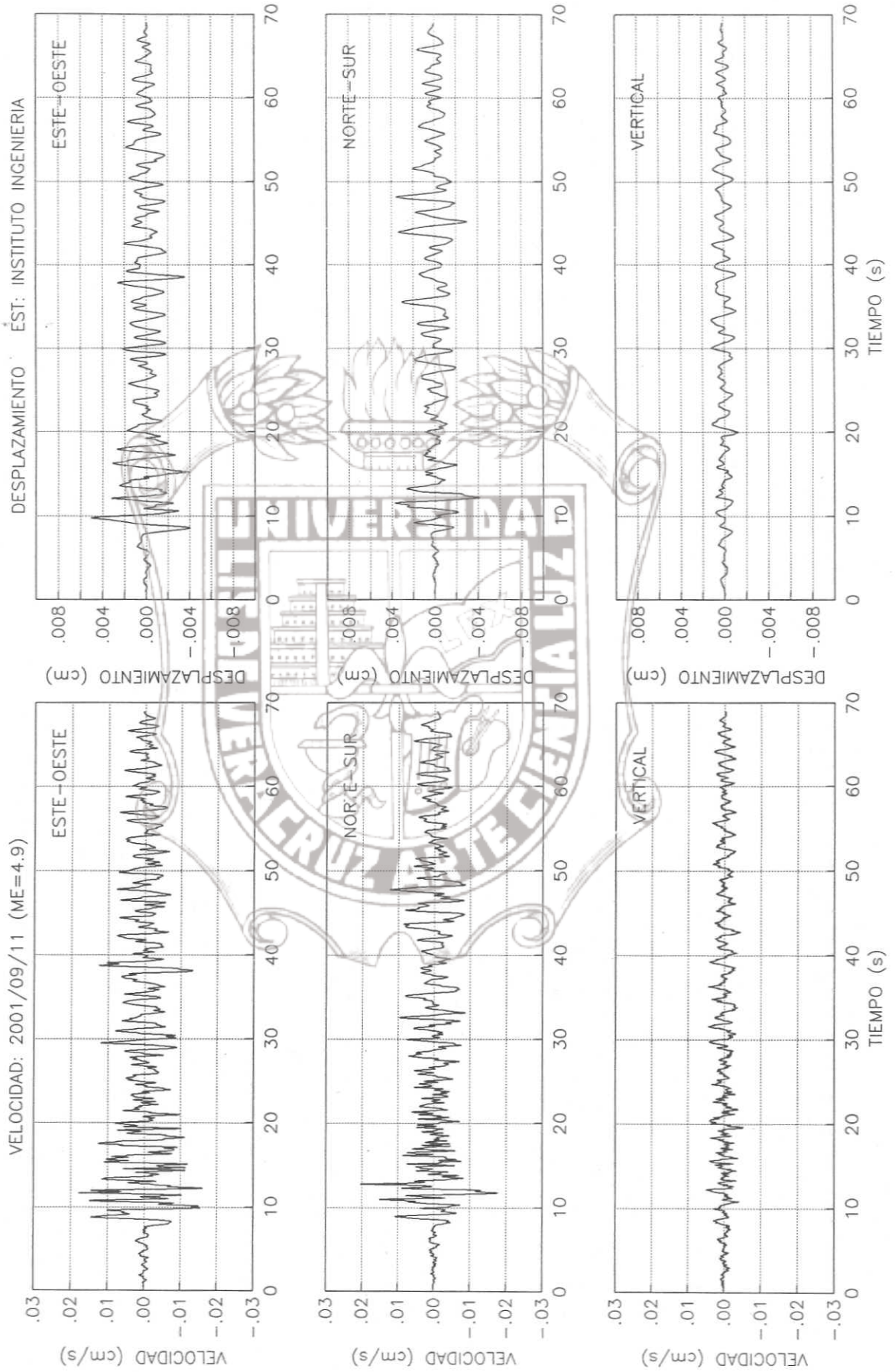


Fecha:	11/09/2001	Latitud:	15.15	Profundidad (Km):	90
Hora(Local):	04:13:36	Longitud:	92.35	Magnitud (Me):	4.9

UBICACIÓN:	Costa de Chipas	Estación:	IIVE
------------	-----------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	N-S (Gales)
0.190	0.170
	VERTICAL (Gales)
	0.117

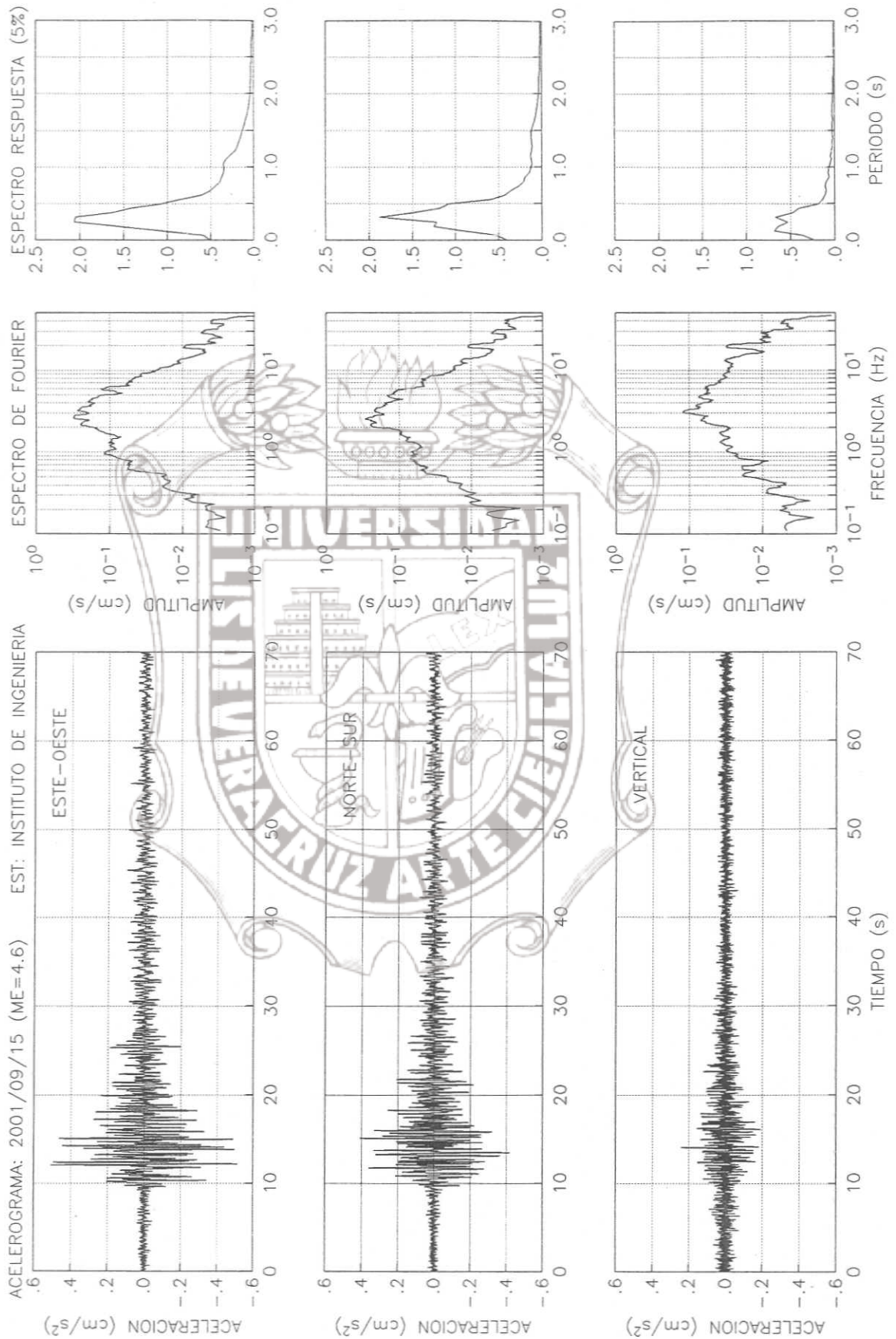


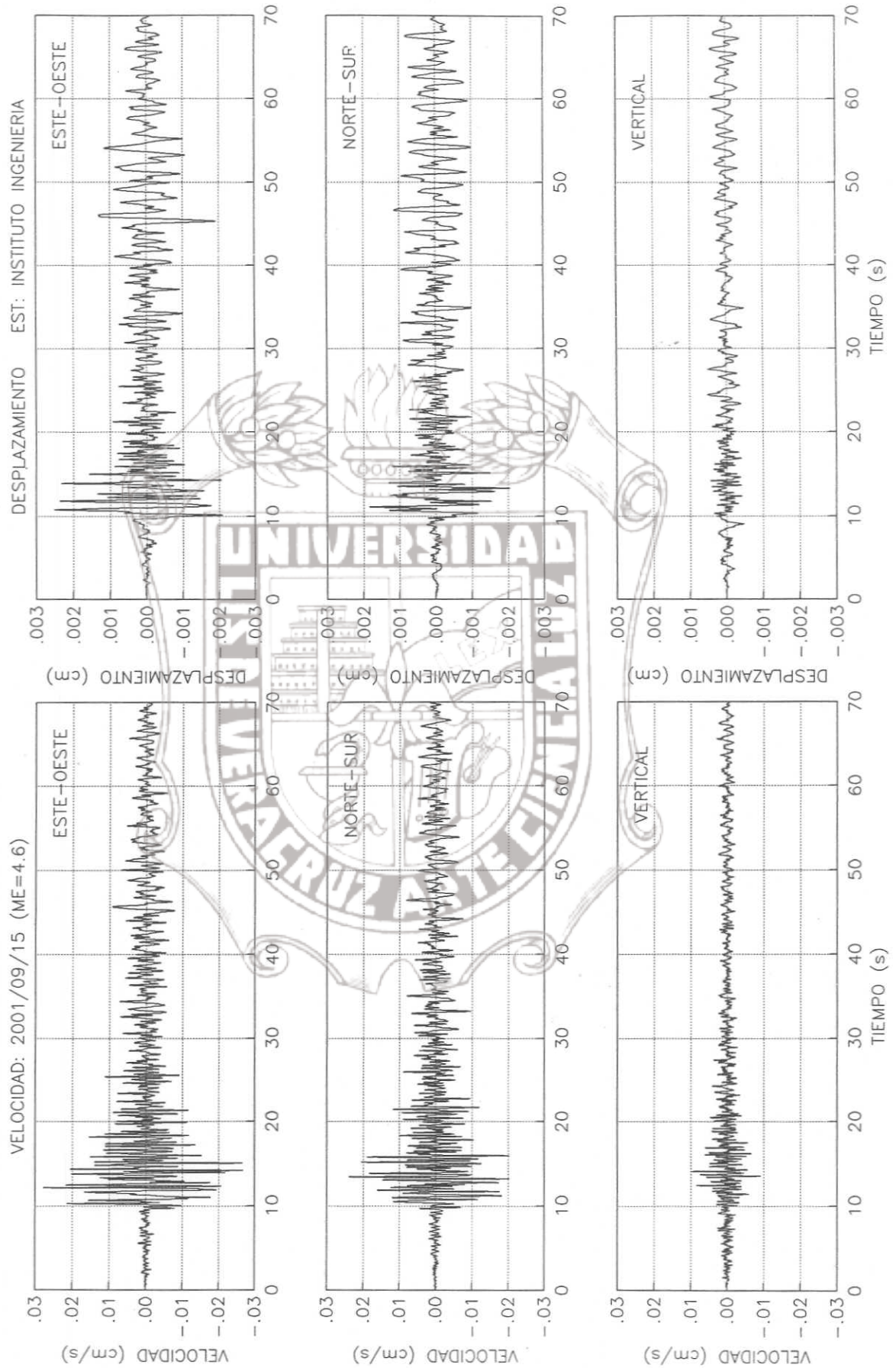


Fecha:	15/09/2001	Latitud:	16.39	Profundidad (Km):	73
Hora(Local):	03:02:28	Longitud:	94.49	Magnitud (Me):	4.6

UBICACIÓN:	Istmo de Tehuantepec	Estación:	IIVE
------------	----------------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	VERTICAL (Gales)
0.511	0.242

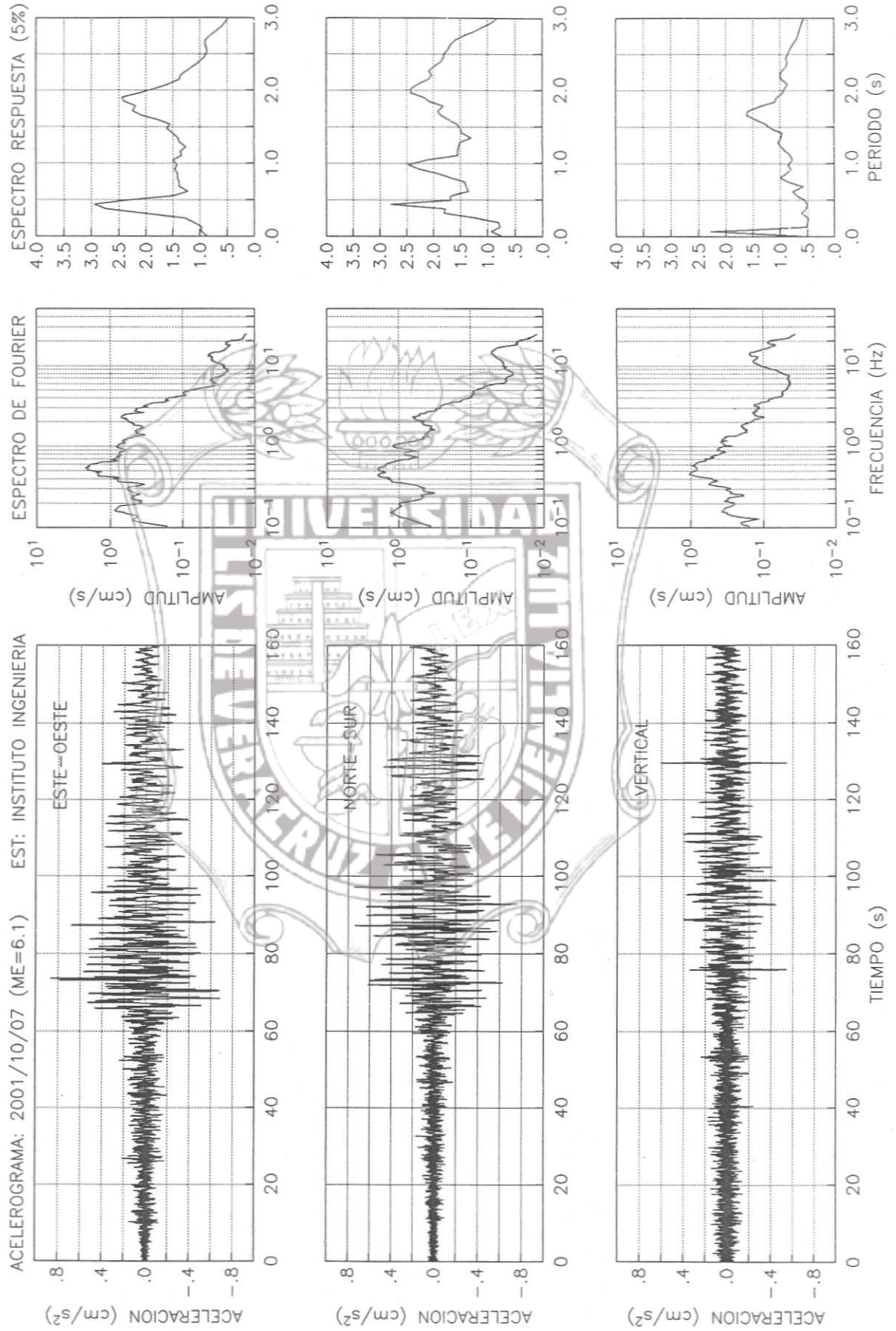


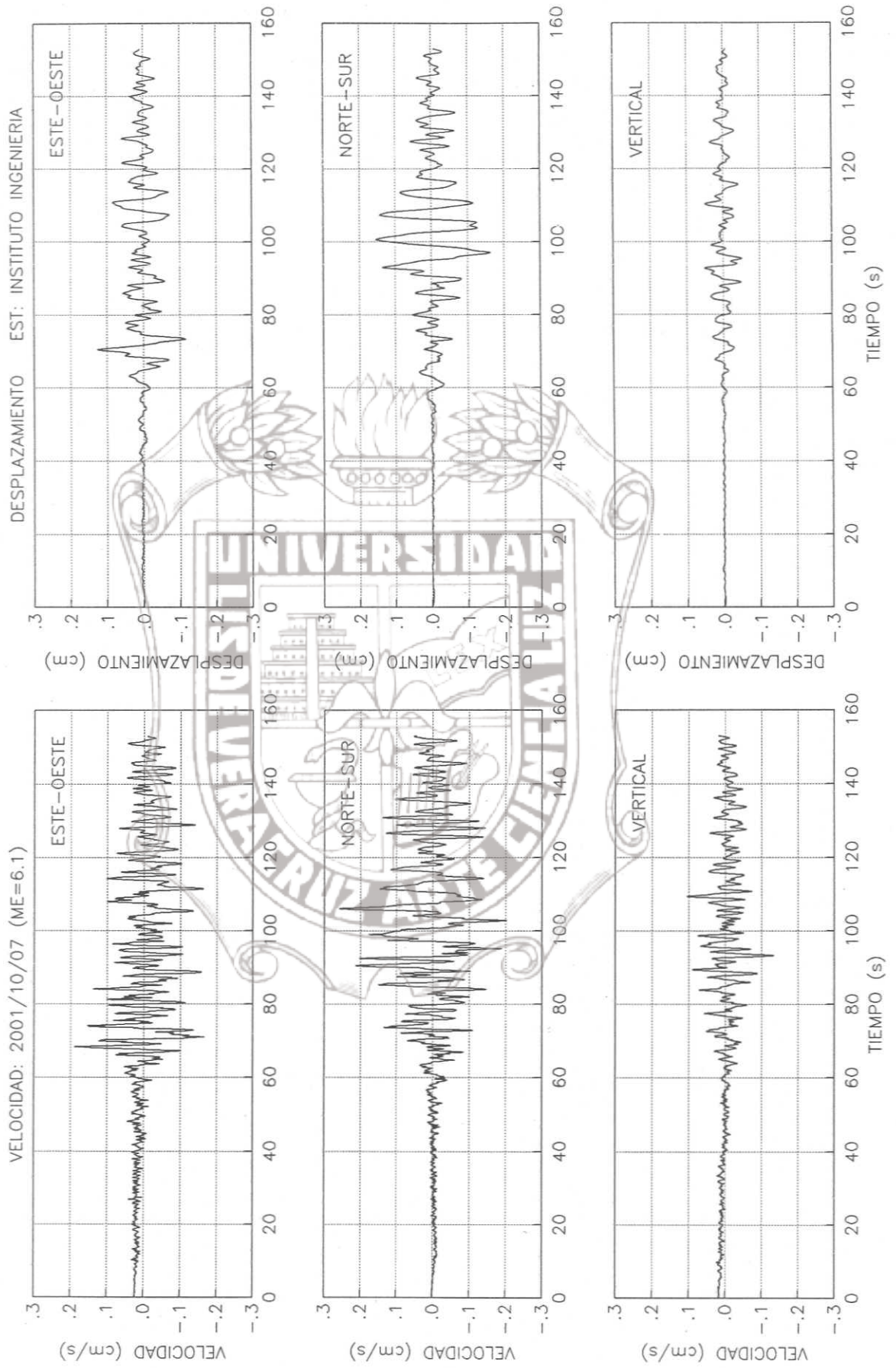


Fecha:	07/10/2001	Latitud:	17.01	Profundidad (Km):	16
Hora(Local):	21:39:20	Longitud:	100.1	Magnitud (Me):	6.1

UBICACIÓN:	Guerrero	Estación:	IIVE
------------	----------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	N-S (Gales)
0.868	0.754
	VERTICAL (Gales)
	0.610

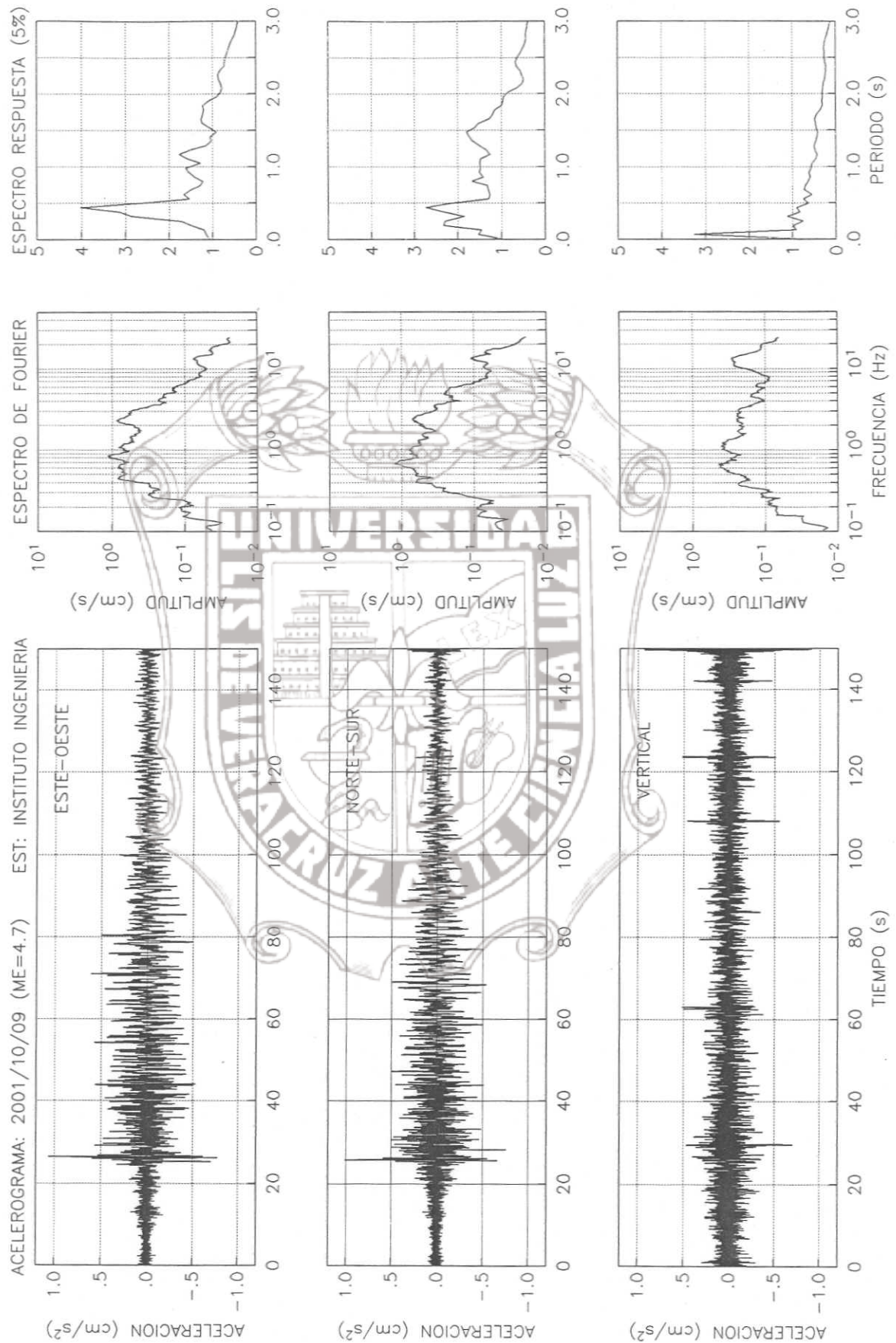


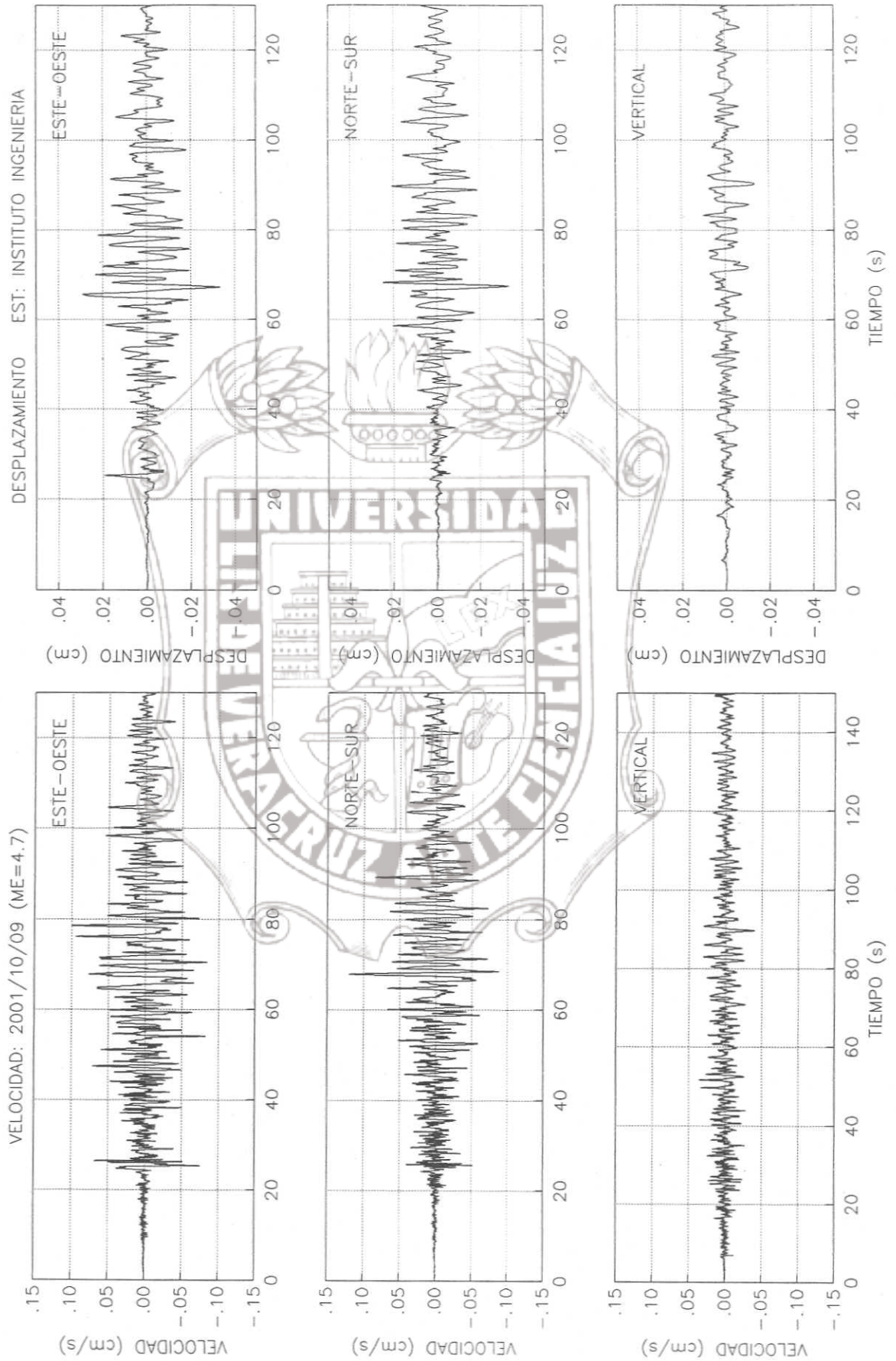


Fecha:	09/10/2001	Latitud:	18.17	Profundidad (Km):	58
Hora(Local):	12:48:21	Longitud:	95.26	Magnitud (Me):	4.7

UBICACIÓN:	Sur de Veracruz	Estación:	IIVE
------------	-----------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	VERTICAL (Gales)
1.070	0.931

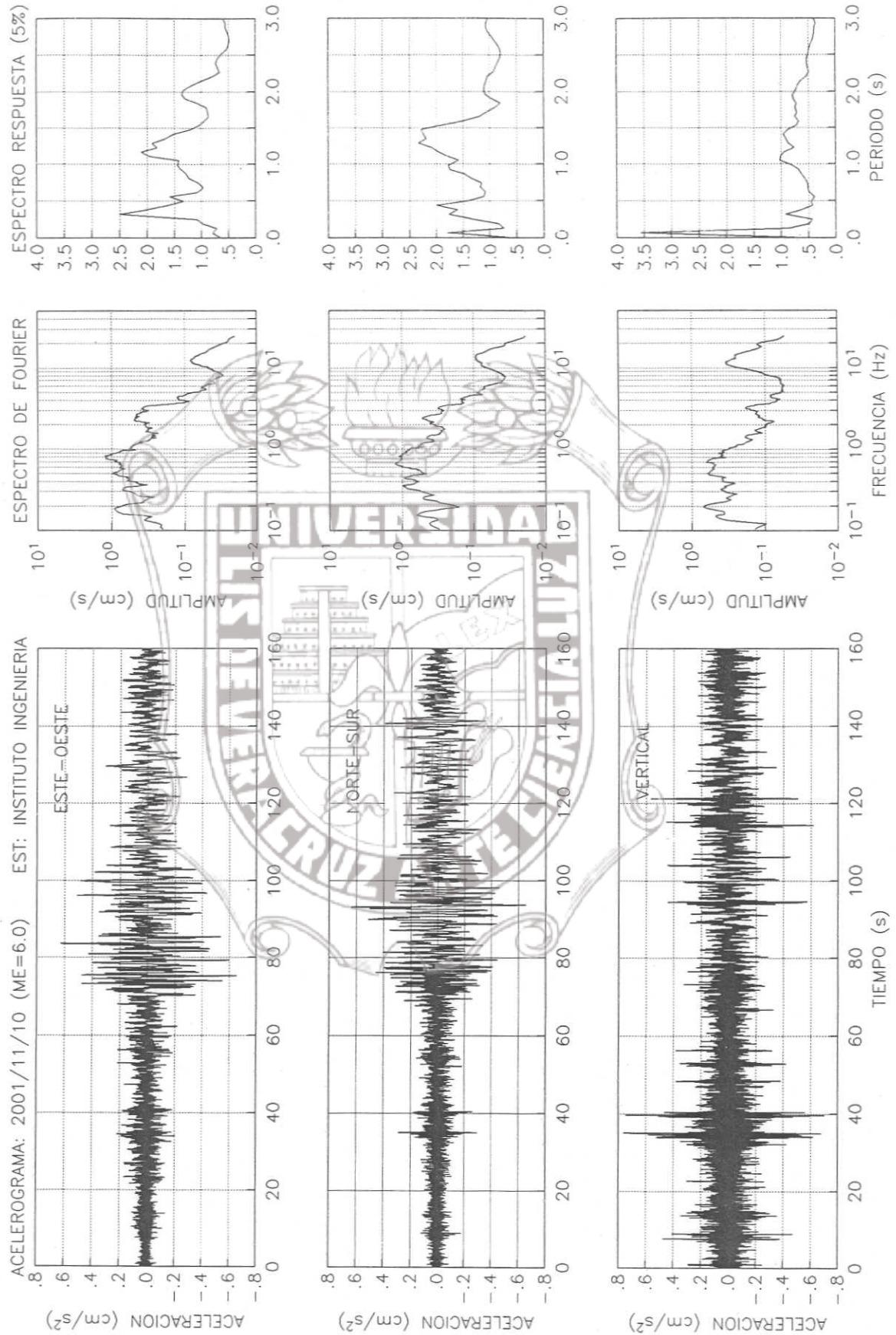


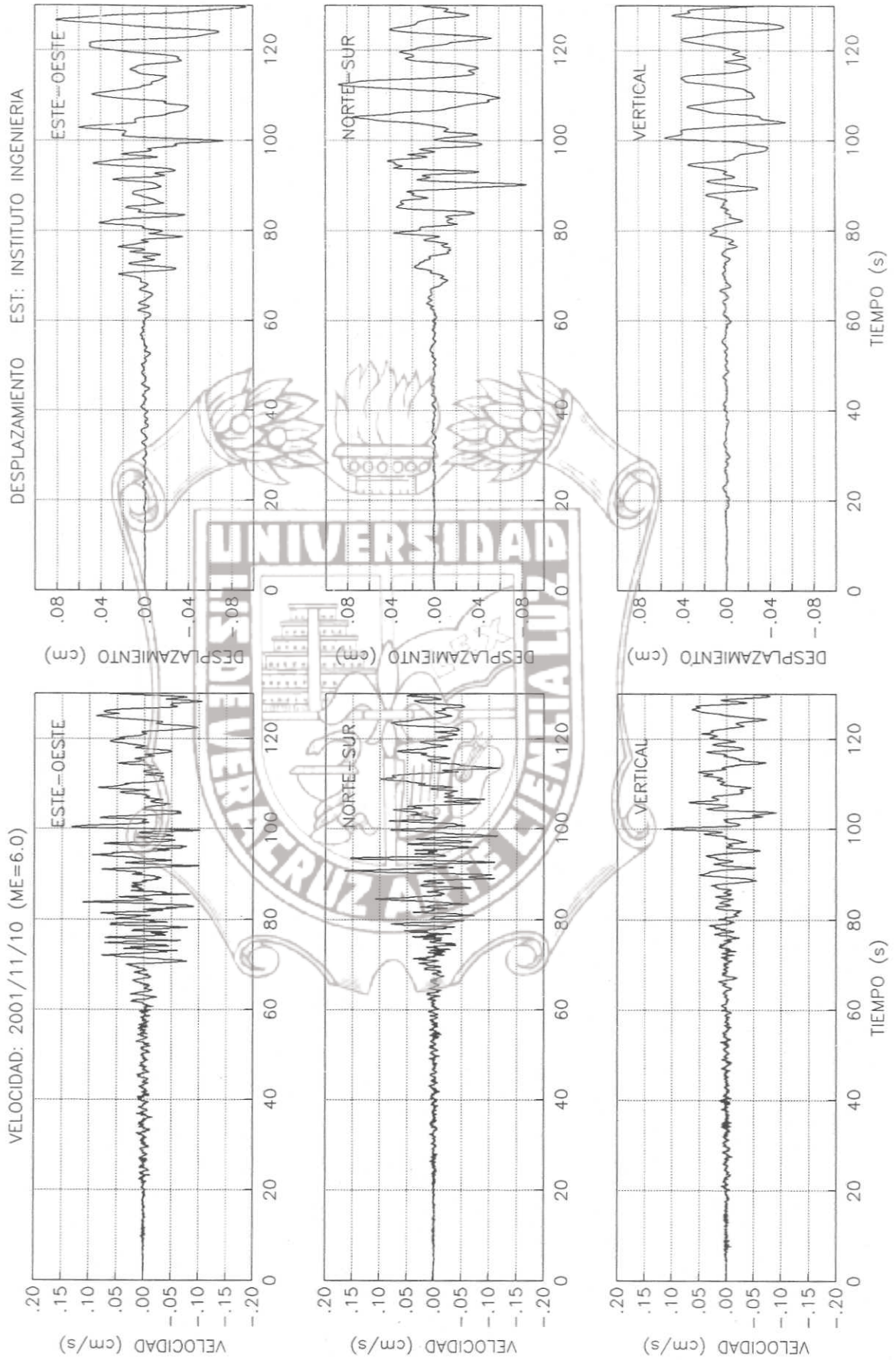


Fecha:	10/11/2001	Latitud:	15.48	Profundidad (Km):	18
Hora(Local):	11:09:15	Longitud:	98.35	Magnitud (Me):	6

UBICACIÓN:	Costa de Oaxaca	Estación:	IIVE
------------	-----------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	VERTICAL (Gales)
0.655	0.763
N-S (Gales)	
0.656	

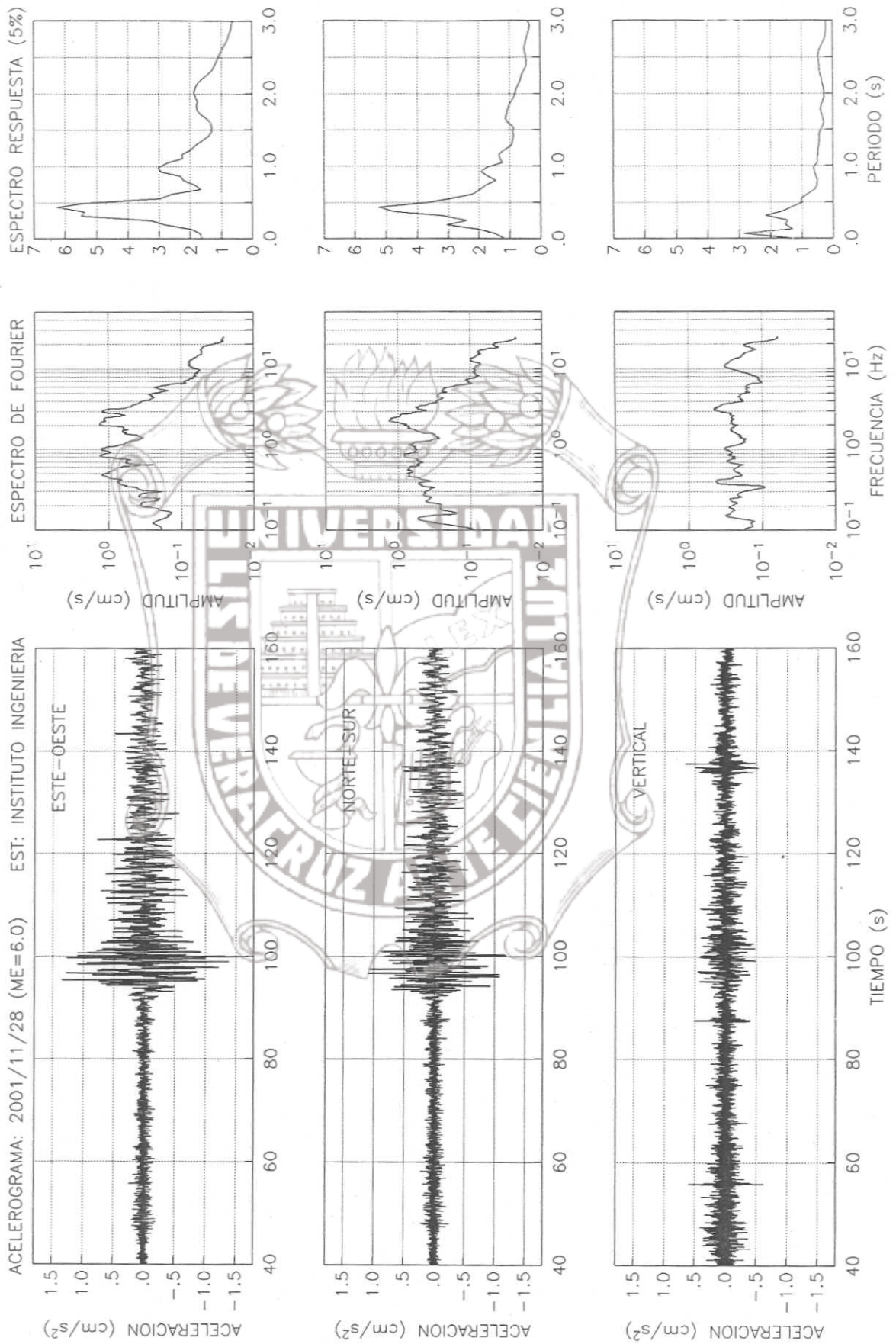


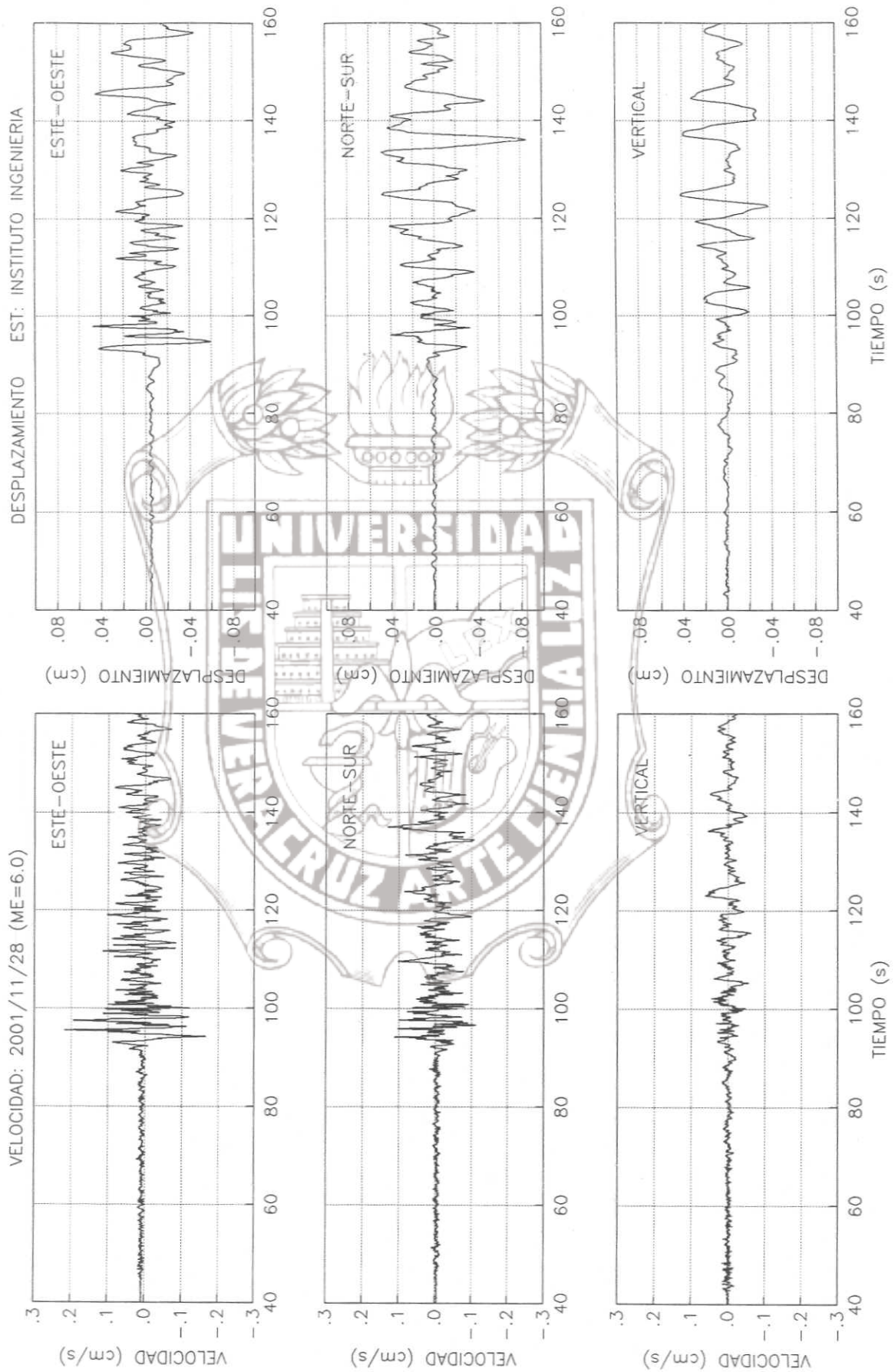


Fecha:	28/11/2001	Latitud:	15.39	Profundidad (Km):	70
Hora(Local):	08:32:36	Longitud:	93.53	Magnitud (Me):	6

UBICACIÓN:	Costa de Chiapas	Estación:	IIVE
------------	------------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	N-S (Gales)
1.640	1.190
VERTICAL (Gales)	
1.410	

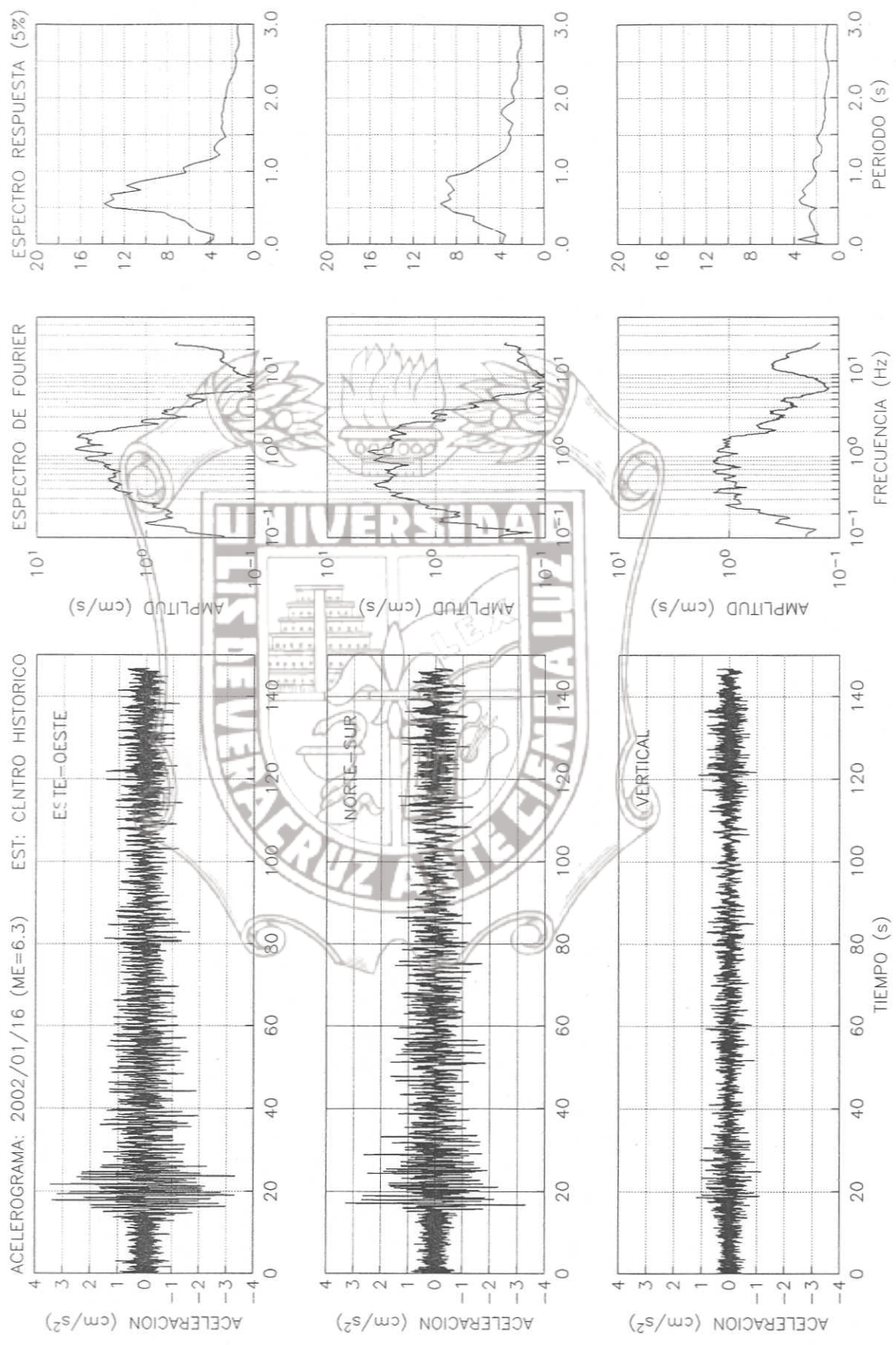


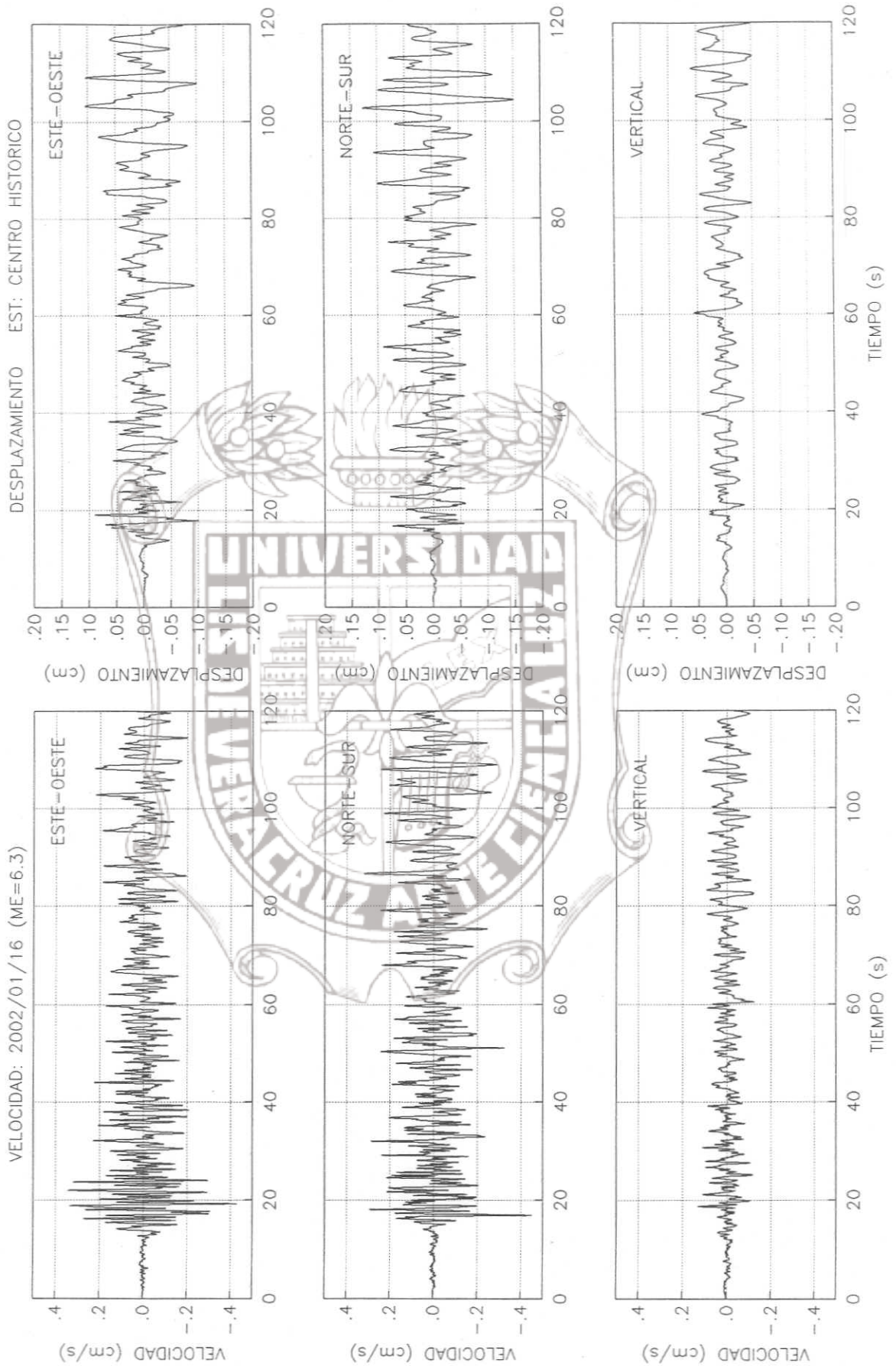


Fecha:	16/01/2002	Latitud:	15.58	Profundidad (Km):	36
Hora(Local):	17:09:56	Longitud:	93.60	Magnitud (Me):	6.3

UBICACIÓN:	Costa de Chiapas	Estación:	CHVE
------------	------------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	N-S (Gales)
3.470	3.310
	VERTICAL (Gales)
	1.190

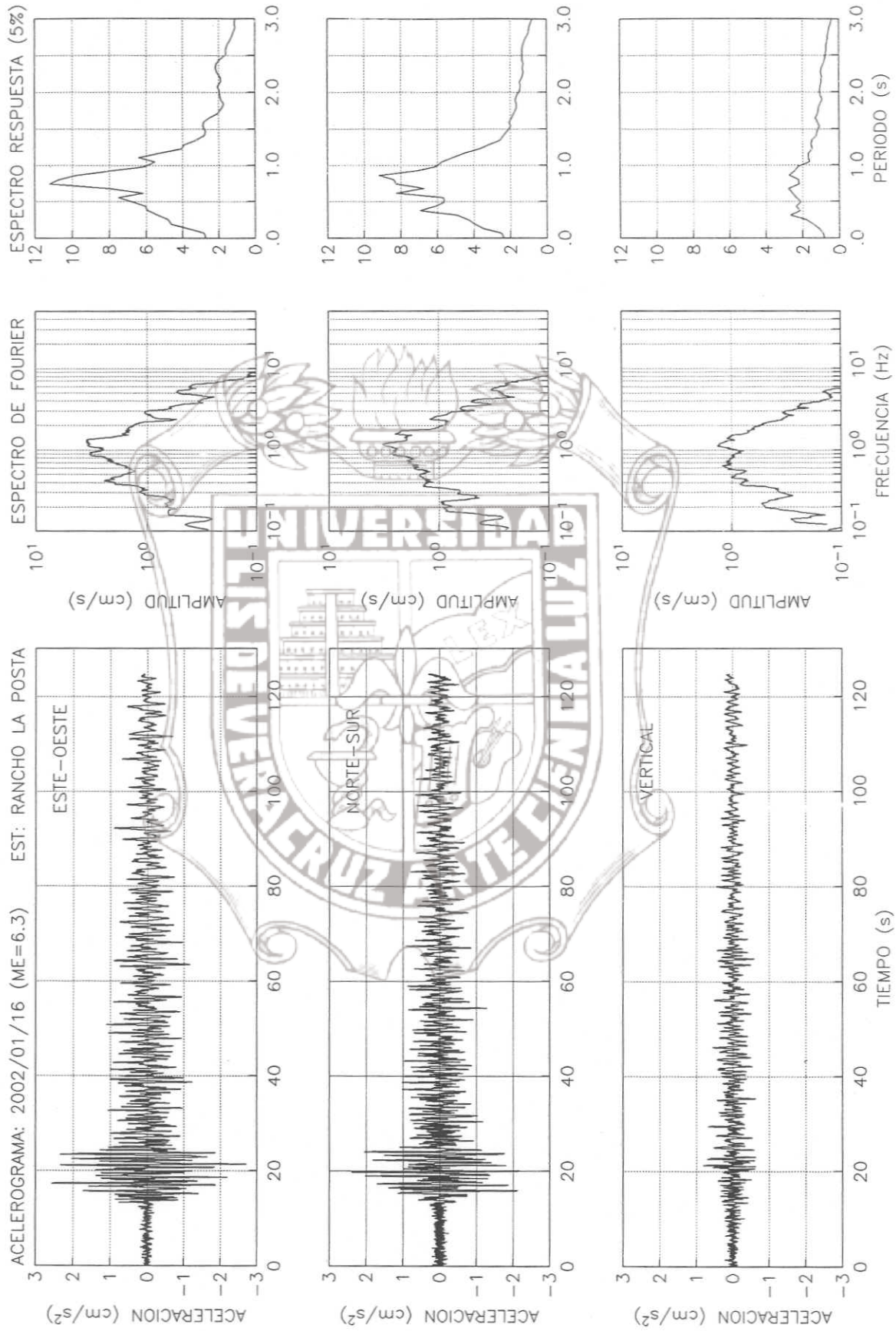


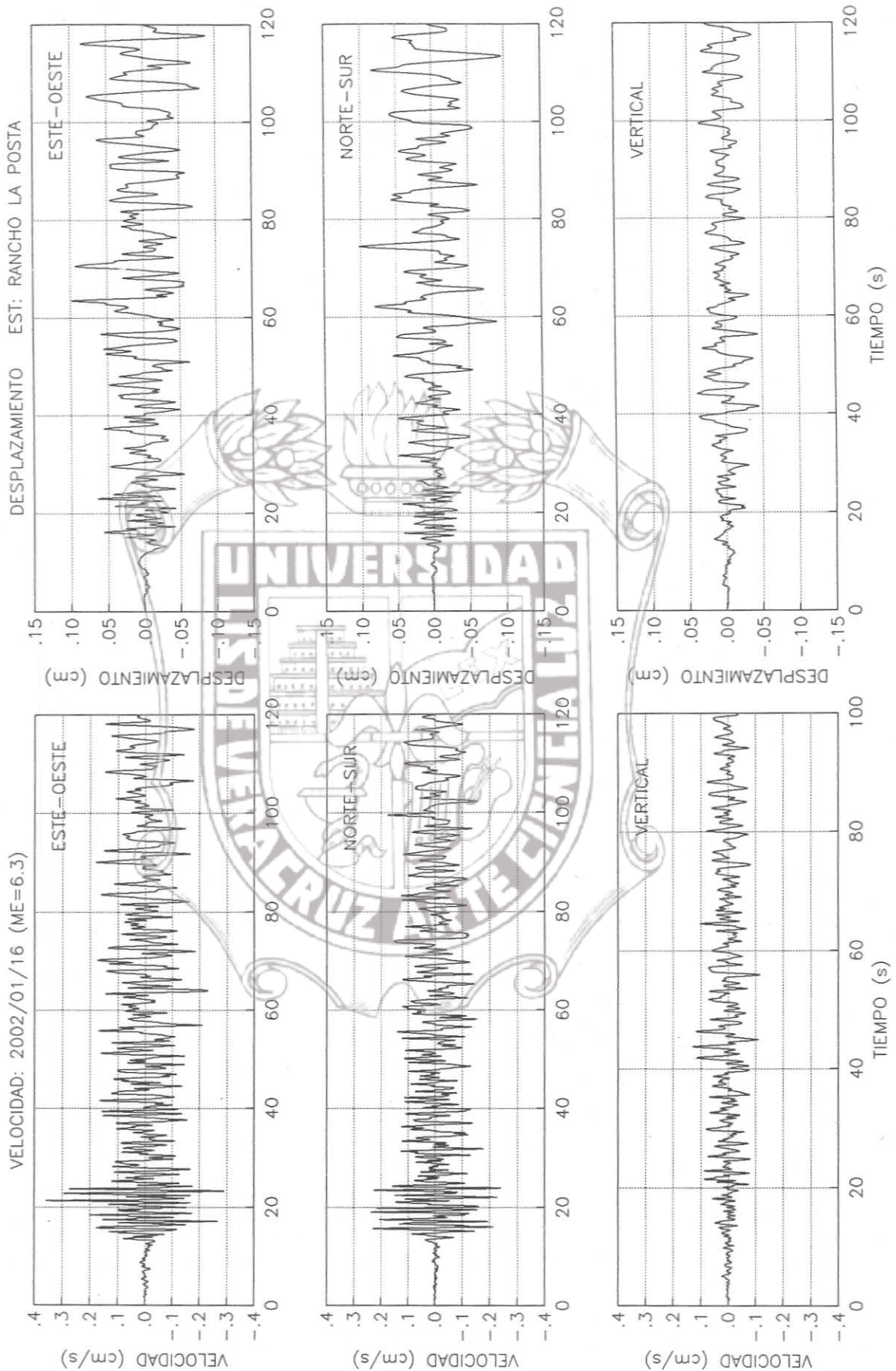


Fecha:	16/01/2002	Latitud:	15.58	Profundidad (Km):	36
Hora(Local):	17:09:56	Longitud:	93.60	Magnitud (Me):	6.3

UBICACIÓN:	Costa de Chiapas	Estación:	POVE
------------	------------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	N-S (Gales)
2.700	2.390
	VERTICAL (Gales)
	0.813

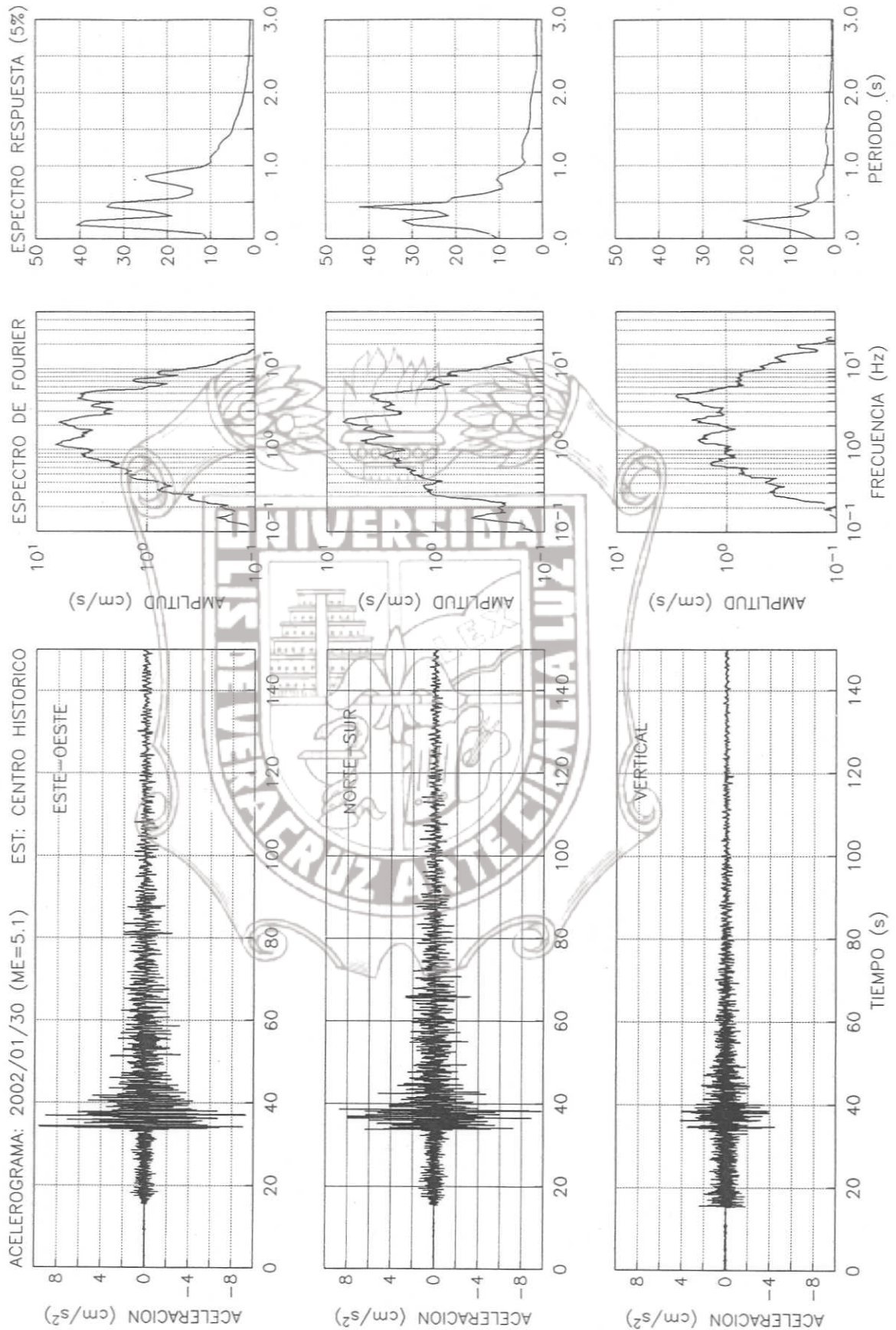


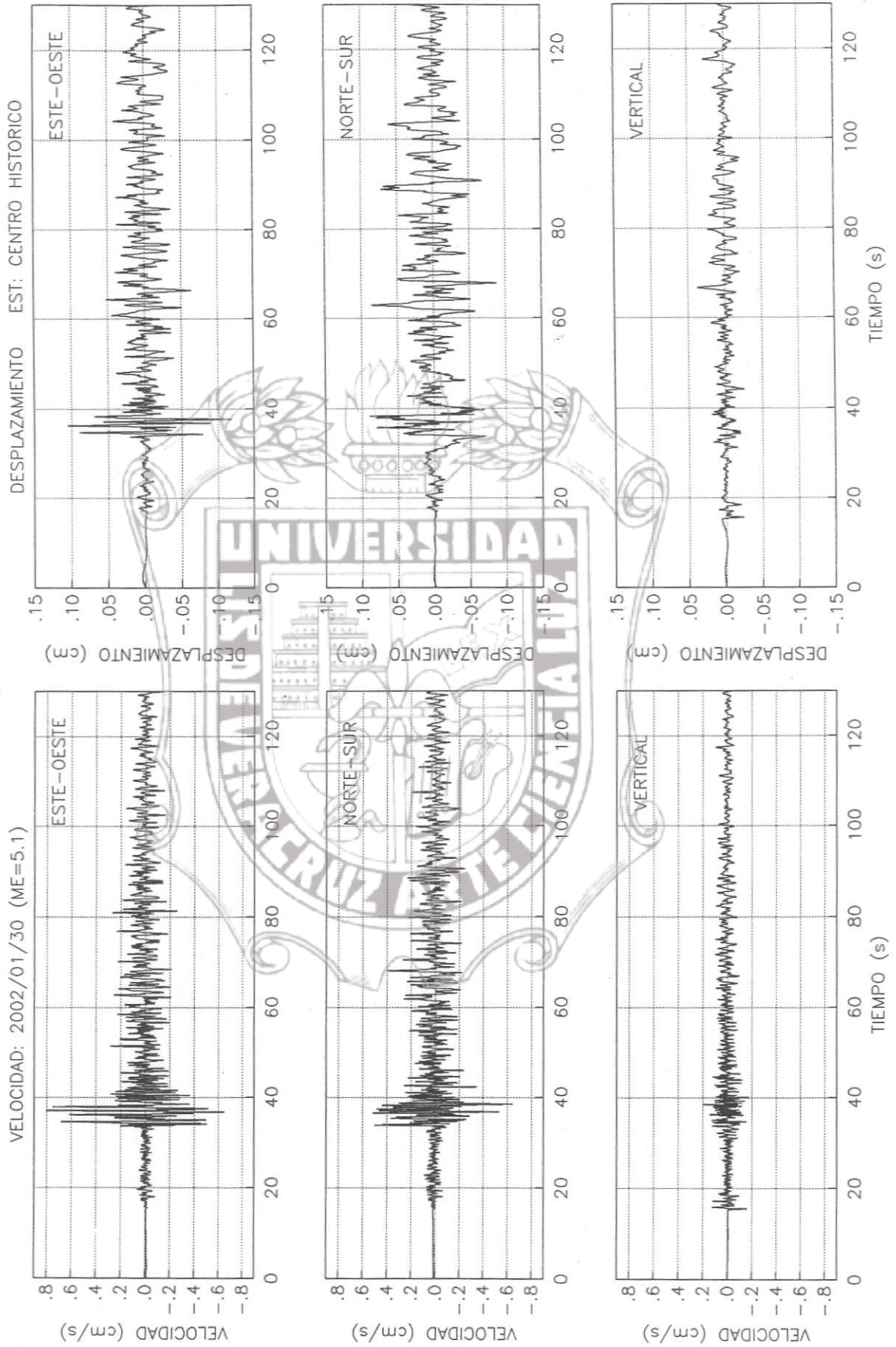


Fecha:	30/01/2002	Latitud:	18.21	Profundidad (Km):	115
Hora(Local):	02:42:03	Longitud:	96.02	Magnitud (Me):	5.1

UBICACIÓN:	Veracruz-Oaxaca	Estación:	CHVE
------------	-----------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	VERTICAL (Gales)
10.800	4.460
N-S (Gales)	
10.530	

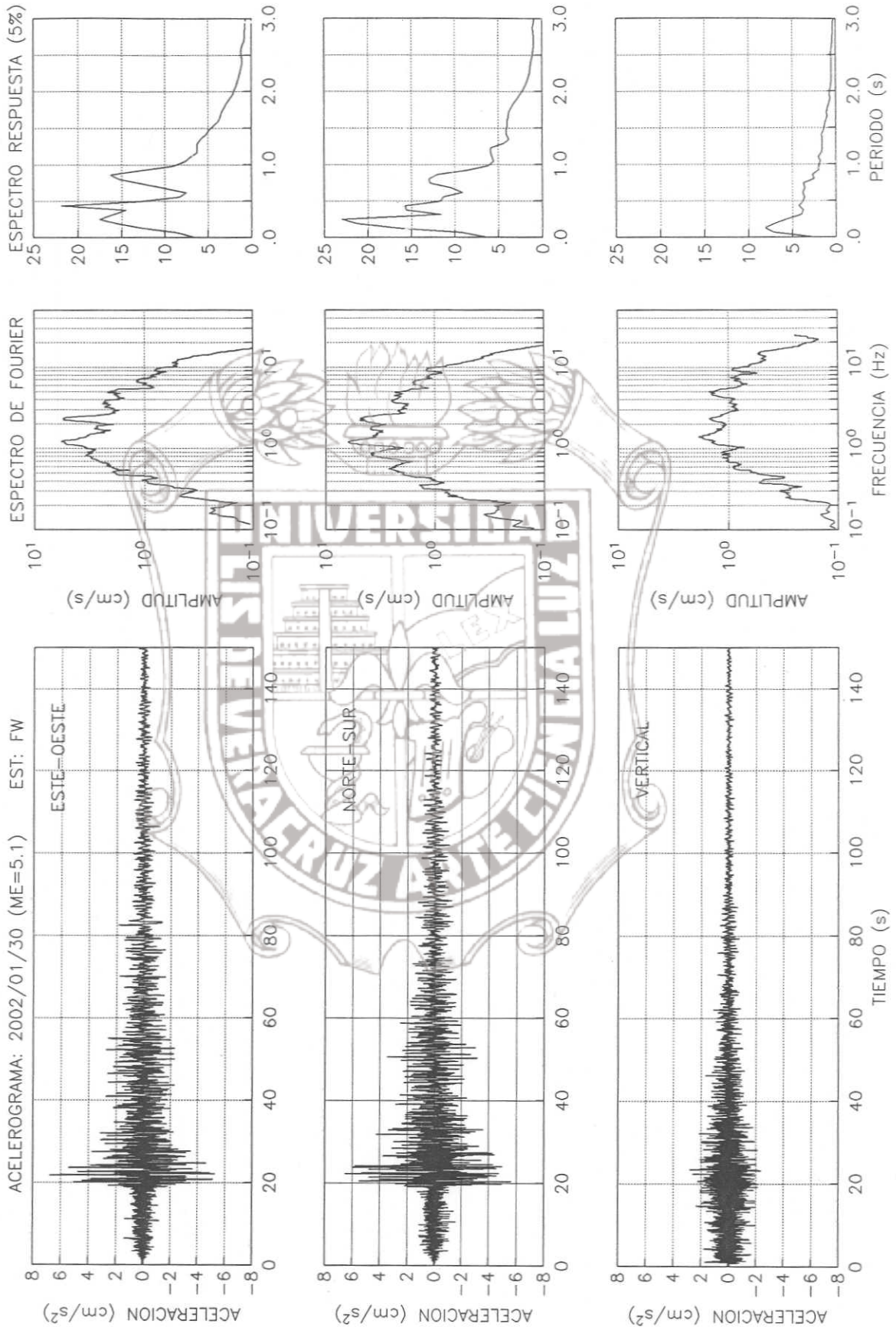


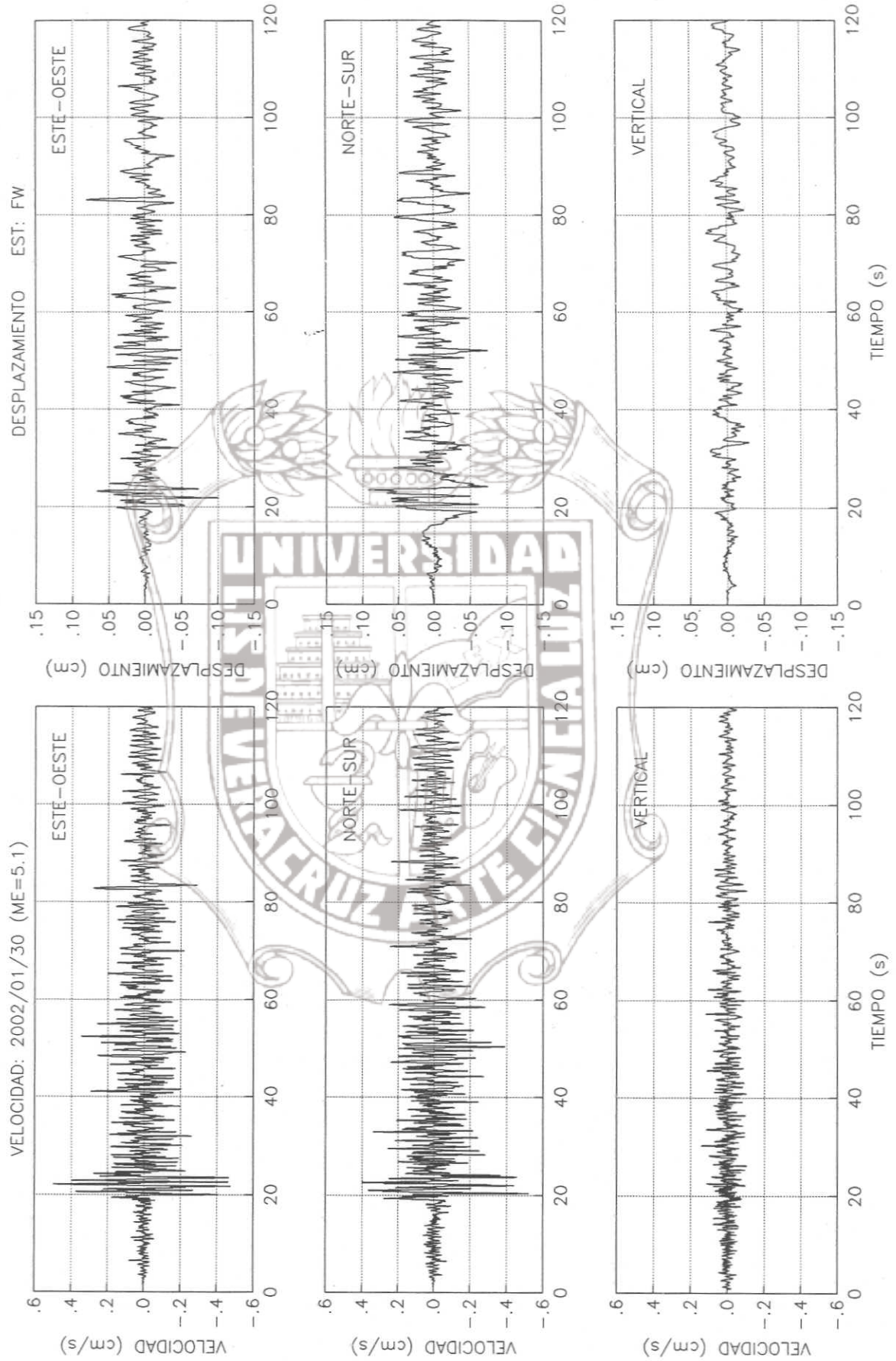


Fecha:	30/01/2002	Latitud:	18.21	Profundidad (Km):	115
Hora(Local):	02:42:03	Longitud:	96.02	Magnitud (Me):	5.1

UBICACIÓN:	Veracruz-Oaxaca	Estación:	FWVE
------------	-----------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	N-S (Gales)
6.790	6.560
	VERTICAL (Gales)
	2.810

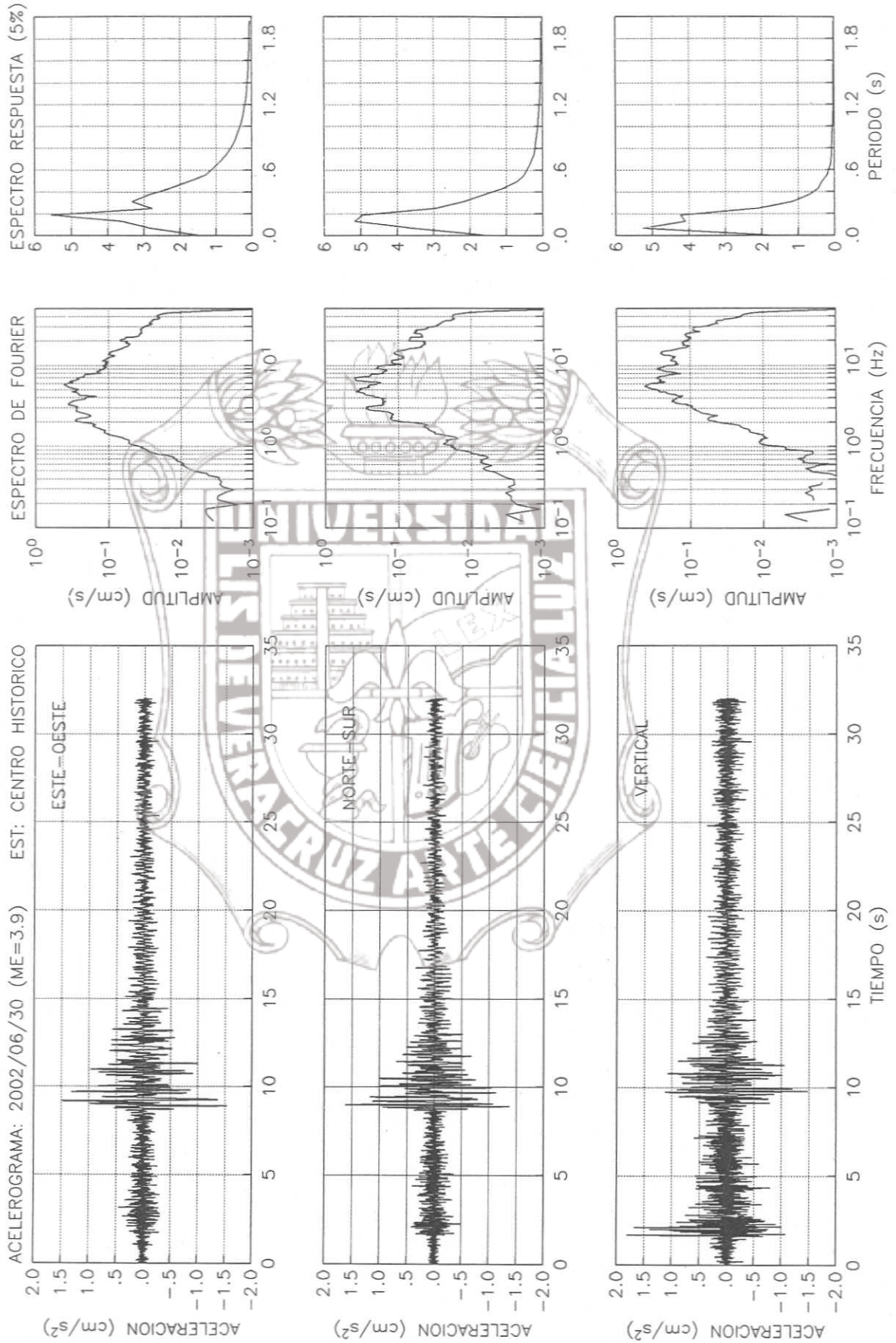


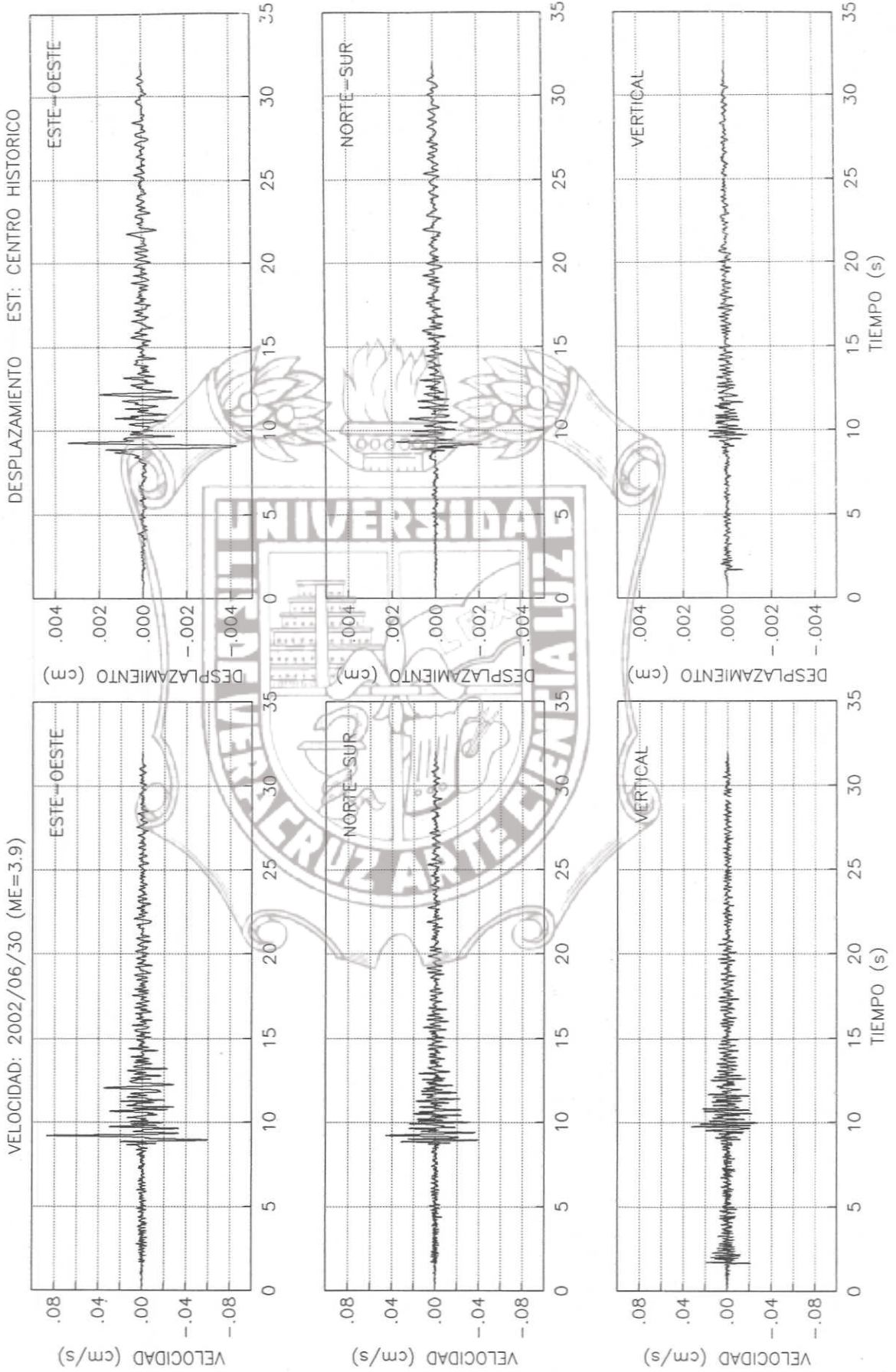


Fecha:	30/06/2002	Latitud:	19.26	Profundidad (Km):	32
Hora(Local):	15:14:39	Longitud:	96.17	Magnitud (Me):	3.9

UBICACIÓN:	Costa Norte de Veracruz	Estación:	CHVE
------------	-------------------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	N-S (Gales)
1.530	1.620
	VERTICAL (Gales)
	1.820

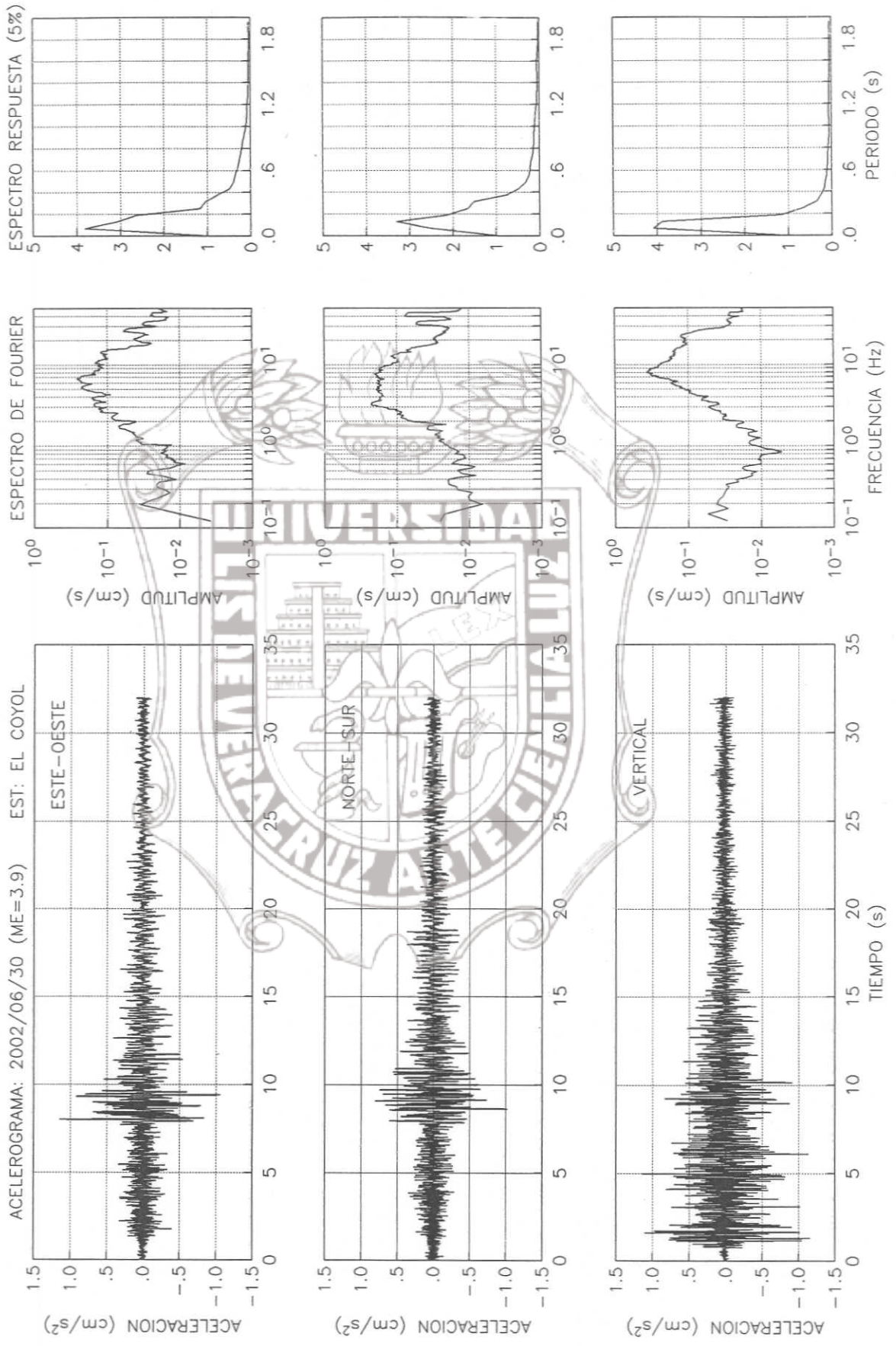


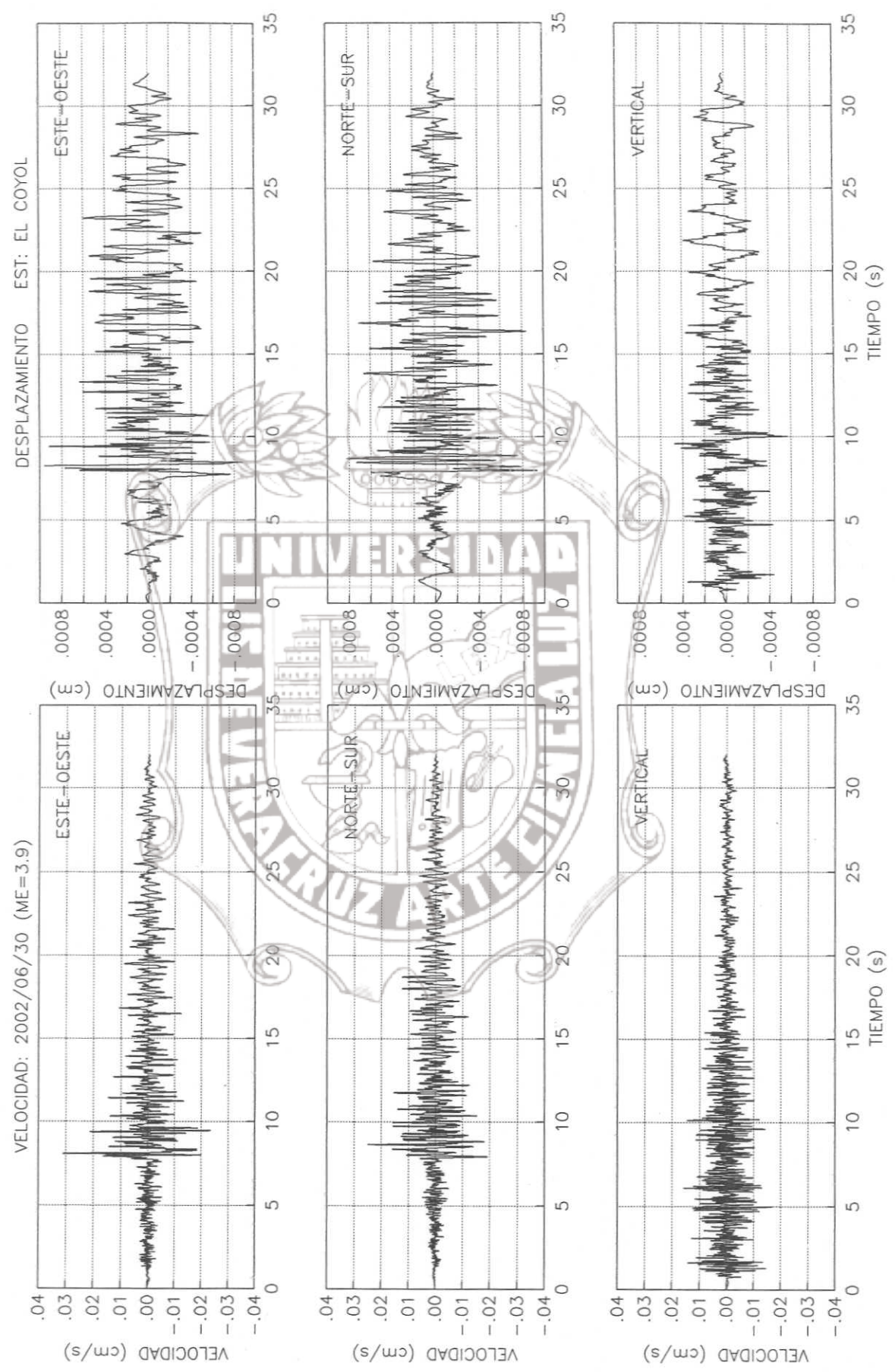


Fecha:	30/06/2002	Latitud:	19.26	Profundidad (Km):	32
Hora(Local):	15:14:39	Longitud:	96.17	Magnitud (Me):	3.9

UBICACIÓN:	Costa Norte de Veracruz	Estación:	COVE
------------	-------------------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	N-S (Gales)
1.150	1.020
	VERTICAL (Gales)
	1.150





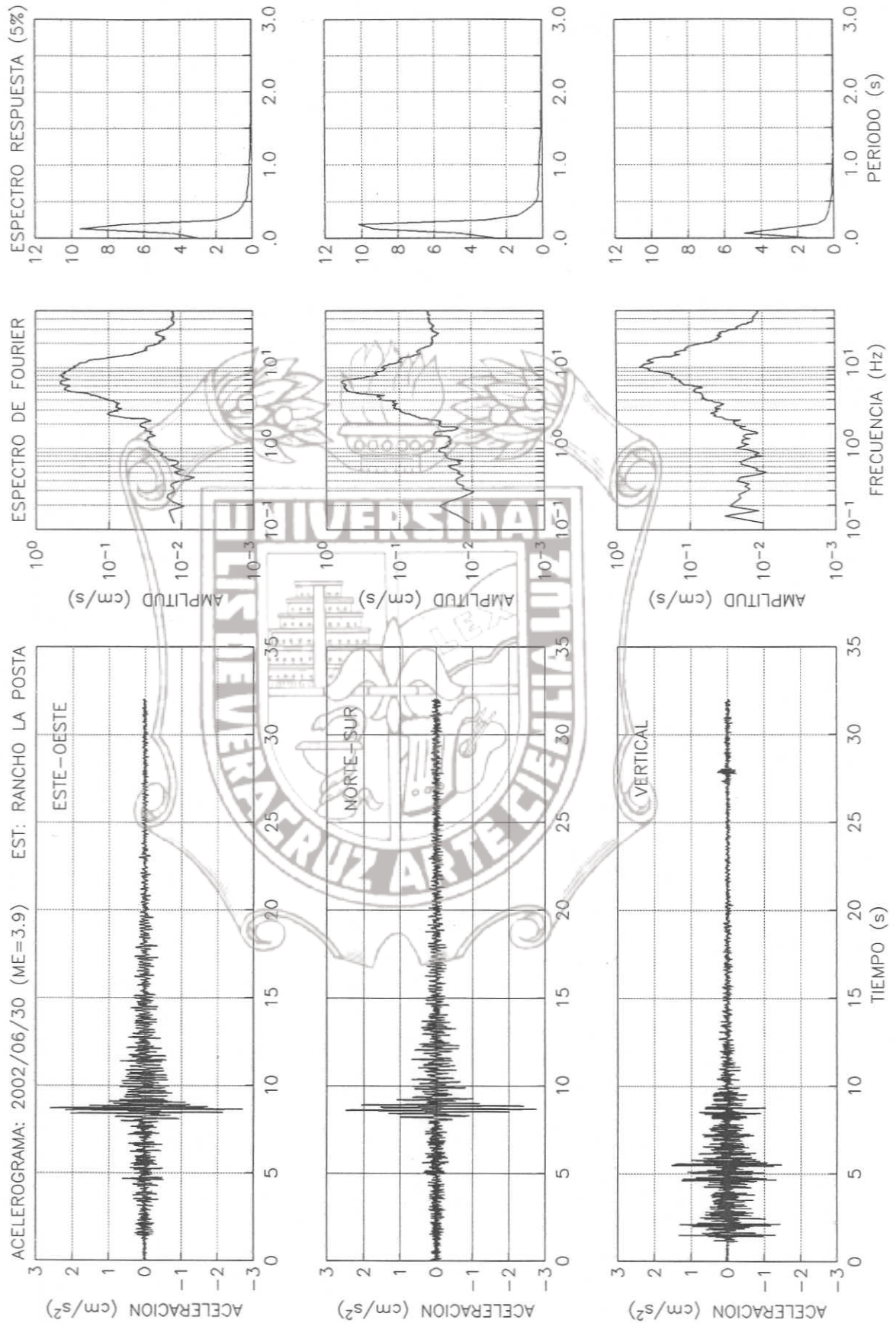
Instituto de Ingeniería Universidad Veracruzana

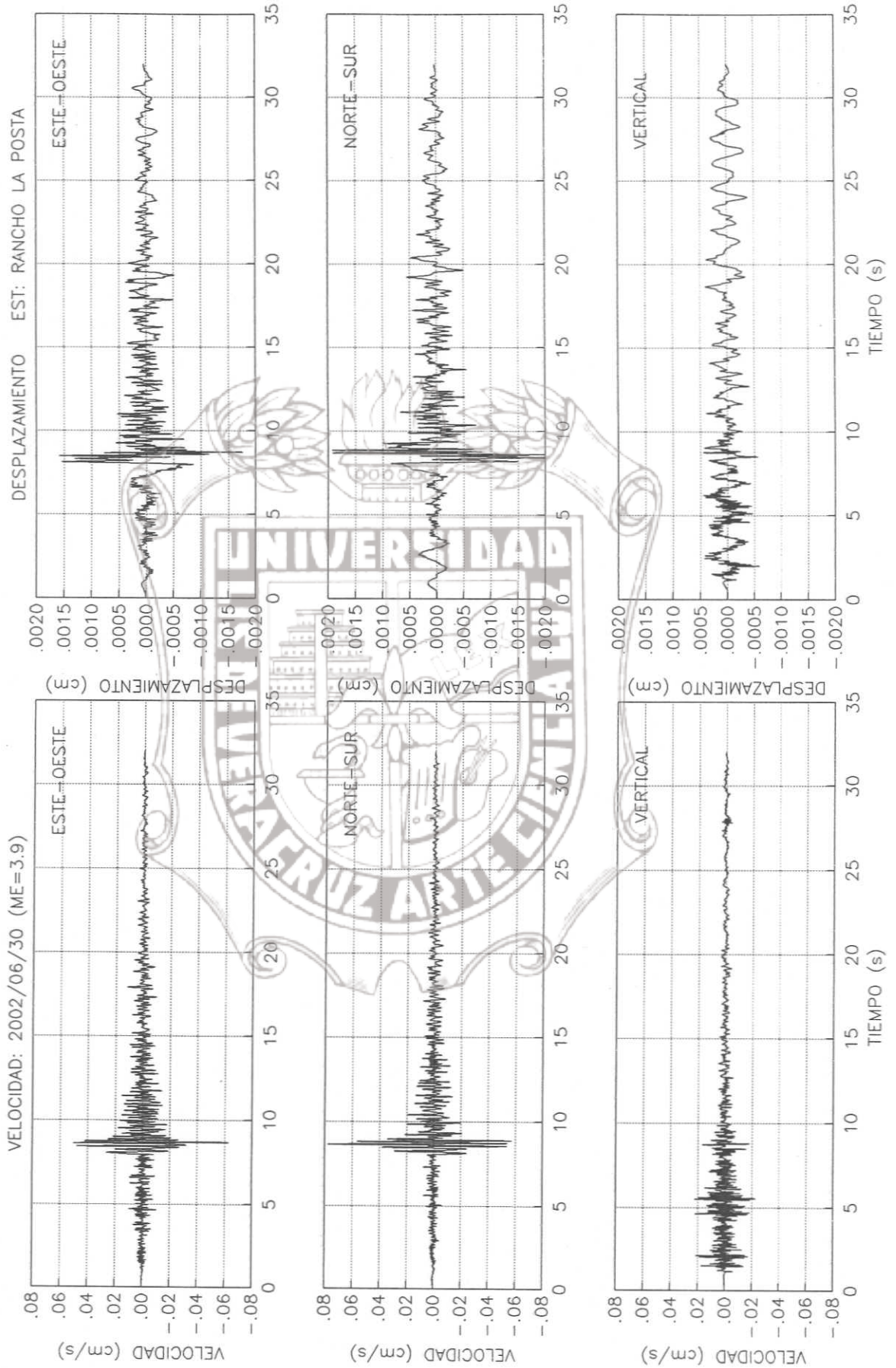
Tesis de Maestría

Fecha:	30/06/2002	Latitud:	19.26	Profundidad (Km):	32
Hora(Local):	15:14:39	Longitud:	96.17	Magnitud (Me):	3.9

UBICACIÓN:	Costa Norte de Veracruz	Estación:	POVE
------------	-------------------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	VERTICAL (Gales)
3.060	1.540
N-S (Gales)	2.750

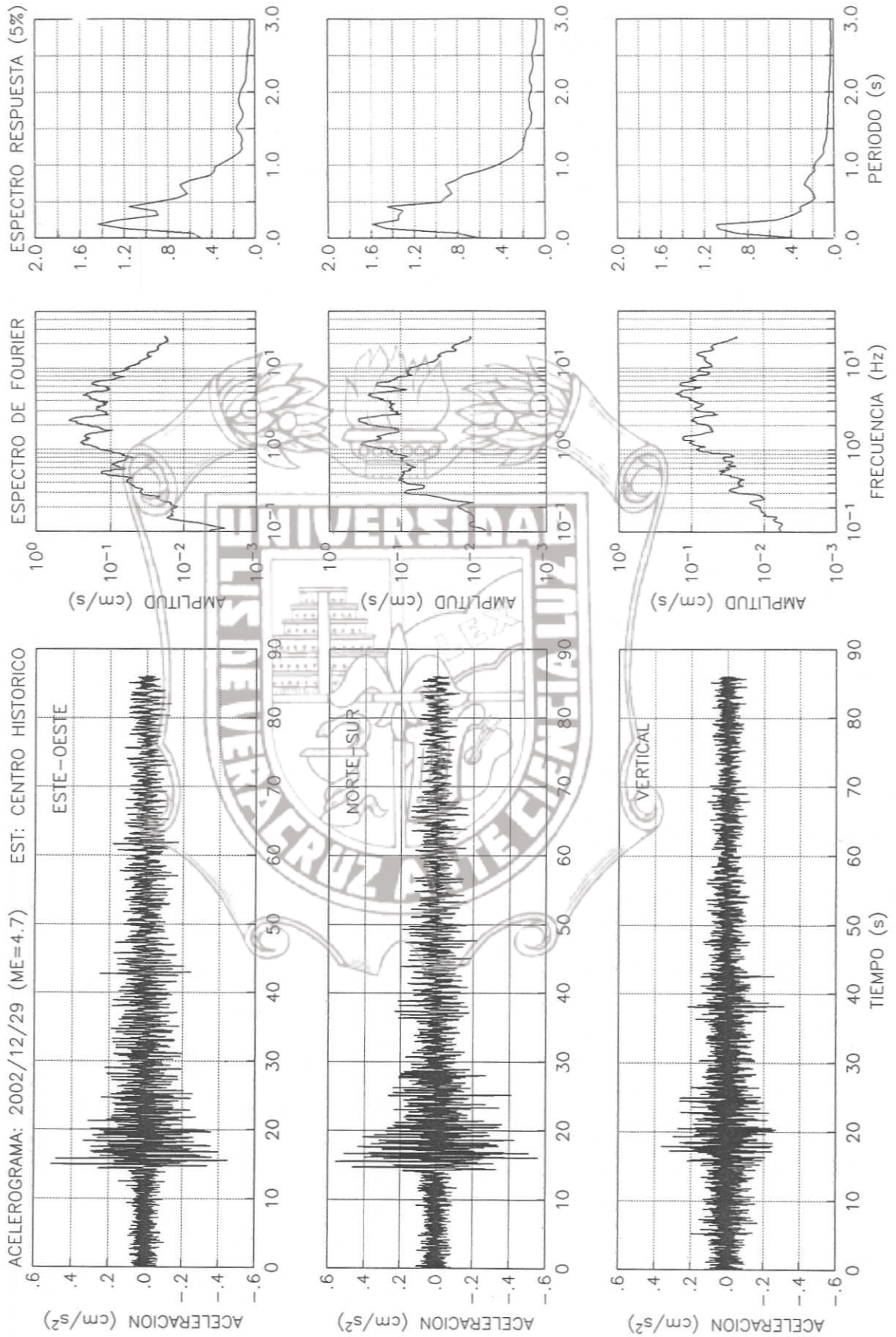


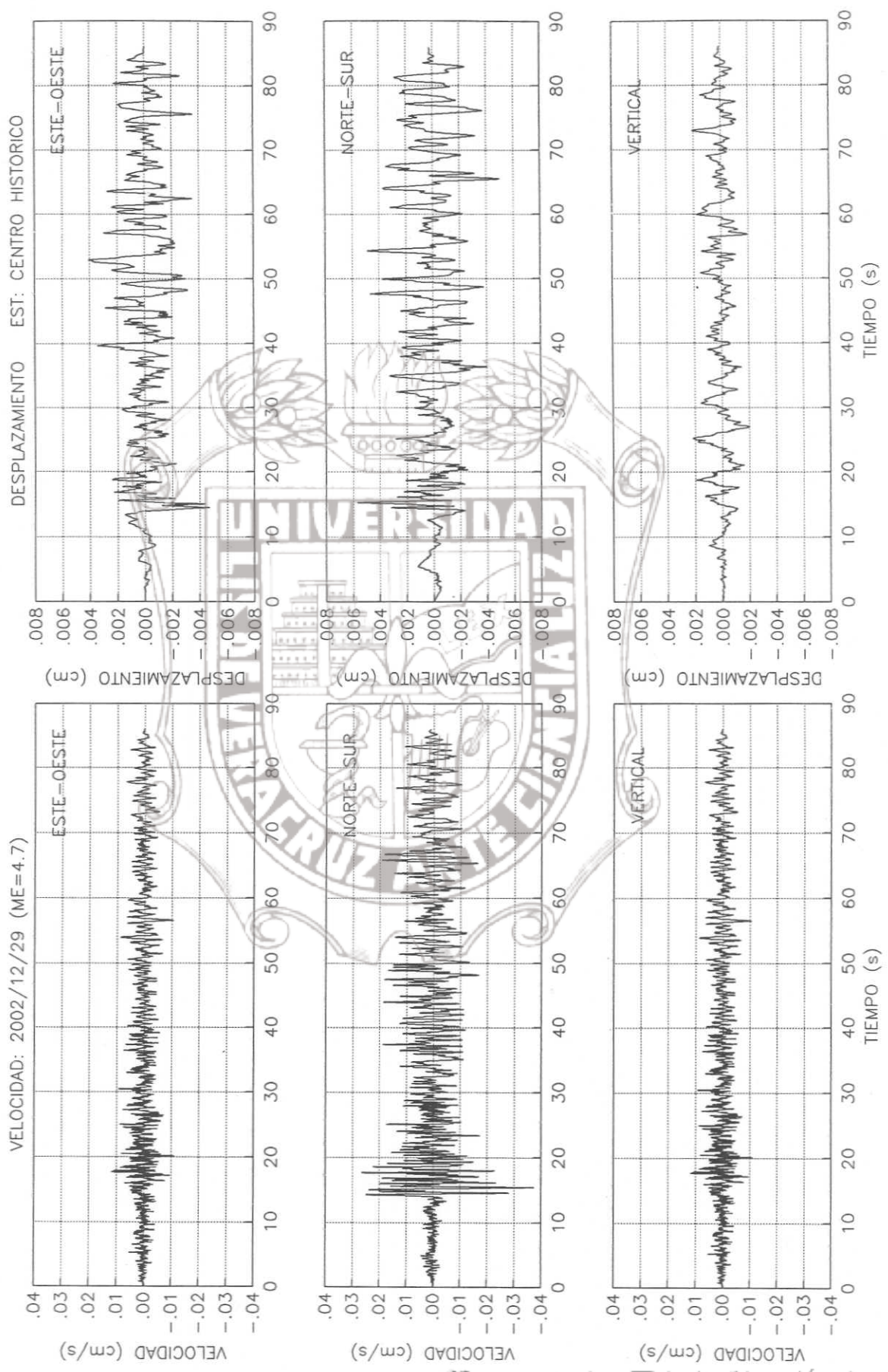


Fecha:	29/12/2002	Latitud:	17.60	Profundidad (Km):	131
Hora(Local):	01:31:46	Longitud:	95.19	Magnitud (Me):	4.7

UBICACIÓN:	Veracruz-Oaxaca	Estación:	CHVE
------------	-----------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	N-S (Gales)
0.508	0.622
	VERTICAL (Gales)
	0.363

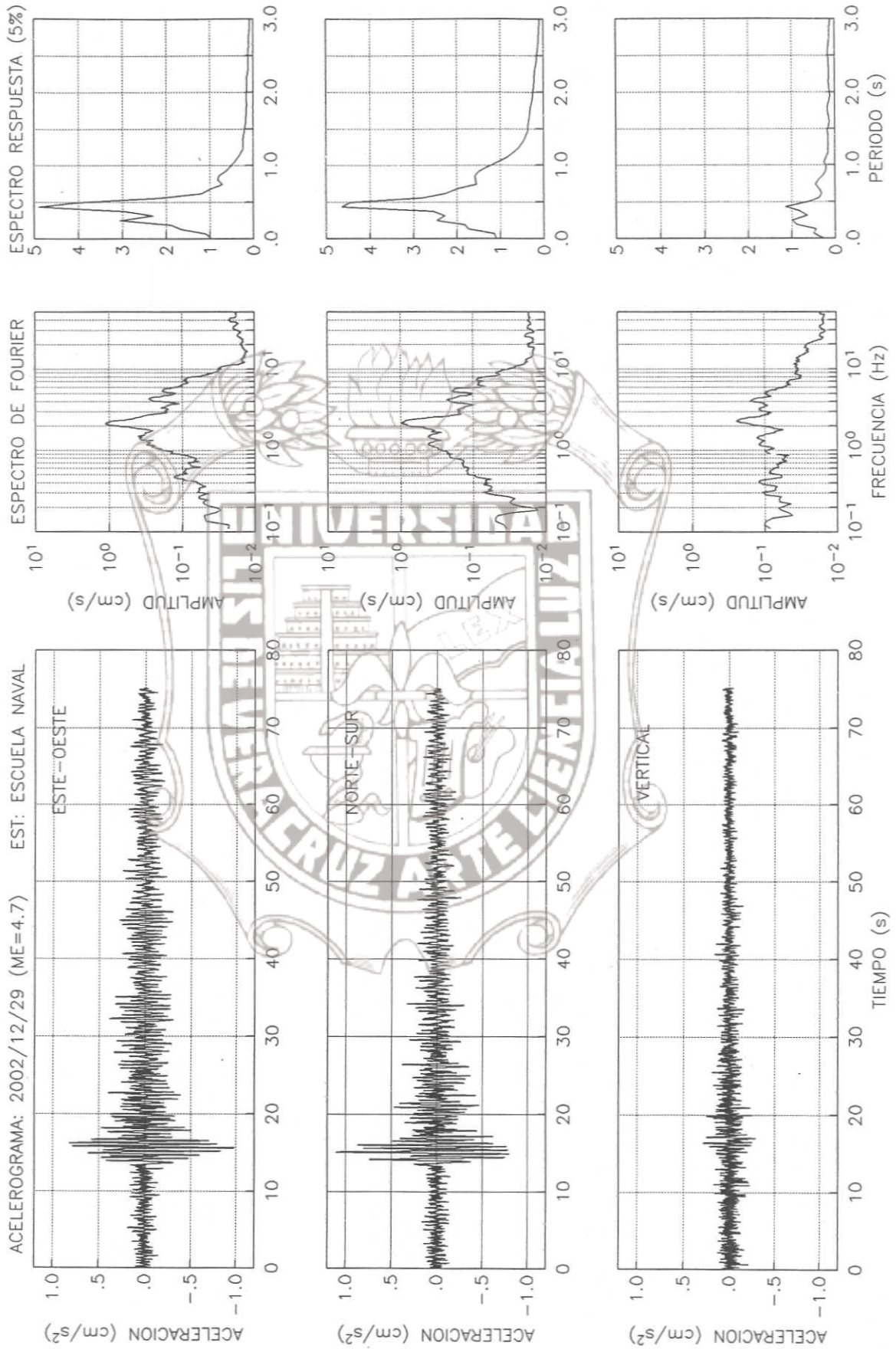


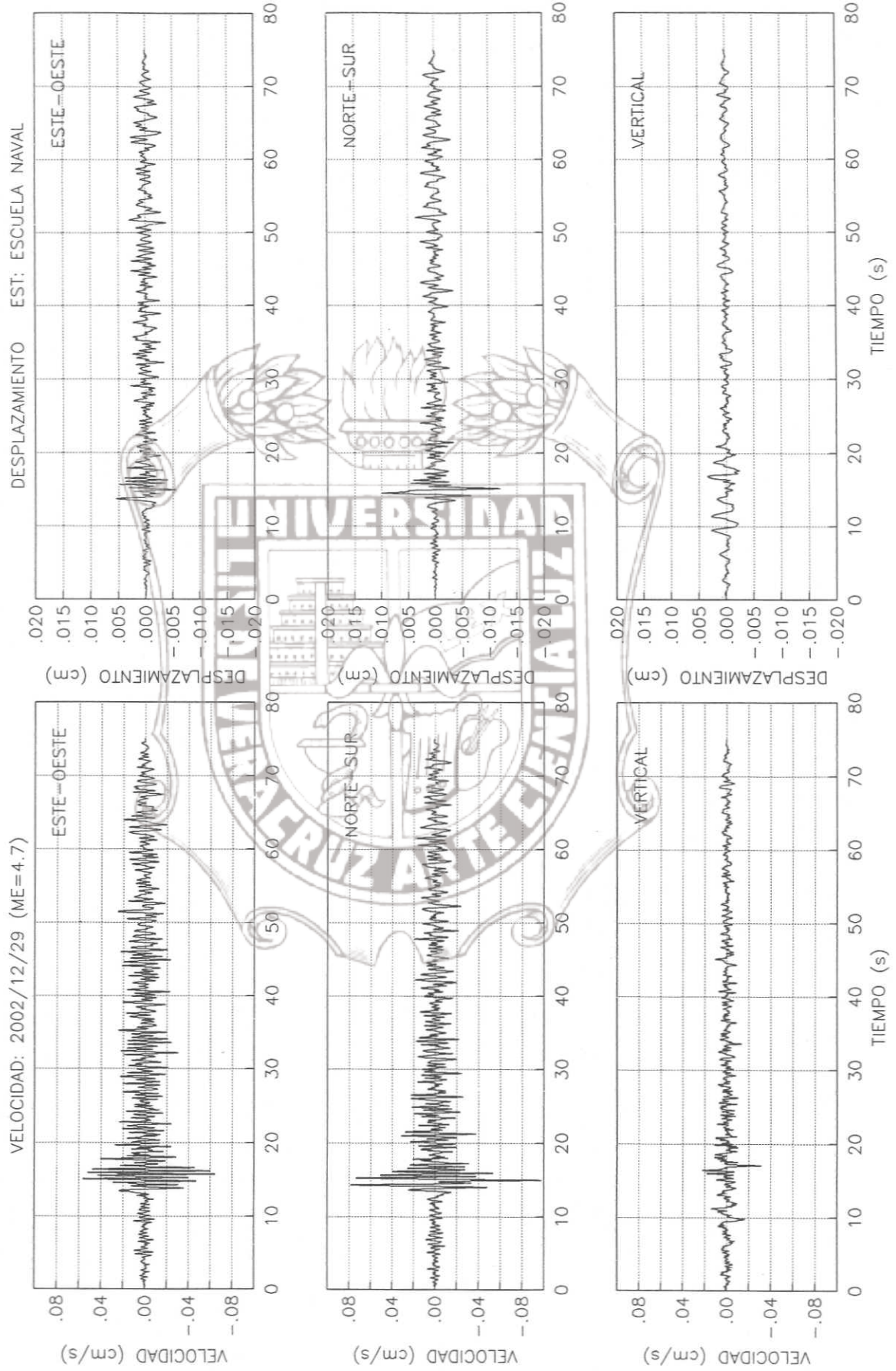


Fecha:	29/12/2002	Latitud:	17.60	Profundidad (Km):	131
Hora(Local):	01:31:46	Longitud:	95.19	Magnitud (Me):	4.7

UBICACIÓN:	Veracruz-Oaxaca	Estación:	ENVE
------------	-----------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	N-S (Gales)
0.974	1.100
	VERTICAL (Gales)
	0.289

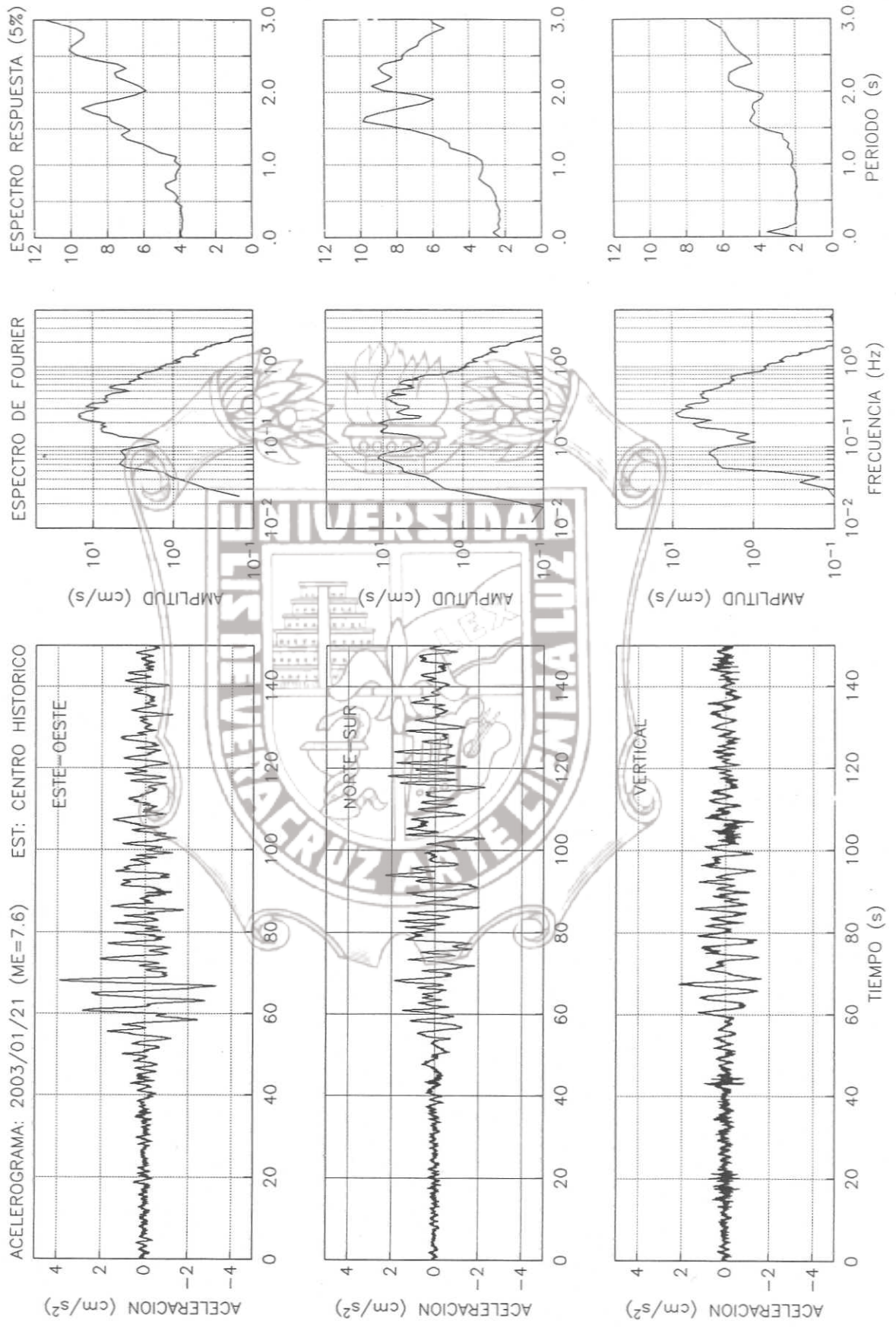


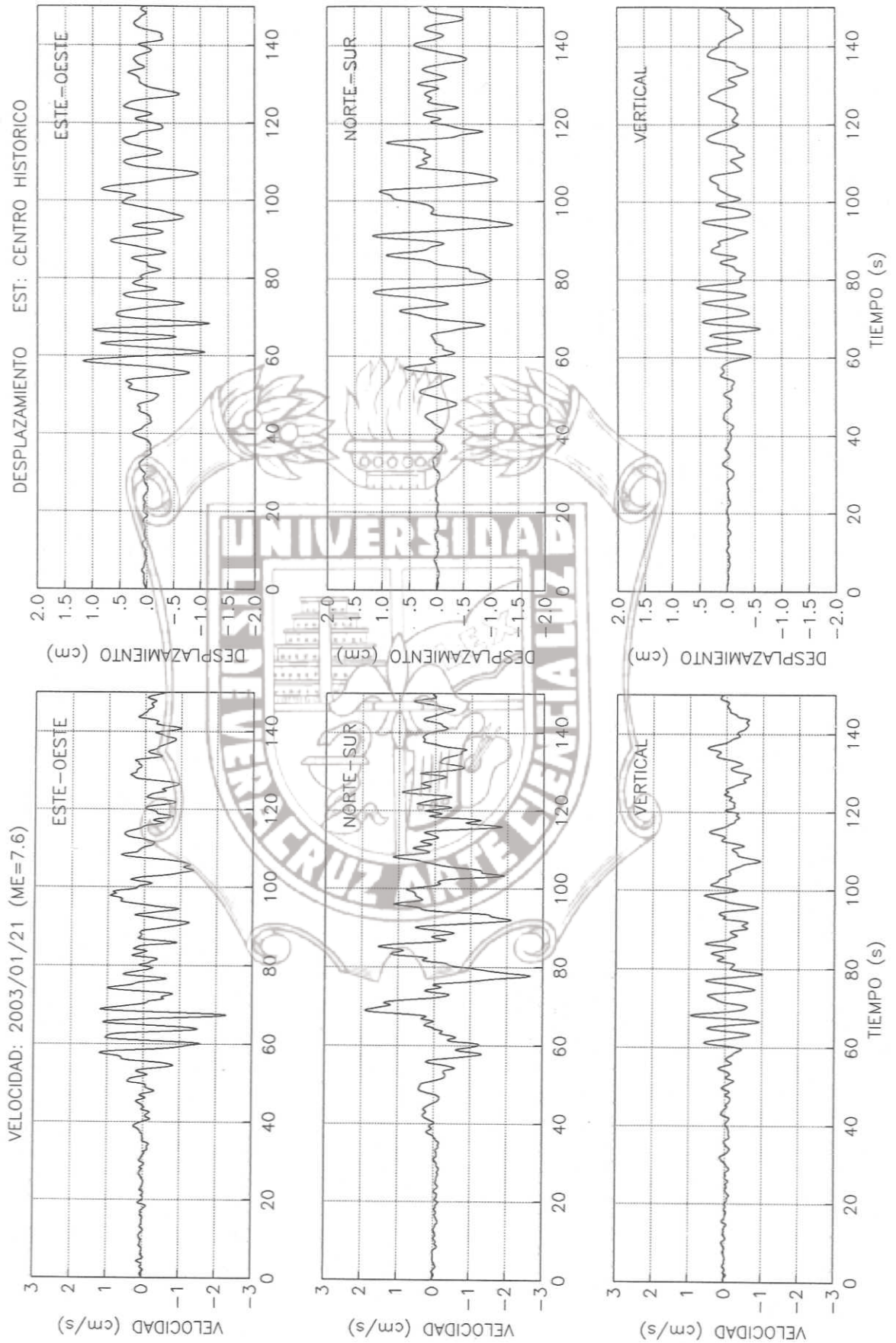


Fecha:	21/01/2003	Latitud:	18.22	Profundidad (Km):	10
Hora(Local):	20:06:31	Longitud:	104.6	Magnitud (Me):	7.6

UBICACIÓN:	Costa de Colima	Estación:	CHVE
------------	-----------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	N-S (Gales)
3.880	2.300
	VERTICAL (Gales)
	2.130

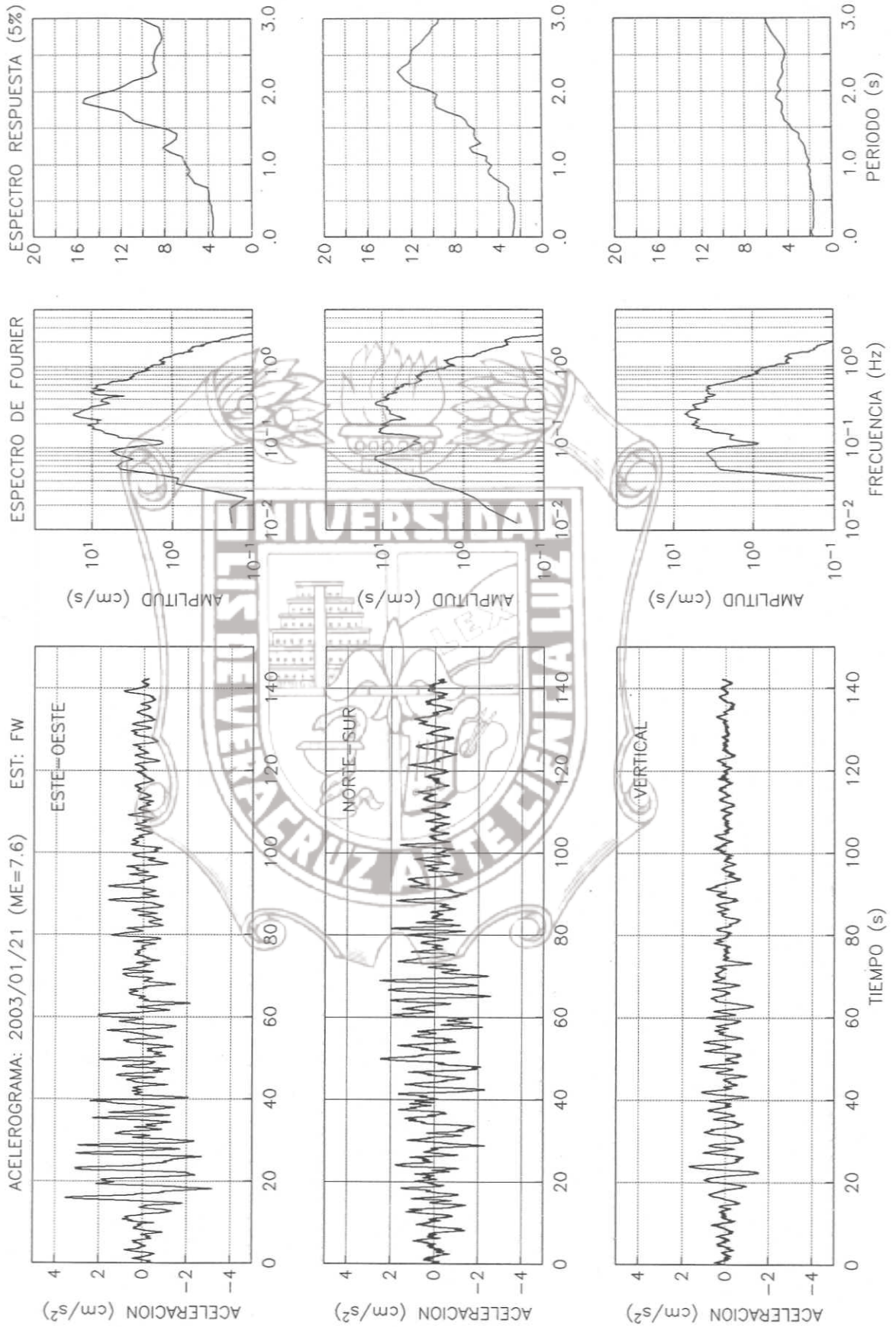


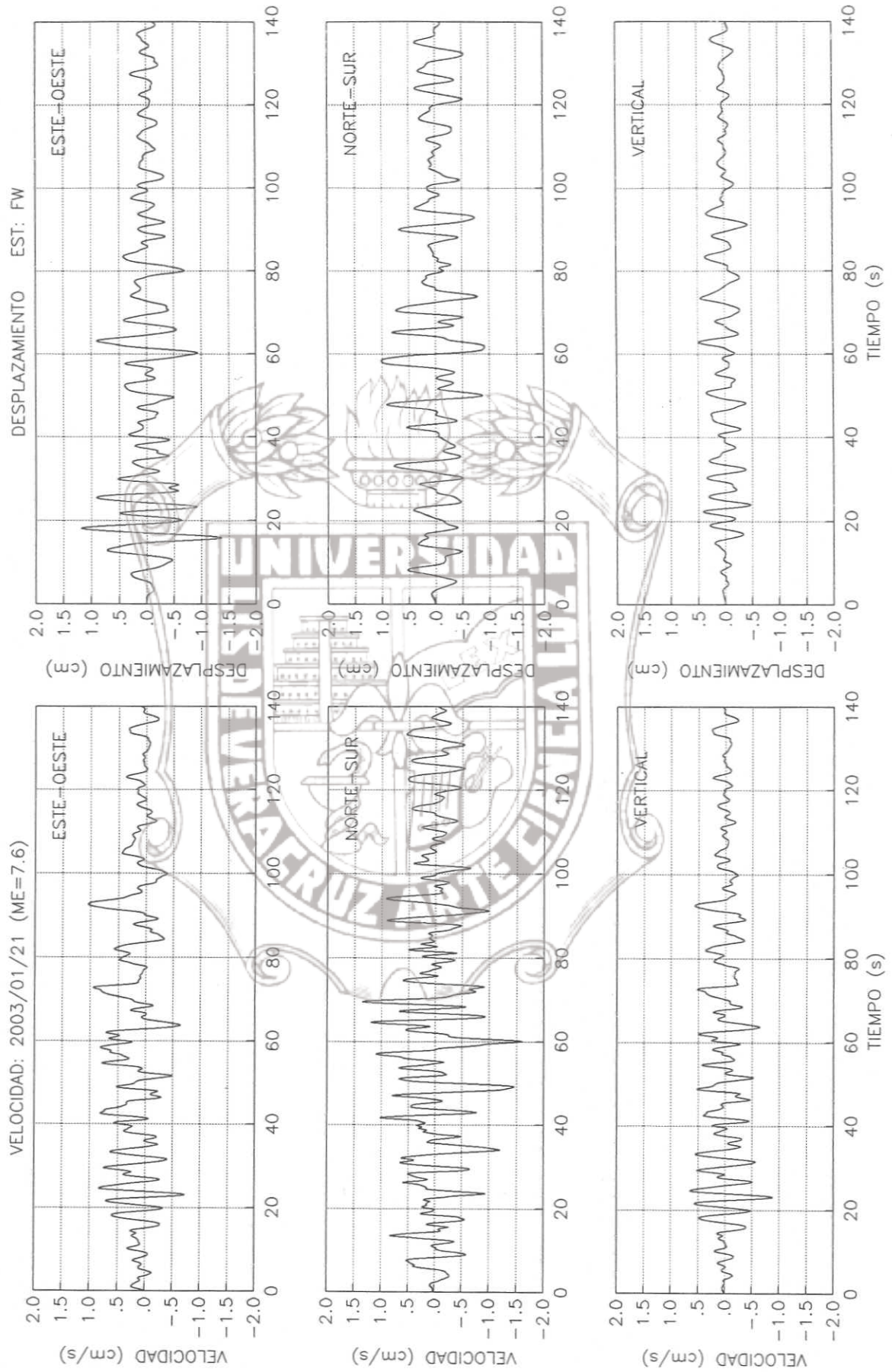


Fecha:	21/01/2003	Latitud:	18.22	Profundidad (Km):	10
Hora(Local):	20:06:31	Longitud:	104.6	Magnitud (Me):	7.6

UBICACIÓN:	Costa de Colima	Estación:	FWVE
------------	-----------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	N-S (Gales)
3.540	2.570
	VERTICAL (Gales)
	1.690

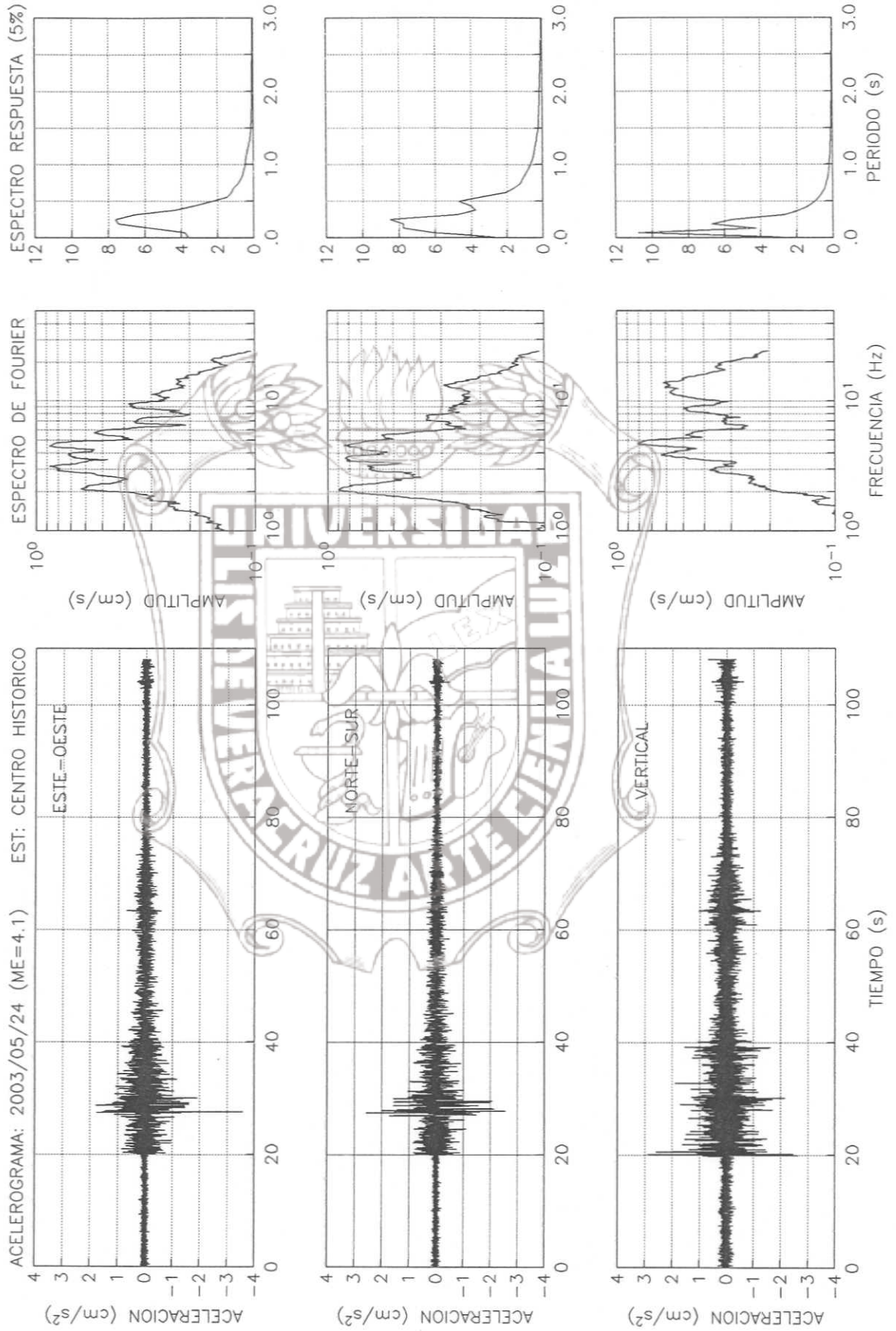


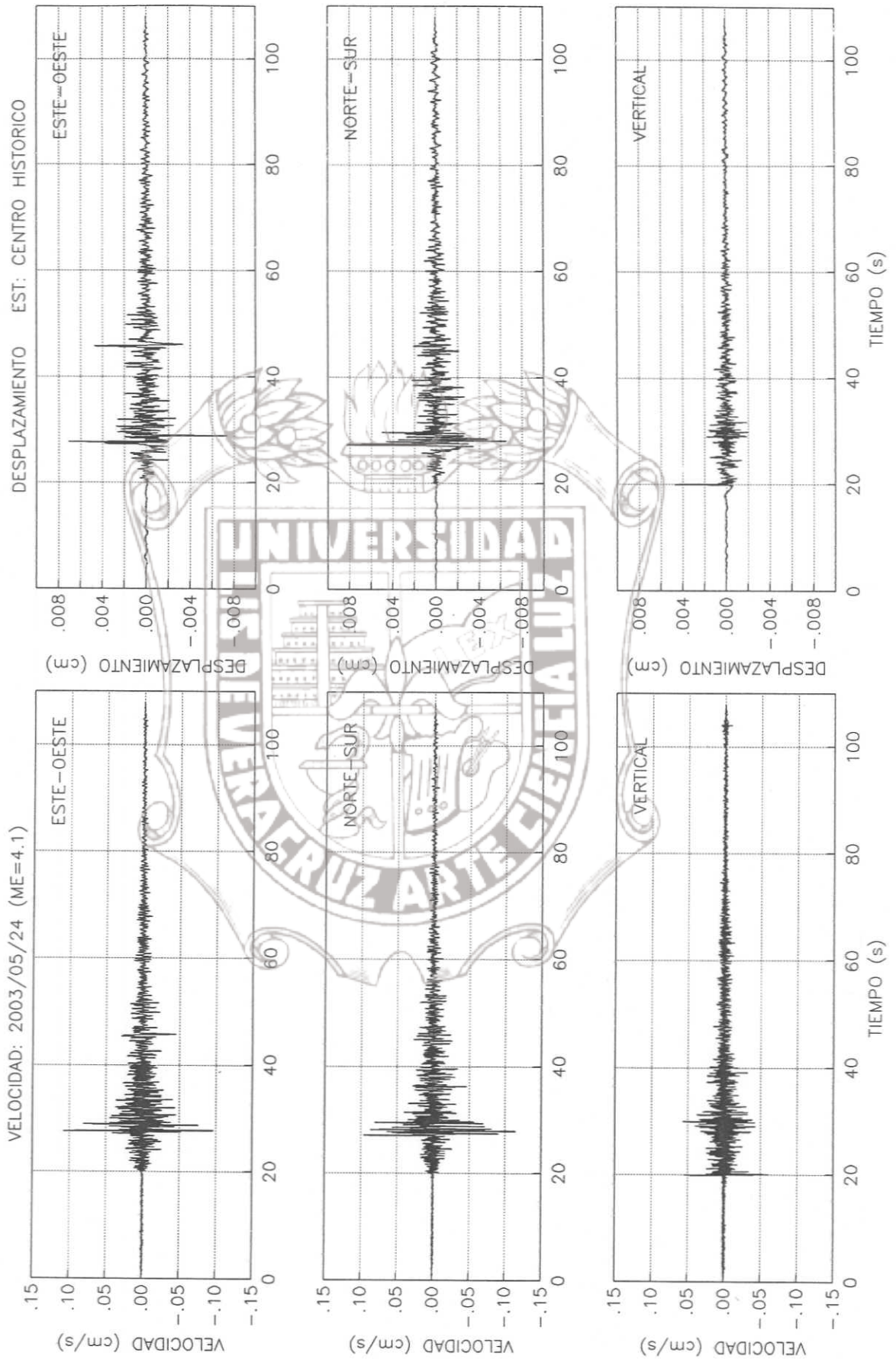


Fecha:	24/05/2003	Latitud:	19:11	Profundidad (Km):	26
Hora(Local):	11:16:32	Longitud:	95.87	Magnitud (Me):	4.1

UBICACIÓN:	Costa de Veracruz	Estación:	CHVE
------------	-------------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	N-S (Gales)
3.570	2.570
	VERTICAL (Gales)
	2.900

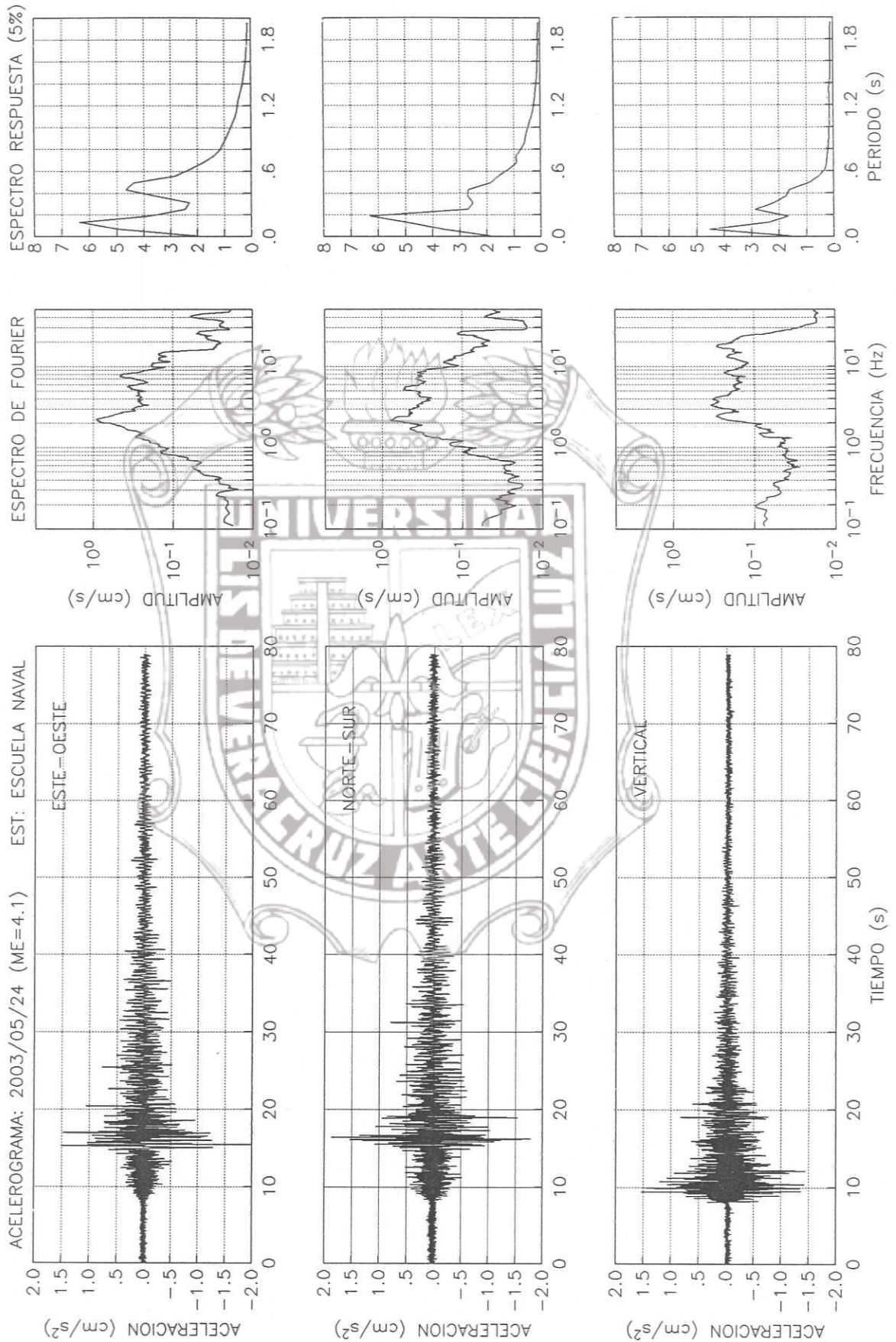


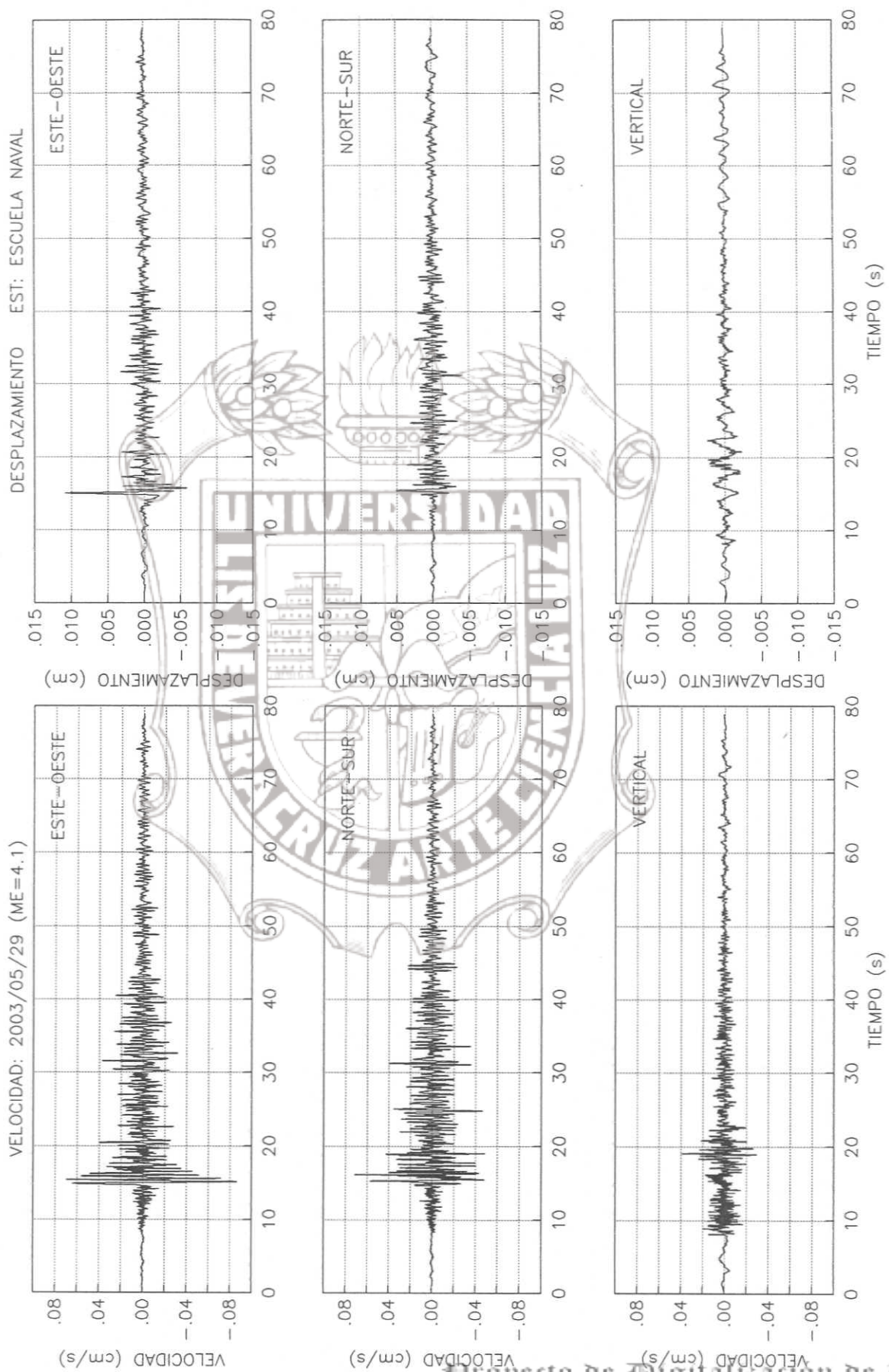


Fecha:	24/05/2003	Latitud:	19:11	Profundidad (Km):	26
Hora(Local):	11:16:32	Longitud:	95.87	Magnitud (Me):	4.1

UBICACIÓN:	Costa de Veracruz	Estación:	ENVE
------------	-------------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	N-S (Gales)
1.980	1.870
	VERTICAL (Gales)
	1.540





Fecha:	24/05/2003	Latitud:	19:11	Profundidad (Km):	26
Hora(Local):	11:16:32	Longitud:	95.87	Magnitud (Me):	4.1

UBICACIÓN:	Costa de Veracruz	Estación:	IIVE
------------	-------------------	-----------	------

ACELERACIONES MAXIMAS	
E-W (Gales)	N-S (Gales)
3.870	4.470
	VERTICAL (Gales)
	15.500

