



*Williams Linera Francisco<sup>1</sup>, Riquer Trujillo Guadalupe<sup>1</sup>, Leyva Soberanis  
Regino<sup>1</sup>, Torres Morales Gilbert<sup>2</sup>*

**Artículo II-08****RESUMEN**

Se presenta la red acelerográfica de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río, México, describiendo los tipos de acelerógrafos con los que cuenta la red, así como los criterios que se emplearon para su distribución. También se mencionan los estudios realizados a la fecha para la localización de una zona cuya característica principal sea la ausencia de efectos de sitio para la instalación de la estación de referencia. En el período en el que ha estado operando la red, se han registrado 18 eventos sísmicos, entre los que destacan algunos lejanos como el de Colima del 21 de enero del 2003 y locales como el del 24 de mayo de 2003.

**ABSTRACT**

It describes the accelerographic net of the urban zone Veracruz-Boca del Río, Mexico, mentioning the types of accelerographs that includes the net, so as the criterions and the studies that will use for its distribution of one zone of which principal characteristic to be the absence site effect for the installation of the reference station. In the space of time during have been operating the net seismic, it have registered 18 seismic events, between the most important seismic, there are the Colima seismic of January 21 of 2003 and other local seismics how it May, 24 of 2003

**INTRODUCCION**

El Instituto de Ingeniería de la Universidad Veracruzana (IIUV) inició en el año de 1999, las propuestas técnicas encaminadas a la justificación de la instalación de una red de monitoreo sísmico, para lo cual se planteó en una primera etapa instalarla en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río. Su finalidad, es contribuir a la base de datos de registros sísmicos nacional y disponer de equipos propios para realizar estudios de microzonificación sísmica en las principales ciudades del estado de Veracruz y a su vez ampliar el conocimiento de la sismicidad local en cada una de ellas. Para el estado solamente existen estudios preliminares de microzonificación sísmica para las ciudades de Xalapa y Veracruz, realizados en colaboración entre el IIUV y el Instituto de Ingeniería de la UNAM (Lermo et al., 1995a,b).

Para seleccionar el equipo se investigó cuales eran las experiencias con los aparatos instalados en la ciudad de México, tomando en cuenta sus características técnicas y ventajas económicas de los

- (1) Instituto de Ingeniería, Universidad Veracruzana, Av. S. S. Juan Pablo II, s/n, Campus Mocambo, C. P. 94294, Boca del Río, Ver., México, Tel. (01-229) 923-28-00 ext. 22216, Fax 923-28-27, [franciscowilliamslinera@yahoo.com.mx](mailto:franciscowilliamslinera@yahoo.com.mx)
- (2) Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, Francisco J. Moreno No. 207, Col. Emiliano Zapata, Xalapa, Ver. México, Tel. (01-228) 8155019, Fax 8120688, [giltorres@prodigy.net.mx](mailto:giltorres@prodigy.net.mx)

diferentes equipos disponibles en el mercado internacional; se evaluaron varias opciones, sin embargo el aspecto económico jugó un papel importante en la decisión final.

La adquisición de dos acelerógrafos se logró concretar en el año 2000 y con esta infraestructura y equipos de cómputo básico se presentó un proyecto a CONACYT a través del Sistema de Investigación del Golfo de México (SIGOLFO), titulado: “Estudios Sísmicos e Instrumentación del Golfo de México (Microzonificación Sísmica de zona conurbada Veracruz-Boca del Río)”, el cual fue aprobado en la convocatoria 2000, para desarrollarse durante los años 2001-2002 (Riquer et al, 2003a,b) y que como beneficio inicial tuvo la obtención de los recursos para la compra de un tercer acelerógrafo. La red inicia sus operaciones en el año de 2001 y quedó integrada con tres acelerógrafos.

### **CARACTERISTICAS 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.

El tercer acelerógrafo es un modelo ETNA marca Kinematics 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 (Fig. 1).

### **LOCALIZACION DE LAS ESTACIONES**

Como se mencionó anteriormente, la red surgió paralelamente a un proyecto de microzonificación sísmica e inicialmente los acelerógrafos se colocaron temporalmente en las zonas propuestas en el trabajo de Lermo, et al (1995a), con la finalidad de registrar sismos fuertes o débiles que sirvieran en los estudios que se estaban llevando a cabo.

En esta primera etapa se definió una estación permanente, a la cual se le llamó Centro Histórico, por su ubicación en la zona antigua de la ciudad. La decisión de instalar un acelerógrafo en este sitio (Fig. 1), se basó en que en ese lugar existen ya dos bases (Fig. 2), en donde estuvieron funcionando por un espacio de aproximadamente 50 años dos sismógrafos a cargo del Servicio Sismológico Nacional, los cuales pertenecieron a la red que se inició en la época de Porfirio Díaz y se conformó entre 1910 y 1923 con 9 estaciones a lo largo de la República Mexicana. El edificio en donde se encuentra actualmente esta estación está a resguardo del Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH).

Se han colocado los acelerógrafos temporalmente en varios puntos de la zona conurbada y fuera de ella (tabla 1), obteniendo en 6 lugares registros de sismos (Figs. 3 y 4). Debido a que están en estudio los lugares definitivos de instalación (estación de referencia y una estación permanente), los equipos en algunos sitios se atornillan a un ancla previamente fijada al piso, y en otros lugares solamente se les coloca una caja de arena como lastre en la parte superior. La selección final del sitio se basa principalmente en tres condiciones: características de suelo, seguridad para los equipos y facilidad de acceso.

Las estaciones se identifican con cuatro letras, las dos primeras hacen referencia al lugar en donde se encuentran y las otras dos a la ciudad de Veracruz (VE). Su nombre, clave, coordenadas, ubicación y tipo de suelo se muestran en la tabla 1.



Figura 1. Estación Centro Histórico



Figura 2. Bases de los antiguos sismógrafos



Figura 3. Estación en Punta Antón Lizardo, Ver.



**Tabla 1. 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'

### REGISTROS OBTENIDOS

En el poco tiempo de operación que lleva la red se han logrado los registros de 18 sismos, los cuales se muestran cronológicamente en las tablas 2, 3 y 4, indicando la clave de la estación en donde fue registrado. Esta información es obtenida de la página del Servicio Sismológico Nacional (SSN).

**Tabla 2. Sismos registrados en las estaciones de la red durante el año de 2001**

Fecha	Hora Local	Lat. N	Long. W	Prof. (Km)	Mag. M <sub>E</sub>	Zona	Estación
Jul-09	08:46:42	19.24°	-96.28°	25	3.7	Costa norte de Veracruz	IIVE
Ago-02	18:19:07	15.45°	-94.00°	33	4.5	Costa de Chiapas	IIVE
Ago-06	08:13:15	16.71°	-95.22°	87	4.5	Oaxaca	IIVE
Sep-03	22:26:28	16.12°	-98.39°	6	5.2	Costa Guerrero-Oaxaca	IIVE
Sep-08	02:55:45	16.59°	-94.95°	100	4.8	Istmo de Tehuantepec	IIVE
Sep-09	07:05:29	16.46°	-93.95°	125	4.4	Chiapas	IIVE
Sep-11	04:13:36	15.15°	-92.35°	90	4.9	Costa de Chiapas	IIVE
Sep-15	03:02:28	16.39°	-94.49°	73	4.6	Istmo de Tehuantepec	IIVE
Oct-07	21:39:20	17.01°	-100.10°	16	6.1	Guerrero	IIVE
Oct-09	12:48:21	18.17°	-95.26°	58	4.7	Sur de Veracruz	IIVE
Nov-10	11:09:15	15.84°	-98.35°	18	6.0	Costa de Oaxaca	IIVE
Nov-28	08:32:36	15.39°	-93.53°	70	6.0	Costa de Chiapas	IIVE

**Tabla 3. Sismos registrados en las estaciones de la red durante el año de 2002**

Fecha	Hora Local	Lat. N	Long. W	Prof. (Km)	Mag. $M_E$	Zona	CHVE	FWVE	POVE	COVE	ENVE
Ene-16	17:09:56	15.58°	-93.60°	36	6.3	Costa de Chiapas	X		X		
Ene-30	02:42:03	18.21°	-96.02°	115	5.1	Veracruz-Oaxaca	X	X			
Jun-30	15:14:39	19.26°	-96.17°	32	3.9	Costa norte de Veracruz	X		X	X	
Dic-29	01:31:46	17.60°	-95.19°	131	4.7	Veracruz-Oaxaca	X				X

**Tabla 4. Sismos registrados en las estaciones de la red durante el periodo enero-julio de 2003**

Fecha	Hora Local	Lat. N	Long. W	Prof. (Km)	Mag. $M_E$	Zona	IIVE	CHVE	FWVE	ENVE
Ene-21	20:06:31	18.22°	-104.6°	10	7.6	Costa de Colima		X	X	
May-24	11:16:32	19.11°	-95.87°	26	4.1	Costa de Veracruz	X	X		X

Los registros son procesados por corrección instrumental, línea base y filtrado. Para cada evento se elabora un reporte que incluye: sus parámetros hipocentrales, magnitud y aceleraciones máxima; y en forma gráfica se reportan: sus espectros de Fourier y Respuesta (5 %), y sus señales en aceleración, velocidad y desplazamiento. En las tablas 5, 6 y 7 se muestran las aceleraciones alcanzadas en el terreno en las tres componentes ortogonales durante los sismos registrados.

**Tabla 5. Aceleraciones máximas del terreno durante los sismos registrados en el año de 2001**

Fecha	Equipo	Estación	EW (gals)	NS (gals)	Vertical (gals)
Jul-09	Etna	IIVE	0.799	0.849	0.960
Ago-02	Etna	IIVE	0.175	0.143	0.388
Ago-06	Etna	IIVE	0.466	0.489	1.560
Sep-03	Etna	IIVE	0.250	0.320	0.598
Sep-08	Etna	IIVE	0.862	1.390	0.573
Sep-09	Etna	IIVE	0.336	0.353	1.030
Sep-11	Etna	IIVE	0.190	0.170	0.117
Sep-15	Etna	IIVE	0.511	0.419	0.242
Oct-07	Etna	IIVE	0.868	0.754	0.610
Oct-09	Etna	IIVE	1.070	1.010	0.931
Nov-10	Etna	IIVE	0.655	0.656	0.763
Nov-28	Etna	IIVE	1.640	1.190	1.410

Los sismos más importantes que se han registrado en la red últimamente son: El temblor de Colima del 21 de enero del 2003 ( $M_E=7.6$ ), que causo grandes daños en edificaciones antiguas y modernas en esa ciudad (Figs. 5 y 6) y el sismo local del 24 de mayo de 2003 (Figs. 7, 8 y 9), cuyo epicentro estuvo

cercano al sismo de Veracruz del 11 de marzo de 1967 (tabla 8). Este último se registró en las tres estaciones, siendo la estación ENVE la más cercana al epicentro.

**Tabla 6. Aceleraciones máximas del terreno durante los sismos registrados en el año de 2002**

Fecha	Equipo	Estación	EW (gals)	NS (gals)	Vertical (gals)
Ene-16	Etna	CHVE	3.470	3.310	1.190
	GSR-18	POVE	2.700	2.390	0.813
Ene-30	Etna	CHVE	10.800	10.530	4.460
	GSR-18	FWVE	6.790	6.560	2.810
Jun-30	Etna	CHVE	1.530	1.620	1.820
	GSR-18	COVE	1.150	1.020	1.150
	GSR-18	POVE	3.060	2.750	1.540
Dic-29	Etna	CHVE	0.508	0.622	0.363
	GSR-18	ENVE	0.974	1.100	0.289

**Tabla 7. Aceleraciones máximas del terreno durante los sismos registrados en el año de 2003  
(Periodo enero-julio)**

Fecha	Equipo	Estación	EW (gals)	NS (gals)	Vertical (gals)
Ene-21	Etna	CHVE	3.880	2.300	2.130
	GSR-18	FWVE	3.540	2.570	1.690
May-24	Etna	CHVE	3.570	2.570	2.900
	GSR-18	ENVE	1.980	1.870	1.540
	GSR-18	IIVE	3.870	4.470	15.500

**Tabla 8. Datos de los sismos del 11 de marzo de 1967 y 24 de mayo de 2003**

Fecha	11/marzo/1967	24/mayo/2003
Hora local	08:44:56 14:44:56 (GMT)	11:16:32 16:16:32 (GMT)
Magnitud	$M_w = 5.5$	$M_E = 4.1$
Profundidad	30 Km	26 Km.
Localización	Latitud N: 19.10°	Latitud N: 19.11°
	Longitud W: 95.57°	Longitud W: 95.87°
Zona	Costa de Veracruz	Costa de Veracruz

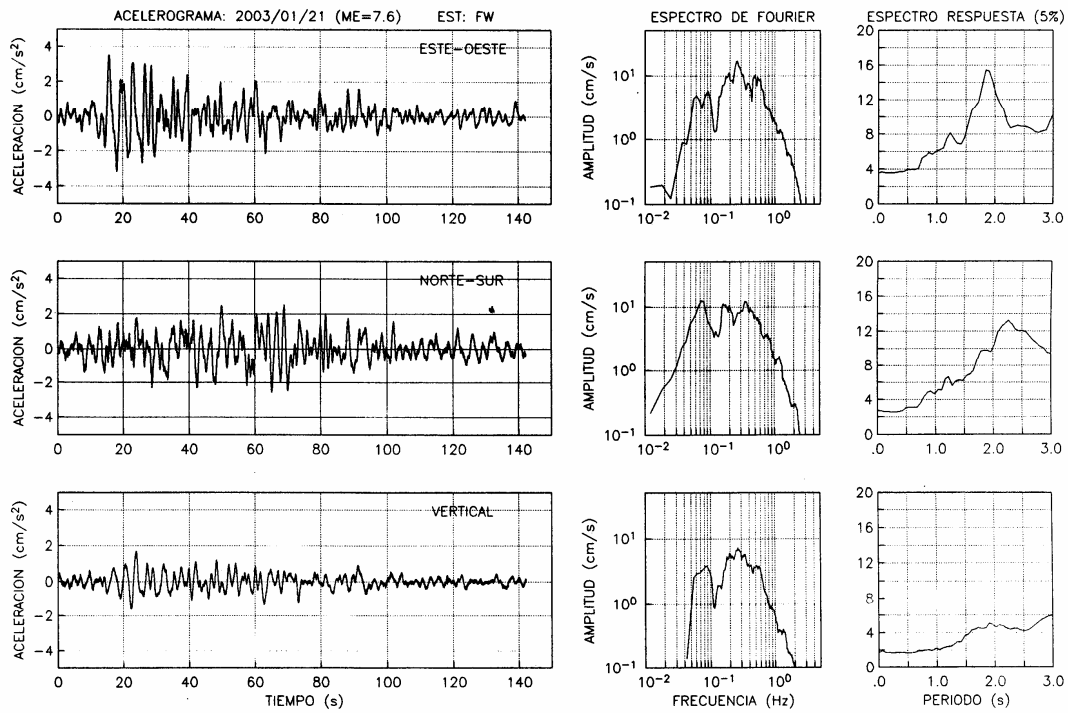


Figura 5. Sismo de Colima, estación zona norte (FWVE)

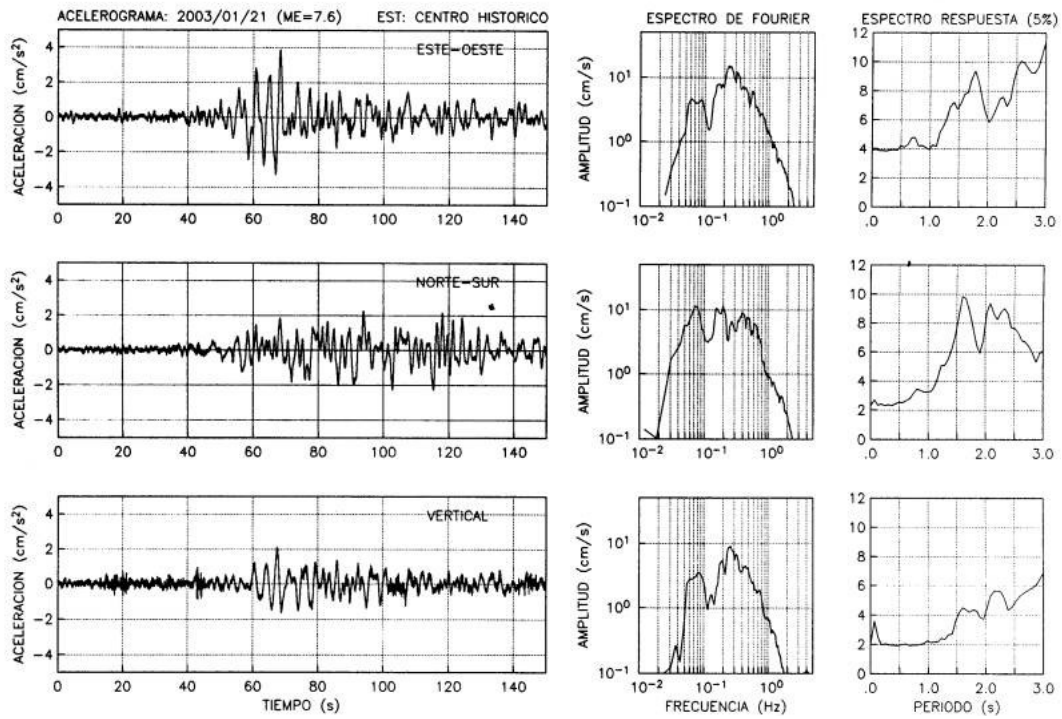


Figura 6. Sismo de Colima, estación centro histórico (CHVE)

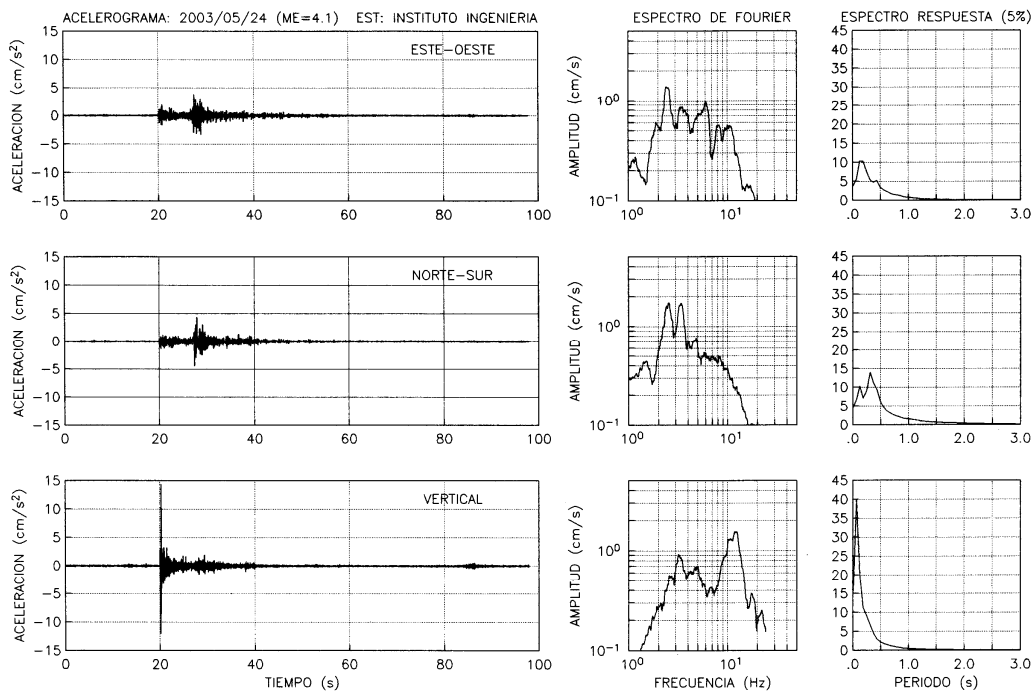


Figura 7. Sismo del 24 de mayo de 2003 en las costas de Veracruz, estación Instituto de Ingeniería (IIVE)

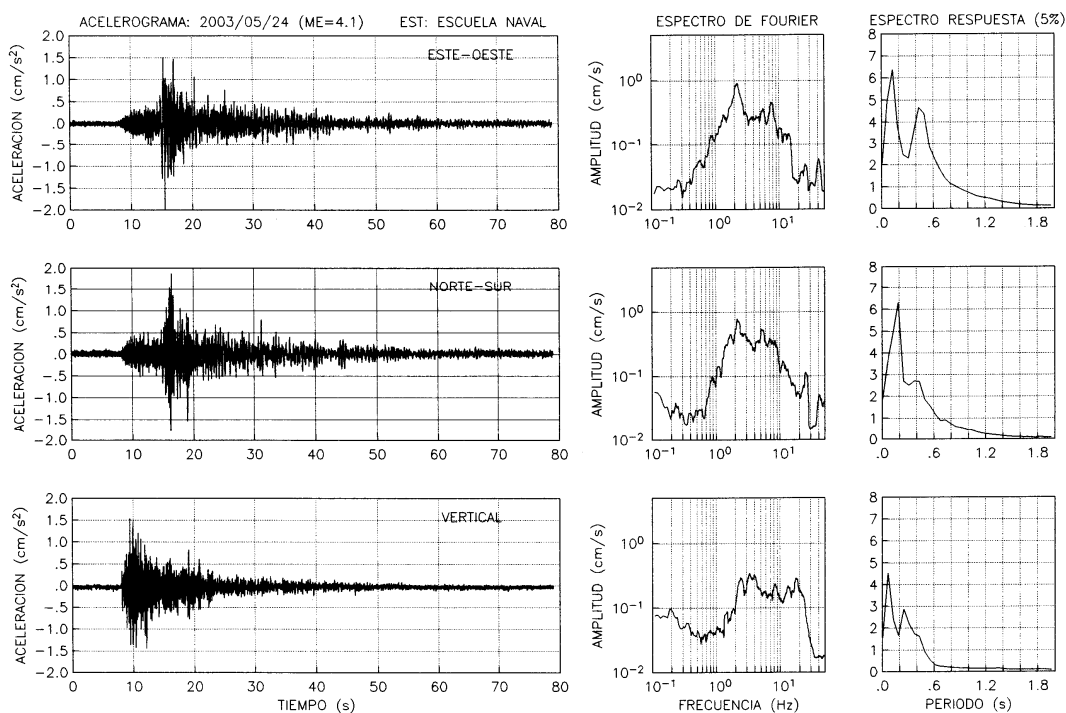


Figura 8. Sismo del 24 de mayo de 2003 en las costas de Veracruz, estación Escuela Naval (ENVE)

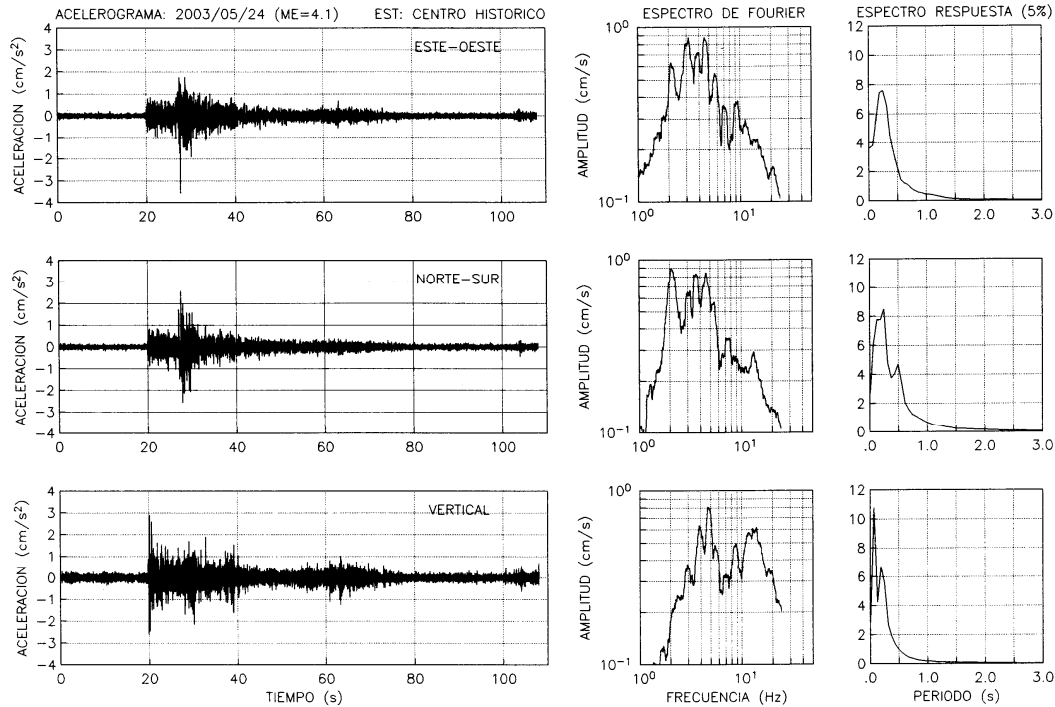


Figura 9. Sismo del 24 de mayo de 2003 en las costas de Veracruz, estación Centro Histórico (CHVE)

### ESTACION DE REFERENCIA

Para definir su ubicación se estudiaron los planos del INEGI, en donde se localizó una zona de conglomerados. Inicialmente se decidió colocar el equipo en los terrenos del rancho "El Torreón del Molino", perteneciente a la Universidad Veracruzana, ya que se cuenta con instalaciones propias que facilitaron la operación del equipo y la seguridad del mismo. A la estación ubicada en este lugar se le llamo POVE. Los estudios realizados consistieron en tomar en varios puntos registros de vibración ambiental a nivel superficial. Con estos registros se estimó el efecto de sitio, usando la técnica de Nakamura (Lermo y Chávez, 1994), la cual consiste en obtener la razón espectral entre las componentes horizontales (NS y EW) y la vertical (Fig. 10, con línea gruesa, promedio de razones espectrales y líneas delgadas razones espectrales). Los resultados dieron buenos indicios de que podría ser la zona adecuada. Posteriormente se hizo una excavación a 0.70 m de profundidad y se tomaron una serie de 5 registros, dándonos como resultado nuevamente una amplificación entre 5 y 10 Hz (Fig. 11). Por lo que, se decidió verificar a una profundidad de 2 m. abajo del nivel natural del terreno, donde se tomaron otros 4 registros, resultando que la gran mayoría nuevamente presentaron la misma amplificación hacia altas frecuencias (Fig.12). Esto permitió confirmar que este sitio no es adecuado para la estación de referencia por no estar libre de efectos de sitio. Es importante mencionar que conforme se fue avanzando en el proyecto de microzonificación sísmica en lo referente a la geotecnia, se modificaron los límites de la zona de conglomerado, encontrándose que la zona en estudio se localiza dentro de los depósitos aluviales.

También se planteó hacer un monitoreo en la Zona Hotelera, donde se tiene depósitos de coral. Se tomaron registros a nivel superficial frente al Fraccionamiento Costa de Oro, sobre el Boulevard Manuel Avila Camacho. Los registros muestran que hay una amplificación considerable para el rango de

frecuencias de 6 a 10 Hz, en algunos casos esta amplificación llegó hasta 3 veces (Fig.13). Tampoco esta zona resultó ser una zona adecuada para la estación de referencia.

Se continuó con la búsqueda del sitio más adecuado y se tomaron registros en los terrenos de la Heroica Escuela Naval Militar, ubicada en Punta Antón Lizardo, municipio de Alvarado, Ver. Esta área, de acuerdo con la información geológica, está sobre una zona arrecifal. Aquí se hicieron varios registros de vibración ambiental, algunos de los cuales presentan buena estabilidad (Fig. 14) lo que hace del sitio una alternativa.

El lugar para instalar la estación de referencia se encuentra actualmente en estudio y se tiene planeado investigar en otros puntos para elegir el lugar idóneo.

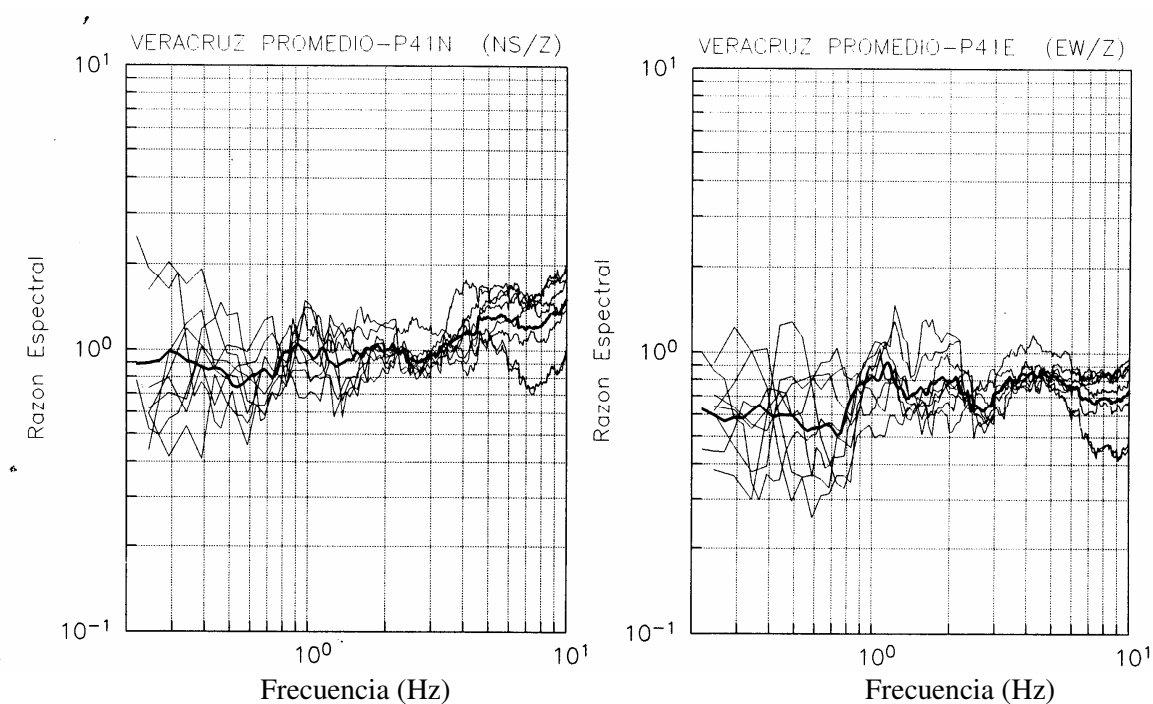


Figura 10. Efecto de sitio, estimado con registros de vibración ambiental al nivel de terreno natural, en el rancho “El Torreón del Molino” (POVE)

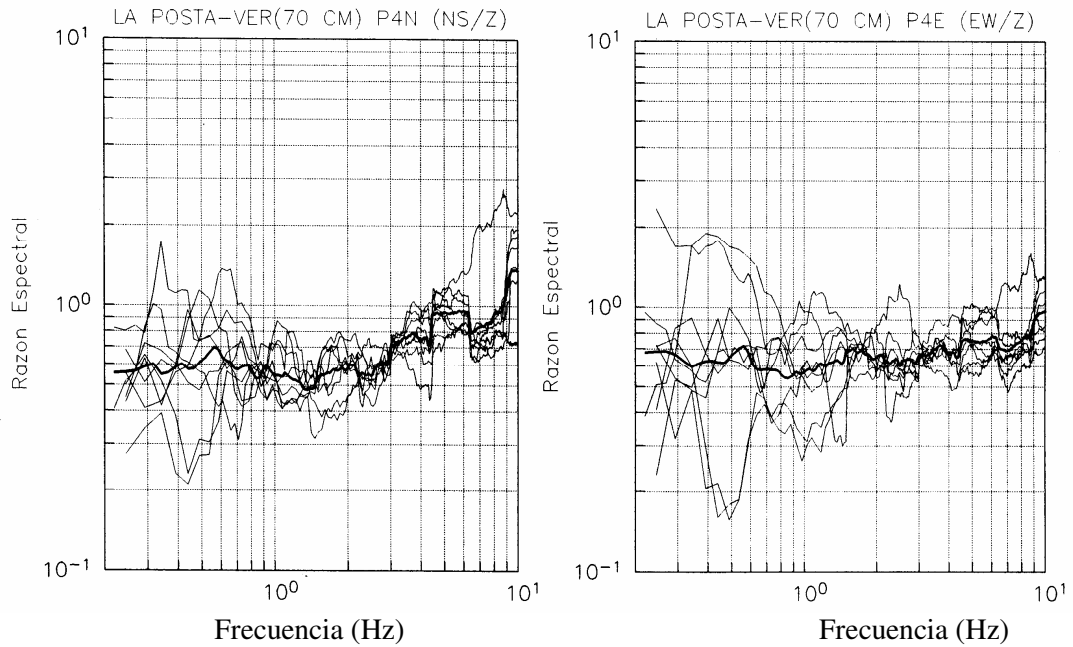


Figura 11. Efecto de sitio, estimado con registros de vibración ambiental a la profundidad de 0.70 m, en el rancho “El Torreón del Molino” (POVE)

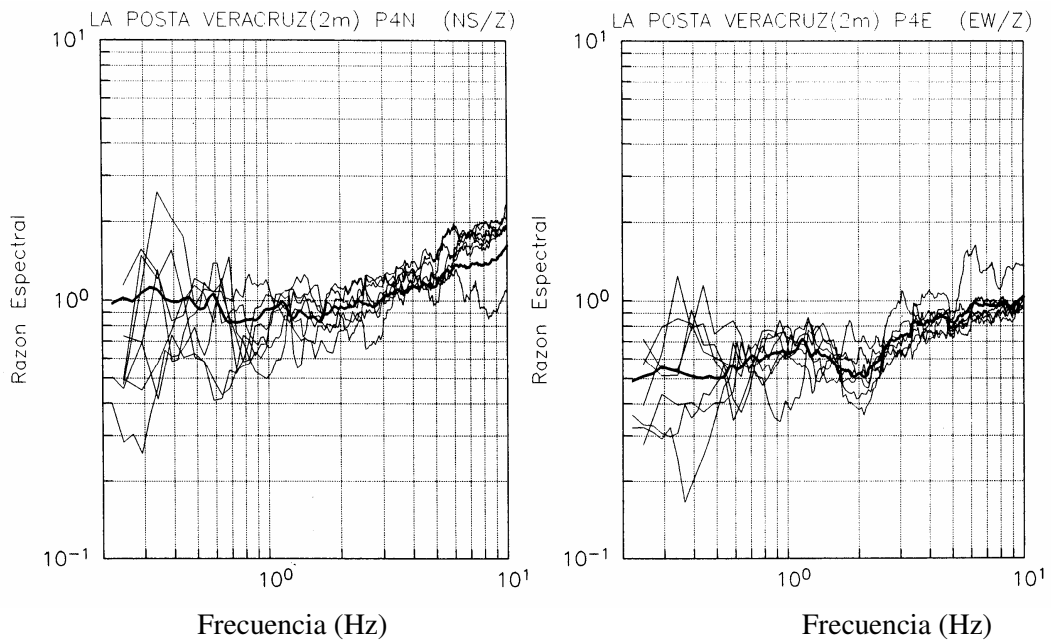


Figura 12. Efecto de sitio, estimado con registros de vibración ambiental a la profundidad de 2.00 m, en el rancho “El Torreón del Molino” (POVE)

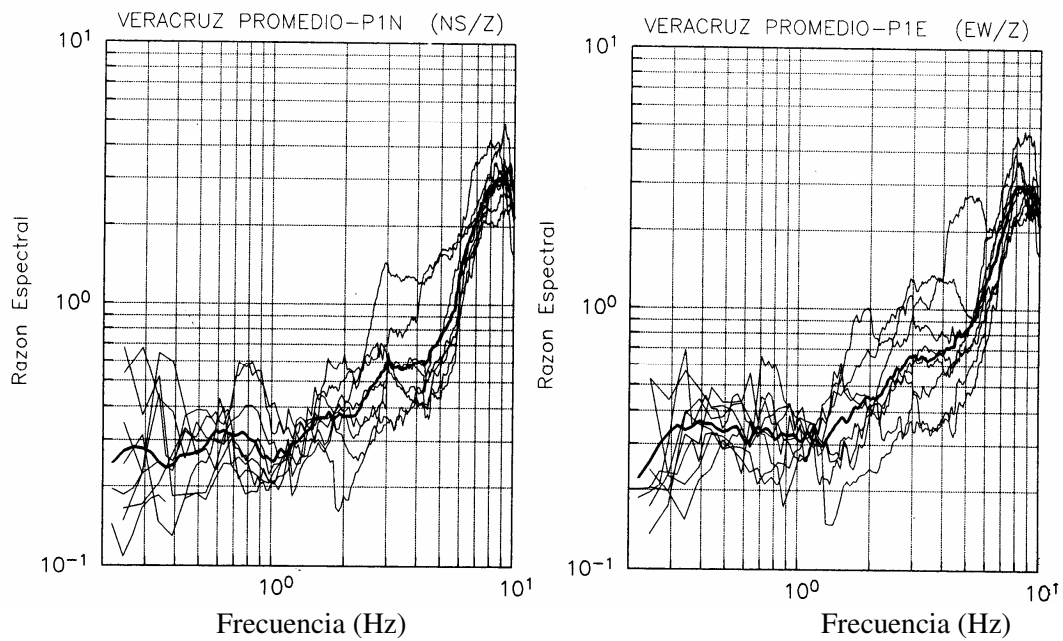


Figura 13. Efecto de sitio, estimado con registros de vibración ambiental en la zona hotelera

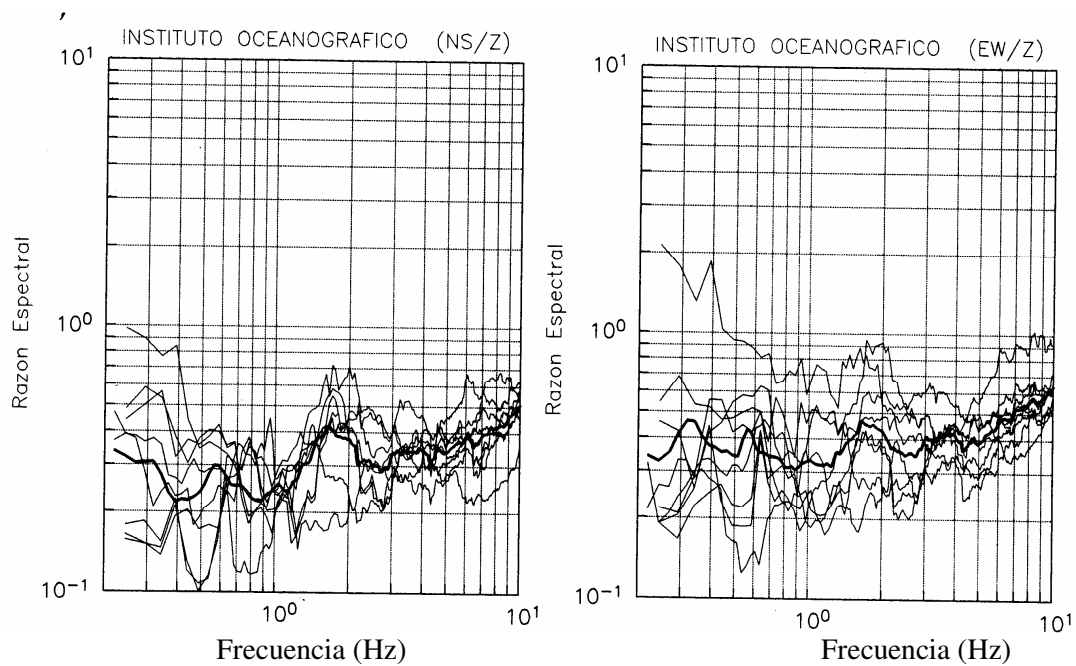


Figura 14. Efecto de sitio, estimado con registros de vibración ambiental en la Escuela Naval

## CONCLUSIONES

Hasta la fecha la red acelerográfica temporal ha registrado 18 sismos locales y regionales, siendo los más importantes: El temblor de Colima del 21 de enero del 2003 ( $M_e=7.6$ ), que causo grandes daños en edificaciones antiguas y modernas en esa ciudad; el sismo del 30 de Enero de 2003 ( $M_e=5.1$ ), cuyo epicentro se encuentra en los límites de Veracruz y Oaxaca, presentó una aceleración de más de 10 gales en las componentes horizontales en la estación CHVE; y el sismo local del 24 de mayo de 2003 ( $M_e=4.1$ ), cuyo epicentro estuvo cercano al sismo de Veracruz del 11 de marzo de 1967 ( $M_w=5.5$ ).

Los equipos se encuentran actualmente trabajando en condiciones confiables, y se pretende a la brevedad posible ubicar en forma definitiva la estación de referencia y construir una segunda estación permanente (la primera estación permanente es CHVE).

Se están realizando actividades de difusión con la finalidad de obtener apoyos para ampliar la densidad de la red cubriendo otras ciudades importantes del Estado de Veracruz. Actualmente se tiene contacto con otras instituciones como son el Instituto de Ingeniería de la UNAM y el CENAPRED a las cuales se les envían los registros de los sismos detectados en la red, también la Universidad Veracruzana está en el proceso de integrarse al Grupo Interuniversitario de Ingeniería Sísmica (GIIS), con el que se está participando en la Red Interuniversitaria de Ingeniería Sísmica (RIIS).

## RECONOCIMIENTOS

Al M.C. Javier Lermo Samaniego del Instituto de Ingeniería de la UNAM por su invaluable apoyo y asesoramiento en la realización de este proyecto y continuo estímulo para la realización de nuevos proyectos y al M.I. Ignacio Mora González del Centro de Ciencias de la Tierra de la UV por su apoyo en la operación de los equipos.

## REFERENCIAS

Lermo, J and F J Chavez-Garcia (1994a), "Are microtremors useful in site response evaluation?", *Bull. Seism. Soc. Am*, Vol. 84, pp.1350-1364.

Lermo, J, G Torres, P Almanza, A Vargas, J Cruz y J A Hernández (1995a), "Efectos de sitio en el Puerto de Veracruz, México, Microzonificación Sísmica Preliminar", *Memorias del XX congreso de la Academia Nacional de Ingeniería, A.C.*, Veracruz, Ver.

Lermo, J, G Torres, P Almanza, A Vargas, J Cruz y J A Hernández (1995b), "Efectos de sitio en la ciudad de Xalapa Veracruz, México, Microzonificación Sísmica Preliminar", *Memorias del XX congreso de la Academia Nacional de Ingeniería, A.C.*, Veracruz, Ver.

Riquer, G, J Lermo, F Williams, G Torres, I Mora, E Morales, R Leyva y E Sánchez (2003), Informe Técnico Semestral (1/4, 2/4, 3/4) e Informe Técnico Final (4/4) del proyecto: "Estudios Sísmicos e Instrumentación en el Golfo de México (Microzonificación Sísmica en la Zona Conurbada Veracruz-Boca del Río)", entregado a SIGOLFO-CONACYT. Clave: 00-06-007-V.

Riquer, G, F Williams, J Lermo, G Torres y R Leyva (2003), "Microzonificación Sísmica en la Zona Conurbada Veracruz-Boca del Río", *Memorias del XIV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Guanajuato-León, México.

Servicio Sismológico Nacional. [www.ssn.unam.mx](http://www.ssn.unam.mx)