

01161 1
1ej.

Universidad Nacional Autónoma de México

División de Estudios de Posgrado

Facultad de Ingeniería

**SIMULACIÓN DE REGISTROS DE TEMBLORES EN EL VALLE
DE MÉXICO MEDIANTE PROCESOS ESTOCÁSTICOS
MODULADOS EN AMPLITUD Y FRECUENCIA**

Jorge Luis Alamilla López

Tesis de Maestría

Tutor y Asesor de Tesis: Dr. Luis Esteva Maraboto

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ciudad Universitaria, 1997



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A la memoria de mi abuelita Adolfinia Romero, por la gran ternura con que me amó

A mi abuelito Juan López, por sus enseñanzas, consejos, y su gran ejemplo a seguir

A mi madre Miriam, por su amor y por enseñarme con su ejemplo a luchar y ser fuerte en medio de las adversidades

A mi tía Alicia, por su gran amor de madre y por enseñarme con su ejemplo a clamar y tener más fé en Dios aún cuando parece que El no esta

A mi novia Cesiah, por su apoyo y gran amor

A mis amadas hermanas, Liliana y Cinthia, por su cariño y apoyo

A toda mi familia, por su apoyo

Agradecimientos:

Al Todopoderoso por darme vida y capacidad para realizar este trabajo

A mi maestro el Dr. Luis Esteva Maraboto por su enseñanza, guía y paciencia durante el desarrollo del trabajo y sobre todo por su gran ejemplo a seguir

Al Departamento del DF por patrocinar este trabajo a través del Instituto de Ingeniería, institución que ha contribuido a mi formación como profesionalista

A mis sinodales, los Doctores: Sonia Ruiz, Mario Ordaz, Orlando Díaz y Oscar Flores, por sus valiosos comentarios y sugerencias

A Magui Hernández por su ayuda y apoyo incondicional, y ante todo por su amistad

A Teófilo Salomón, por facilitarme el uso de su equipo de cómputo y en especial por su amistad

A la Unidad de Servicios de Información, USI, del Instituto de Ingeniería por su apoyo por proporcionar la bibliografía empleada en este trabajo

Índice

1. Introducción.....	01
2. Movimiento del terreno y procesos estocásticos.....	03
2.3. Antecedentes.....	03
2.4. Ruido blanco filtrado.....	05
2.2.1. Filtro de Kanai-Tajimi.....	05
2.2.2. Filtro de Clough-Penzien.....	06
3. Procesos aleatorios.....	07
3.1. Proceso aleatorio modulado uniformemente.....	07
3.2. Proceso aleatorio modulado en frecuencia.....	08
4. Modelo probabilista del movimiento del terreno.....	13
5. Estimación de parámetros y funciones moduladoras.....	15
5.1. Función envolvente de intensidad.....	15
5.2. Función de modulación de frecuencia.....	16
5.3. Parámetros del filtro.....	18
5.4. Simulación de ruido blanco filtrado.....	19
5.5. Descomposición de la excitación en bandas de frecuencia.....	20
6. Resultados.....	21
6.1. Descripción de estaciones y acelerogramas analizados.....	21
6.2. Funciones moduladoras de acelerogramas.....	22
6.2.1. Función envolvente de intensidad.....	22
6.2.2. Función de cruces por cero.....	23
6.2.3. Efecto de la modulación sobre el proceso.....	23
6.3. Historia de aceleraciones en el dominio del tiempo.....	24
6.4. Medidas estadísticas de espectros de respuesta.....	27

7. Comentarios finales.....28

Tablas

Gráficas

Apéndice A. Método de Gauss

Referencias

1. Introducción

Es bien sabido que los temblores de tierra se deben en general al movimiento relativo en las superficies de contacto entre placas tectónicas vecinas. En México, la mayor parte de estos fenómenos se asocian con un proceso de subducción en la costa del Pacífico.

Desde el punto de vista ingenieril el aspecto más importante del movimiento del terreno durante temblores es el efecto dinámico que éste tiene sobre las estructuras, originando esfuerzos y deformaciones, pudiendo dañarlas e incluso llevarlas al colapso causando pérdidas materiales y en casos extremos pérdidas humanas.

Las investigaciones sobre modelos teóricos de la respuesta sísmica del valle de México que se han realizado durante las últimas décadas, en particular las que han tenido lugar después del temblor de Michoacán del 19 de septiembre de 1985, y los registros del movimiento del terreno durante sismos moderados que se han obtenido durante este lapso, han producido avances notables en el conocimiento de las características de los movimientos que pueden esperarse en distintos sitios del valle durante temblores intensos.

El acervo de resultados teóricos y de registros de campo con que actualmente se cuenta, permite considerar la posibilidad de utilizar de manera directa la información disponible en cada sitio o la que pueda obtenerse para el análisis y diseño de estructuras.

Por otra parte, a las incertidumbres propias de la variabilidad estadística de las intensidades y de las características detalladas de los movimientos que pueden esperarse en diversos sitios del valle de México, hay que añadir las que resultan de lo reducido de las muestras de datos disponibles; por lo que es necesario establecer las bases para realizar análisis de confiabilidad ante temblores en

estructuras construidas en el valle de México y aplicarlas a construcciones típicas desplantadas en diferentes zonas a fin de garantizar niveles adecuados de seguridad iguales a los implícitos en las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento. Para esto es necesario analizar primero las características del movimiento del terreno durante sismos.

En general, este problema se puede atacar utilizando acelerogramas registrados que representen temblores futuros, o por medio de modelos estocásticos del movimiento del terreno con cierta intensidad, contenido de frecuencias y otras propiedades dinámicas. Debido al número limitado de acelerogramas registrados y a las incertidumbres mencionadas, el utilizar la información registrada no basta para integrar las muestras estadísticas requeridas; de aquí surge la idea de elaborar el presente trabajo en el que se desarrolla un modelo estocástico no estacionario con densidad espectral evolutiva en el que la intensidad y el contenido de frecuencias cambian durante el temblor.

El movimiento del terreno se especifica por varios parámetros y se representa por procesos aleatorios modulados en frecuencia y amplitud.

Se aplica el método de Monte Carlo para obtener registros simulados de las aceleraciones del terreno, para diferentes estaciones acelerográficas del valle de México, que servirán en los análisis de confiabilidad estructural así como para aplicaciones futuras a casos específicos de la práctica profesional.

2. Movimiento del terreno y procesos estocásticos

2.1. Antecedentes

De acelerogramas registrados se puede observar lo impredecible que resulta el movimiento del terreno durante sismos. Desde mediados de siglo, con el surgimiento de las computadoras, muchos investigadores han tratado de modelarlo como procesos aleatorios. Una clase de tales modelos es el proceso modulado uniformemente, que se define como el producto de una función determinista, que es función del tiempo, y un proceso estacionario. Modelos como el de Bolotin, 1960; Aming y Ang, 1968; Shinozuka y Sato, 1967, pertenecen a esta clase.

Es bien conocido que este tipo de modelo es un caso especial del modelo evolutivo de Priestley, 1965, definido por

$$\xi_u(t) = \int_{-\infty}^{\infty} I(t, \omega) e^{i\omega t} dZ(\omega) \quad (1)$$

donde $I(t, \omega)$ es una función de modulación evaluada en el campo complejo y $dZ(\omega)$ es un proceso de incrementos ortogonales. El modelo representado por un proceso modulado uniformemente resulta cuando la función $I(t, \omega)$ es únicamente función del tiempo.

La media cuadrática del proceso definido por la ecuación 1 es de la forma

$$E[\xi_u^2(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} |I(t, \omega)|^2 S(\omega) d\omega \quad (2)$$

donde $S(\omega)$ es la función de densidad espectral del proceso. Esto permite dar la definición de densidad espectral evolutiva, como el producto $|I(t,\omega)|^2 S(\omega)$, que es función del tiempo y de la frecuencia. Sin embargo, estos modelos no son del todo satisfactorios, debido a que la función $I(t,\omega)$, definida en la ecuación 1, únicamente describe el cambio de intensidad de las aceleraciones del terreno, sin tomar en cuenta el cambio del contenido de frecuencias en el tiempo que se nota en los acelerogramas registrados.

Recientemente se han desarrollado modelos en los que se ha tratado de representar la no estacionariedad en el contenido de frecuencias del movimiento del terreno; algunos de estos modelos se describen a continuación. El de Saragoni y Hart, 1970, donde el movimiento del terreno se descompone en varios segmentos a lo largo del eje del tiempo, con lo que se obtiene así una densidad espectral para cada segmento. En el modelo de Der Kiureghian y Crempien, 1988, el movimiento del terreno es integrado por componentes de procesos estacionarios individuales, donde cada componente representa la energía del proceso en una banda de frecuencias. En el modelo de Grigoriu, Ruiz y Rosenblueth, 1988, el movimiento del terreno se divide en segmentos a lo largo del tiempo y la variación del contenido de frecuencias se toma en cuenta por un proceso de modulación de frecuencias mediante una función determinista. En éste último modelo, como en el de Saragoni y Hart, 1970, el uso de tres procesos estacionarios en tres intervalos consecutivos de tiempo causa cambios abruptos en el contenido de frecuencias, lo que es difícil de justificar físicamente.

En el presente trabajo se desarrolla el modelo de Yeh y Wen, 1989, en el que el movimiento del terreno se modela por una densidad espectral evolutiva; es decir, la intensidad y el contenido de frecuencias cambian en el tiempo.

2.2. Ruido blanco filtrado

De los análisis de Fourier de acelerogramas registrados se ha observado en los espectros de amplitudes que la amplitud de las ondas sísmicas que constituyen el movimiento del terreno durante sismos depende de la frecuencia. Los espectros pueden tener uno o más picos principales en ciertas frecuencias y decrecen para frecuencias grandes y chicas. La ocurrencia de frecuencias dominantes sugiere representar los acelerogramas sísmicos mediante ruido blanco filtrado de duración limitada, en donde las características dinámicas esenciales del movimiento del terreno son provistas por el filtro. A continuación se describen dos filtros empleados con frecuencia para representar espectros de potencia unimodales de acelerogramas sísmicos.

2.2.1. Filtro de Kanai-Tajimi

Kanai, 1957, y Tajimi, 1960, basados en un estudio de contenido de frecuencias de acelerogramas registrados idealizaron las aceleraciones del movimiento del terreno como un proceso aleatorio estacionario, con la siguiente densidad espectral

$$S_{KT}(\omega) = S_0 \frac{\omega_g^4 + 4\zeta_g^2 \omega_g^2 \omega^2}{(\omega_g^2 - \omega^2)^2 + 4\zeta_g^2 \omega_g^2 \omega^2} \quad (3)$$

El subíndice KT indica Kanai-Tajimi. Este modelo corresponde a las aceleraciones de una masa soportada por un resorte y amortiguador, cuya base está sujeta a un ruido blanco con densidad espectral constante, S_0 . La frecuencia

natural, ω_g , y el amortiguamiento crítico, ζ_g , controlan la forma del espectro, y representan las propiedades dinámicas del suelo.

2.2.2. Filtro de Clough-Penzien

En la figura 1 se muestra el filtro de Kanai-Tajimi; como puede verse, este filtro atenúa las componentes de alta frecuencia y amplifica las frecuencias en la cercanía de $\omega=\omega_{max}$, pero no tiene ninguna influencia sobre las componentes de baja frecuencia. Como resultado se presentan fuertes singularidades para $\omega=0$; es decir, las variancias del desplazamiento y velocidad del suelo no están definidas.

Para eliminar las singularidades, el proceso se pasa nuevamente por una función de transferencia, definida en la ecuación 4, de lo que resulta el filtro de Clough-Penzien, que se define en la ecuación 5.

$$H(\omega) = \frac{\omega^4}{(\omega_f^2 - \omega^2)^2 + 4\zeta_f^2 \omega_f^2 \omega^2} \quad (4)$$

$$S_{CP}(\omega) = S_{KT}(\omega)H(\omega) \quad (5)$$

Aquí, CP indica Clough-Penzien. Los parámetros que definen la función de transferencia de la ecuación 4 son la frecuencia, ω_f , y el amortiguamiento, ζ_f , que definen la forma del filtro de Clough-Penzien sobre las componentes de baja frecuencia.

3. Procesos aleatorios

3.1 Proceso aleatorio modulado uniformemente

Debido a que las amplitudes y el contenido de frecuencias del movimiento del terreno varían considerablemente durante un evento sísmico, no es adecuado representar el movimiento como proceso estocástico estacionario. Esta variación causa que los parámetros estadísticos de la excitación sean dependientes del tiempo, es decir, que el movimiento del terreno sea no estacionario.

En un modelo simplificado, la no estacionariedad del movimiento debida a la variación de la amplitud durante un sismo puede representarse por medio de un proceso aleatorio modulado en amplitud, $\xi_{\mu}(t)$, dado por la ecuación 6, que es el producto de una función envolvente determinista dependiente del tiempo $I(t)$, y un proceso aleatorio estacionario $Y(t)$.

$$\xi_{\mu}(t) = I(t) Y(t) \quad (6)$$

De esta forma, la intensidad del movimiento del terreno es controlada por $I(t)$ únicamente. Este procedimiento tiene la ventaja de separar la intensidad del contenido de frecuencias de la excitación.

De acuerdo con el concepto de evolucionariedad de Priestley, 1965, la densidad espectral de la excitación $\xi_{\mu}(t)$ se representa por $I^2(t) S(\omega)$, función que describe la distribución de la energía local disipada por el proceso sobre un intervalo de frecuencias. $S(\omega)$ es la densidad espectral de potencia del proceso estacionario $Y(t)$.

3. Procesos aleatorios

3.1 Proceso aleatorio modulado uniformemente

Debido a que las amplitudes y el contenido de frecuencias del movimiento del terreno varían considerablemente durante un evento sísmico, no es adecuado representar el movimiento como proceso estocástico estacionario. Esta variación causa que los parámetros estadísticos de la excitación sean dependientes del tiempo, es decir, que el movimiento del terreno sea no estacionario.

En un modelo simplificado, la no estacionariedad del movimiento debida a la variación de la amplitud durante un sismo puede representarse por medio de un proceso aleatorio modulado en amplitud, $\xi_{\mu}(t)$, dado por la ecuación 6, que es el producto de una función envolvente determinista dependiente del tiempo $I(t)$, y un proceso aleatorio estacionario $Y(t)$.

$$\xi_{\mu}(t) = I(t) Y(t) \quad (6)$$

De esta forma, la intensidad del movimiento del terreno es controlada por $I(t)$ únicamente. Este procedimiento tiene la ventaja de separar la intensidad del contenido de frecuencias de la excitación.

De acuerdo con el concepto de evolucionariedad de Priestley, 1965, la densidad espectral de la excitación $\xi_{\mu}(t)$ se representa por $I^2(t) S(\omega)$, función que describe la distribución de la energía local disipada por el proceso sobre un intervalo de frecuencias. $S(\omega)$ es la densidad espectral de potencia del proceso estacionario $Y(t)$.

3.2. Proceso aleatorio modulado en frecuencia

Para describir las propiedades no estacionarias del movimiento del terreno, es decir, la evolución de la intensidad y del contenido de frecuencias durante el tiempo en que ocurre el sismo, las variaciones de la intensidad se toman en cuenta mediante un proceso aleatorio modulado uniformemente, dado por la ecuación 6, mientras que los cambios del contenido de frecuencias en el tiempo se representan mediante un proceso aleatorio modulado en frecuencia, lo que se logra cambiando la escala del tiempo de un proceso aleatorio estacionario. Este concepto se desarrolla en lo que sigue:

De acuerdo con Cramer y Leadbetter, 1967, un proceso aleatorio estacionario $Y(\phi)$ se representa espectralmente de acuerdo con la siguiente ecuación

$$Y(\phi) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\omega\phi} dZ(\omega) \quad (7)$$

donde $Z(\omega)$ es un proceso ortogonal, en el sentido que los incrementos $dZ(\omega_1)$, $dZ(\omega_2)$, de dos puntos distintos ($\omega_1 \neq \omega_2$), son variables aleatorias no correlacionadas, es decir

$$E[dZ(\omega_1)dZ(\omega_2)] = 0 \quad (8)$$

El operador $E[.]$ indica esperanza. Físicamente la función de densidad espectral de un proceso estacionario $Y(\phi)$, que se escribe en la forma de la ecuación 9, es el promedio del contenido de energía de cada frecuencia sobre todas las realizaciones posibles.

$$S_{YY}(\omega)d\omega = E[|dZ(\omega)|^2] \quad (9)$$

Por definición, la función de autocorrelación $R_{YY}(\phi_2, \phi_1)$ de un proceso aleatorio es la esperanza de $Y(\phi_2) Y^*(\phi_1)$, donde * indica que se trata del conjugado complejo. Aplicando las ecuaciones 7 y 9, y haciendo $\tau = \phi_2 - \phi_1$, la función de autocorrelación adopta la forma

$$R_{YY} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\omega_2\phi_2 - i\omega_1\phi_1} E[dZ(\omega_1)dZ(\omega_2)]$$

$$R_{YY} = \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\omega\tau} S_{YY}(\omega)d\omega \quad (10)$$

R_{YY} es la transformada de Fourier de la función de densidad espectral. La ecuación 10 es una de las relaciones conocidas como las ecuaciones de Wiener-Kinchin, que describen cómo la función de densidad espectral puede determinarse a partir de la función de autocorrelación y, viceversa, la función de autocorrelación a partir de la función de densidad espectral.

Ahora, sea ϕ una función lineal estrictamente creciente en t y $X(t)=Y(\phi(t))$.
 Si $\phi(t)= a_0t+c_0$, donde $a_0 >0$ y c_0 es una constante, la función de autocorrelación de $X(t)$ es

$$R_{XX}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\omega_2\phi(t_2)-i\omega_1\phi(t_1)} E[dZ(\omega_1)dZ(\omega_2)]$$

$$R_{XX}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{ia_0\omega\tau} S_{YY}(\omega) d\omega$$

$$R_{XX}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\omega\tau} \frac{1}{a_0} S_{YY}\left(\frac{\omega}{a_0}\right) d\omega \quad (11)$$

donde $\tau=t_2-t_1$ y $\omega=a_0\omega$. La densidad espectral del proceso aleatorio estacionario $X(t)$ adopta la forma siguiente

$$S_{XX}(\omega) = \frac{1}{a_0} S_{YY}\left(\frac{\omega}{a_0}\right) \quad (12)$$

Ahora ,si ϕ es una función no lineal de t , la función de autocorrelación de $X(t)$ para un tiempo dado es,

$$R_{XX}(t, \tau) = E \left[X(t + \frac{\tau}{2}) X(t - \frac{\tau}{2}) \right]$$

$$R_{XX}(t, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\omega_1 \phi(t + \frac{\tau}{2}) - i\omega_2 \phi(t - \frac{\tau}{2})} E[dZ(\omega_1) dZ(\omega_2)]$$

$$R_{XX}(t, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\omega \left[\phi(t + \frac{\tau}{2}) - \phi(t - \frac{\tau}{2}) \right]} S_{YY}(\omega) d\omega \quad (13)$$

Si ϕ es una función continua en t , es posible desarrollarla en series de Taylor, y despreciando los términos de orden superior, la función de autocorrelación de la ecuación 13 se puede aproximar por medio de la primera derivada de ϕ como

$$R_{XX}(t, \tau) \approx \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\phi'(t)\omega\tau} S_{YY}(\omega) d\omega$$

$$R_{XX}(t, \tau) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{i\omega\tau} \frac{1}{\phi'(t)} S_{YY}\left(\frac{\omega}{\phi'(t)}\right) d\omega \quad (14)$$

donde $\omega = \phi'(t)\omega$. La ecuación 14 corresponde a las relaciones Wiener-Kinchin de un proceso aleatorio no estacionario; la densidad espectral de $X(t)$ se expresa en la forma

$$S_{XX}(t, \omega) = \frac{1}{\phi'(t)} S_{YY}\left(\frac{\omega}{\phi'(t)}\right) \quad (15)$$

4. Modelo probabilista del movimiento del terreno

Al analizar las características del movimiento del terreno durante temblores se observa que dicho movimiento puede representarse mediante procesos estocásticos no estacionarios cuya intensidad y contenido de frecuencias varían durante cada evento. Para representar estas variaciones, en este estudio se adopta un proceso aleatorio modulado en frecuencia y en amplitud que tiene la siguiente forma

$$\xi(t) = I(t) \zeta(\phi(t)) \quad (16)$$

$I(t)$ es una función determinista que constituye la envolvente de la intensidad que controla la amplitud de $\xi(t)$; $\zeta(\phi(t))$ es un ruido blanco filtrado en ϕ ; $\phi(t)$ es la función de modulación de frecuencias que determina la tasa de cambios de las frecuencias dominantes de $\xi(t)$. Los parámetros requeridos para el modelo incluyen el filtro y las dos funciones de modulación, $I(t)$ y $\phi(t)$. Para obtener estos parámetros con base en un acelerograma registrado se realiza un ajuste de acuerdo con el procedimiento que se describe en los siguientes párrafos.

- Se estima la función de intensidad mediante un procedimiento de mínimos cuadrados no lineal, ajustando la curva de energía del acelerograma registrado.
- Mediante un procedimiento de mínimos cuadrados no lineal se estima la función $\mu_o(t)$, definida en la ecuación 20, que caracteriza el cambio del contenido de frecuencias con el tiempo.

- Debido a la no estacionariedad en amplitud del registro, este se transforma a estacionario, dividiéndolo entre la función de intensidad.
- Mediante un proceso de modulación de frecuencia, el acelerograma modificado del paso anterior se expresa en términos de una variable $\phi(t)$, lo que equivale a transformar la escala del tiempo; la historia que resulta es función de ϕ y se designa con el nombre de acelerograma reducido.
- Se calcula el espectro de amplitudes de Fourier del acelerograma reducido a través del algoritmo de la transformada rápida de Fourier, y se obtiene la función de densidad espectral. Para ello se estima por medio de un procedimiento de mínimos cuadrados no lineal la energía del acelerograma reducido en el dominio de la frecuencia y se obtienen los parámetros del filtro de Clough-Penzien, que define la contribución en amplitud de cada frecuencia.

Para obtener registros simulados del movimiento del terreno se simula un ruido blanco filtrado en el dominio de las ϕ , aplicando el filtro descrito en el paso anterior. Finalmente, el acelerograma simulado se obtiene volviendo a la escala real del tiempo y multiplicando el resultado por la función de intensidad.

5. Estimación de parámetros y funciones moduladoras

5.1. Función envolvente de la intensidad

La esperanza de la función de energía del movimiento del terreno está dada por

$$E[W(t)] = \int E[\xi^2(\tau)] d\tau \quad (17)$$

De acuerdo con el modelo propuesto en la ecuación 16,

$$E[W(t)] = \int I^2(\tau) E[\zeta^2(\phi(\tau))] d\tau$$

Si el filtro se elige de manera que $E[\zeta^2(\phi(\tau))] = 1$, de esta ecuación se obtiene la siguiente.

$$E[W(t)] = \int I^2(\tau) d\tau \quad (18)$$

Teniendo en cuenta la aproximación de Saragoni y Hart, 1974, los parámetros requeridos de la función envolvente de intensidad se estiman a través de la esperanza de la función de energía de acelerogramas registrados. El ajuste de los parámetros de esta función se realiza por un procedimiento no lineal de mínimos cuadrados, de acuerdo con el método de Gauss, (Bard, 1974), que se describe en el apéndice A.

La función envolvente de intensidad utilizada es dada por la ecuación 19, propuesta por Yeh y Wen, 1989, la cual provee buena aproximación al problema. Los parámetros a determinar son A, B, C, D y E.

$$I^2(t) = A \frac{t^B}{D + t^E} e^{-Ct} \quad (19)$$

5.2. Función de modulación de frecuencia

Para caracterizar el cambio del contenido de frecuencias con el tiempo, se obtiene la forma en que varía la media del número de veces que el acelerograma pasa por cero sobre la escala del tiempo.

La no estacionariedad en frecuencia del proceso se toma en cuenta trabajando con un proceso estacionario referido a un tiempo ficticio, ϕ , que se relaciona con el real, t , mediante una transformación adecuada de escala. Este concepto es tomado de Parzen, 1962.

Siguiendo el procedimiento de Saragoni y Hart, 1974, lo anterior se desarrolla en los párrafos siguientes.

La esperanza del número de cruces por cero hasta el instante t , $E[N_o(t)]$, es una medida estadística del correspondiente proceso de conteo y se representa por medio de la función $\mu_o(t)$, definida en la ecuación 20, que es continua, diferenciable y no decreciente en el tiempo.

$$\mu_o(t) = E[N_o(t)] \quad (20)$$

La intensidad del número de cruces por cero por unidad de ϕ se evalúa por medio de la función de intensidad $v_o(\phi)$ que se representa en la forma siguiente

$$v_o(\phi) = \frac{d\mu_o(t)}{d\phi} \quad (21)$$

Si el movimiento del terreno referido al tiempo transformado, ϕ , se considera como un proceso estacionario en contenido de frecuencias, la función 21 es una constante que se denotará por v_o , la que satisface la siguiente igualdad:

$$v_o\phi(t) = \mu_o(t) \quad (22)$$

Tomando como densidad espectral del proceso en ϕ la misma que tiene el proceso en t para el instante t_o , entonces para este instante el número de cruces por unidad de t está dado por

$$v_o = \left. \frac{d\mu_o(t)}{dt} \right|_{t=t_o} \quad (23)$$

$$v_o = \mu_o'(t_o) \quad (24)$$

donde la prima indica la primera derivada con respecto al tiempo. Despejando $\phi(t)$ de la ecuación 22 y sustituyendo el valor de v_o dado por la ecuación 24, se obtiene la función que transforma la escala del tiempo

$$\phi(t) = \frac{\mu_o(t)}{\mu_o(t_o)} \quad (25)$$

En este estudio se supone que la función $\mu_o(t)$ tiene la forma de un polinomio de tercer grado dado por la ecuación 26; sus parámetros se estiman por un procedimiento no lineal de mínimos cuadrados, de acuerdo con el método de Gauss (Bard, 1974) que se describe en el apéndice A.

$$\mu_o(t) = r_1 t + r_2 t^2 + r_3 t^3 \quad (26)$$

Donde r_1 , r_2 , y r_3 , son los parámetros por determinar. Las razones para utilizar la ecuación 26 son su flexibilidad y el hecho de que su función inversa tiene forma explícita.

5.3. Parámetros del filtro

La función de densidad espectral del acelerograma reducido se calcula mediante la transformada rápida de Fourier. El filtro utilizado es el de Clough-Penzien, cuya función de transferencia se presenta en la ecuación 27. Dicha función depende de los parámetros ω_g , ζ_g , ω_f , ζ_f y S_o , obtenidos tomando la energía del acelerograma reducido en el dominio de la frecuencia, de acuerdo con el método de Gauss (Bard, 1974), que se describe en el apéndice A. Aquí, S_o es un factor de intensidad y los demás definen la forma del filtro.

$$S_{cp}(\omega) = S_o \left[\frac{\omega_g^4 + 4\zeta_g^2 \omega_g^2 \omega^2}{(\omega_g^2 - \omega^2)^2 + 4\zeta_g^2 \omega_g^2 \omega^2} \right] \left[\frac{\omega^4}{(\omega_f^2 - \omega^2)^2 + 4\zeta_f^2 \omega_f^2 \omega^2} \right] \quad (27)$$

5.4. Simulación de ruido blanco filtrado

La función $\zeta(\phi)$ que se emplea en la ecuación 16 es un ruido blanco filtrado con densidad espectral bilateral $S(\omega)$, $-\infty < \omega < \infty$; puede expresarse como sigue

$$\zeta(\phi) = \sum_{j=1}^N \sigma_j (a_j \cos \omega_j \phi + b_j \text{sen} \omega_j \phi) \quad (28)$$

De acuerdo con Parzen, 1962, a_j y b_j son variables aleatorias independientes, con media cero y desviación estándar unitaria. Si N es grande, como consecuencia de la ley de los grandes números la distribución de la suma será Gaussiana, independiente de las formas de las densidades de probabilidades de a_j y b_j .

σ_j depende de la forma del filtro; es decir, de $S(\omega)$. Supóngase que $G(\omega) = 2S(\omega)$, $\omega > 0$, es la densidad espectral unilateral que se desea obtener. Supóngase también que se divide el eje de las ω en N intervalos de ancho $\Delta\omega$, que cubren el intervalo de frecuencias que contribuyen significativamente a la energía del temblor; entonces

$$\sigma_j^2 = G(\omega_j) \Delta\omega \quad (29)$$

5.5. Descomposición de la excitación en bandas de frecuencia

El proceso aleatorio de modulación de amplitud y frecuencias tiene una función de densidad espectral suave, que cambia continuamente con el tiempo, y que en este trabajo se representa por medio del filtro de Clough-Penzien; sin embargo, el espectro de potencia del acelerograma reducido posee una forma bastante irregular, y además el acelerograma reducido no es un proceso estacionario estrictamente hablando. Así, el espectro de Clough-Penzien representa el contenido de frecuencias promedio de dicho acelerograma, sin olvidar que los cambios de intensidad y de frecuencias dominantes se toman en cuenta con las funciones de modulación de intensidad $I(t)$ y frecuencia $\phi(t)$.

Con la finalidad de incorporar esta irregularidad en el modelo, el acelerograma original se divide en varias componentes con bandas de frecuencias diferentes. Esto se realiza básicamente en dos pasos: primero se calcula el espectro de Fourier del acelerograma original mediante el algoritmo de la transformada rápida de Fourier y como segundo paso, se divide el espectro de Fourier en varias regiones contiguas y se regresa cada región al dominio del tiempo utilizando la transformada inversa rápida de Fourier.

Después de dividir el acelerograma original en varias componentes, cada una de estas se genera en forma separada. El movimiento resultante se obtiene al sumar estas componentes en el dominio del tiempo.

6. Resultados

6.1. Descripción de estaciones y acelerogramas analizados

Para calibrar el modelo descrito se utilizaron registros de tres temblores de tierra que se describen en la tabla 1. Dos de ellos, el del 25 de abril de 1989 y 24 de octubre de 1993, ocurrieron en la misma zona, frente a las costas de Guerrero, en tanto que el de magnitud mayor ocurrió frente a las costas de Michoacán. El estudio de este último es de gran importancia debido a los grandes efectos que causó en los edificios de la ciudad de México.

Estos sismos fueron registrados por la red acelerográfica del valle de México que se muestra en la figura 2. En este trabajo se analizan registros de algunas estaciones de ella, que se muestran en la tabla 2; identificados con el símbolo √. En los casos que no están marcados se dio alguna de las siguientes condiciones: no se registró en la estación correspondiente, aún no existía la estación en la fecha del sismo o no se pudieron conseguir los registros.

Las estaciones fueron seleccionadas de acuerdo con el tipo de suelo en el que se encuentran y a la importancia de los sismos registrados en ellas. Las estaciones de Central de Abastos y SCT se localizan en la zona del lago; la estación 44 se encuentra ubicada en los límites de terreno blando y terreno de transición, definidos en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño Sísmico del Reglamento de Construcciones del DF; las estaciones de Viveros y CU se localizan en terreno de transición y duro, respectivamente.

Cada sismo registrado en alguna de las estaciones mencionadas fue analizado en dos direcciones horizontales, este-oeste y norte-sur.

Las tablas y gráficas presentadas están ordenadas de acuerdo con la fecha del sismo y el orden alfabético del nombre de la estación, a menos que se indique algo distinto.

6. Resultados

6.1. Descripción de estaciones y acelerogramas analizados

Para calibrar el modelo descrito se utilizaron registros de tres temblores de tierra que se describen en la tabla 1. Dos de ellos, el del 25 de abril de 1989 y 24 de octubre de 1993, ocurrieron en la misma zona, frente a las costas de Guerrero, en tanto que el de magnitud mayor ocurrió frente a las costas de Michoacán. El estudio de este último es de gran importancia debido a los grandes efectos que causó en los edificios de la ciudad de México.

Estos sismos fueron registrados por la red acelerográfica del valle de México que se muestra en la figura 2. En este trabajo se analizan registros de algunas estaciones de ella, que se muestran en la tabla 2; identificados con el símbolo √. En los casos que no están marcados se dio alguna de las siguientes condiciones: no se registró en la estación correspondiente, aún no existía la estación en la fecha del sismo o no se pudieron conseguir los registros.

Las estaciones fueron seleccionadas de acuerdo con el tipo de suelo en el que se encuentran y a la importancia de los sismos registrados en ellas. Las estaciones de Central de Abastos y SCT se localizan en la zona del lago; la estación 44 se encuentra ubicada en los límites de terreno blando y terreno de transición, definidos en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño Sísmico del Reglamento de Construcciones del DF; las estaciones de Viveros y CU se localizan en terreno de transición y duro, respectivamente.

Cada sismo registrado en alguna de las estaciones mencionadas fue analizado en dos direcciones horizontales, este-oeste y norte-sur.

Las tablas y gráficas presentadas están ordenadas de acuerdo con la fecha del sismo y el orden alfabético del nombre de la estación, a menos que se indique algo distinto.

6.2. Funciones moduladoras de acelerogramas

Para observar el comportamiento de las funciones moduladoras, en cada estación se calcularon para cada registro, los parámetros de la función envolvente de intensidad, definida por la ecuación 19, y la función de cruces por cero, definida por la ecuación 26.

Para tener una muestra mayor, se incluyeron además los registros del sismo del 8 de febrero de 1988, de magnitud 5.8, en las estaciones de Central de Abastos, CU y 44.

En las tablas y figuras 3 a 7 se muestran los parámetros y gráficas, respectivamente, de las funciones moduladoras.

6.2.1. Función envolvente de intensidad

En las gráficas de las funciones envolventes de intensidad se observa lo siguiente:

1. Para un mismo sismo y sitio el nivel de intensidad varía entre direcciones este-oeste y norte-sur.
2. La intensidad es dependiente del tipo de suelo en el que se registra el sismo: mientras menos rígido sea el suelo mayor será la intensidad.

6.2.2. Función de cruces por cero

En las gráficas de las funciones de cruces por cero se observa lo siguiente:

1. A medida que aumenta la magnitud del sismo esta curva se inclina hacia la derecha, tendiendo hacia un cierto valor que determina su forma; es decir, el número de cruces por cero disminuye, esto se debe a que conforme la magnitud del sismo aumenta hay una mayor generación de ondas de periodo largo en la fuente sísmica.
2. A menor magnitud, mayor número de cruces por cero y consecuentemente mayor contenido de energía proporcionalmente en frecuencias altas.

6.2.3. Efecto de la modulación sobre el proceso

En las figuras 8 a 10 se muestran gráficas, obtenidas de acuerdo con la metodología descrita en 4, que ejemplifican y visualizan los efectos de la modulación en amplitud y en frecuencia.

Se observa que la función moduladora en amplitud, envolvente de intensidad, modula las amplitudes dominantes, aunque el proceso modulado resultante no es estrictamente estacionario. Por otra parte, el efecto de la modulación en frecuencia por medio de la función de cruces por cero se ve en el alargamiento o acortamiento del proceso sobre la escala del tiempo modificada, ϕ , al compararse con el proceso en la escala real, t ; se observa también que esta modulación no tiene ningún efecto sobre las amplitudes del proceso.

6.3. Historia de aceleraciones en el dominio del tiempo

Para obtener realizaciones o registros simulados mediante el modelo descrito, cada acelerograma se descompuso en varios registros en el dominio del tiempo, donde cada registro corresponde a cierta banda de frecuencias del contenido total de frecuencias del acelerograma; cada uno de estos registros fue simulado siguiendo la metodología descrita en 4. En las tablas 8 a 29 se muestran los parámetros de las funciones de modulación, envolvente de intensidad y cruces por cero de cada registro, así como los parámetros del filtro de Clough-Penzien que corresponde a la función de densidad espectral del proceso modulado en frecuencia y amplitud.

Es importante mencionar aquí el criterio que se utilizó para seleccionar los parámetros del filtro. Debido a la capacidad que tiene esta función de tomar muchas formas, al estimar los parámetros por medio del método de minimización que se describe en el apéndice A, la función convergía frecuentemente a mínimos locales, así que para validar los parámetros calculados se tomó el criterio siguiente:

1. La integral de la función de energía espectral del proceso debería ser muy semejante en ordenas y en forma a la integral del filtro de Clough-Penzien.
2. La frecuencia dominante de la densidad espectral del proceso modulado debería coincidir o por lo menos cerca de la frecuencia dominante del ajuste del filtro.
3. El valor del parámetro estimado, ω_p , debería ser siempre mayor que el parámetro, ω_f , debido a que este influye en la baja frecuencia.

Como puede observarse en los acelerogramas correspondientes a estaciones localizadas en terreno duro, el número de registros en que se descompuso el acelerograma real es mayor que los correspondientes a cualquier estación localizada en terreno blando. Esto se debe al gran contenido de frecuencias dominantes en terreno duro, lo que no sucede en terreno blando, donde predomina una en particular.

En las figuras 11 a 54 se muestran las gráficas de los registros correspondientes a cada banda de frecuencias, así como la función envolvente de intensidad. Se muestran los ajustes de la función de energía correspondiente a cada función envolvente de intensidad, la función de cruces por cero, la función de energía espectral y la densidad espectral del proceso modulado en amplitud y frecuencia.

Al obtener la función envolvente de intensidad con el criterio de ajuste, descrito en 5.1, de la esperanza de la energía acumulada, por ejemplo figura 24.b, para algunos registros se obtuvieron ordenadas de la función envolvente de intensidad mucho más grandes que las del registro en la cercanía del origen, por ejemplo figura 23.a. Para evitar esto se despreciaron dichas ordenadas de la función envolvente en estos registros.

En las figuras 55 a 76 se muestra para cada sismo y estación descrita, el acelerograma real y diez acelerogramas simulados a partir del real así como sus correspondientes espectros de respuesta elástica para 5% del amortiguamiento crítico. Cada simulación fue obtenida sumando registros simulados correspondientes a cada banda de frecuencias.

Por otra parte, se observa que los espectros de respuesta de los acelerogramas simulados poseen una forma similar y los mismos periodos dominantes que el espectro del acelerograma real. Esto indica a simple vista que el modelo da una buena aproximación al problema.

6.4. Medidas estadísticas de espectros de respuesta

En las figuras 77 a 81 se muestran las gráficas de la media estadística de espectros de respuesta elástica para 5% de amortiguamiento crítico, de diez acelerogramas simulados para cada sismo y sitio, así como los espectros correspondientes a una desviación estándar a partir de la media. Estos espectros se comparan con el espectro del acelerograma real. Es de notarse que estos espectros estadísticos poseen la misma forma del espectro real y los mismos periodos dominantes; se observa la cercanía en ordenadas que tiene el espectro real con respecto al espectro medio. Se confirma de esta manera que el modelo presentado da una buena aproximación al problema, independientemente del tipo de suelo en el que se haya registrado el sismo, así como de la magnitud del mismo.

7. Comentarios finales

Se simularon un total de veintidós acelerogramas de sismos reales de diferente magnitud registrados en diferentes tipos de suelo del valle de México, en donde las amplificaciones y contenido de frecuencias del movimiento del terreno varían de un sitio a otro. Se requirió de un gran esfuerzo computacional, en particular en el cálculo de los parámetros y en la simulación del ruido blanco filtrado.

Una de las ventajas de este modelo es que el proceso analizado se representa en forma continua en el tiempo, tomando en cuenta la variación de la amplitud y el contenido de frecuencias.

Se demuestra que el modelo proporciona buena aproximación al problema independientemente de las características espectrales del movimiento del terreno en cada sitio. Esto hace factible su uso en análisis de confiabilidad estructural y en otros estudios.

Fecha	Latitud Norte	Longitud Oeste	Magnitud (Ms)	Dist. a CU (km)	Profundidad (km)
19 septiembre 1985	18.081	102.942	8.1	419	15
25 abril 1989	16.603	99.400	6.9	302	19
24 octubre 1993	16.540	98.980	6.6	309	5

Nota: La estación CU tiene como coordenadas, latitud 19.33 y longitud 99.183

Tabla 1.- Datos de sismos simulados.

Estacion	FECHA		
	19 septiembre 1985	25 abril 1989	24 octubre 1993
	Ms = 8.1	Ms = 6.9	Ms = 6.6
C. de Abastos	√	√	√
CU	√	√	
SCT	√	√	√
Viveros	√	√	
44		√	

Tabla 2.- Estaciones acelerográficas analizadas para los sismos estudiados.

Tabla 3.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Fecha	Dir.	A	B	C	D	E
19 sep. 1985	EO	5.4037E+01	7.6572E+00	1.3964E-02	6.3546E+14	8.9359E+00
Ms = 8.1	NS	1.8041E+25	2.1378E+00	1.5012E-02	8.3413E+29	1.4132E+01
25 abril 1989	EO	1.3183E+00	2.6942E+00	1.1217E-02	4.0020E+04	3.8329E+00
Ms = 6.9	NS	2.7984E+18	-1.1869E-01	-3.1981E-02	6.7566E+20	1.1091E+01
24 oct. 1993	EO	1.1719E+05	1.6535E+00	-2.6994E-02	9.5591E+10	6.4782E+00
Ms = 6.6	NS	7.0168E-01	2.2432E+01	-2.2522E-03	3.2507E+34	2.4059E+01
8 feb. 1988	EO	1.4188E+08	3.6116E-01	-8.4159E-02	1.2846E+12	8.7152E+00
Ms = 5.8	NS	1.6085E+07	-2.2280E-01	-1.1280E-01	1.1182E+11	7.8305E+00

Tabla 3.b.- Parámetros de función de cruces por cero.

Fecha	Dir.	t_1	t_2	t_3
19 sep. 1985	EO	1.5865E+00	-7.4948E-03	2.0562E-05
Ms = 8.1	NS	1.8201E+00	-7.8789E-03	1.5521E-05
25 abril 1989	EO	1.7704E+00	-9.3694E-03	3.3082E-05
Ms = 6.9	NS	1.7152E+00	-9.2974E-03	3.3140E-05
24 oct. 1993	EO	2.9229E+00	-1.7175E-02	4.4199E-05
Ms = 6.6	NS	2.7282E+00	-1.1179E-02	2.2011E-05
8 feb. 1988	EO	5.1225E+00	-9.1504E-02	9.3623E-04
Ms = 5.8	NS	3.7228E+00	-1.8026E-02	2.6680E-04

Tabla 3.- Parámetros de función envolvente de intensidad y de cruces por cero del movimiento del terreno en estación Central de Abastos.

Tabla 3.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Fecha	Dir.	A	B	C	D	E
19 sep. 1985	EO	5.4037E+01	7.6572E+00	1.3964E-02	6.3546E+14	8.9359E+00
Ms = 8.1	NS	1.8041E+25	2.1378E+00	1.5012E-02	8.3413E+29	1.4132E+01
25 abril 1989	EO	1.3183E+00	2.6942E+00	1.1217E-02	4.0020E+04	3.8329E+00
Ms = 6.9	NS	2.7984E+18	-1.1869E-01	-3.1981E-02	6.7566E+20	1.1091E+01
24 oct. 1993	EO	1.1719E+05	1.6535E+00	-2.6994E-02	9.5591E+10	6.4782E+00
Ms = 6.6	NS	7.0168E-01	2.2432E+01	-2.2522E-03	3.2507E+34	2.4059E+01
8 feb. 1988	EO	1.4188E+08	3.6116E-01	-8.4159E-02	1.2846E+12	8.7152E+00
Ms = 5.8	NS	1.6085E+07	-2.2280E-01	-1.1280E-01	1.1182E+11	7.8305E+00

Tabla 3.b- Parámetros de función de cruces por cero.

Fecha	Dir.	t_1	t_2	t_3
19 sep. 1985	EO	1.5865E+00	-7.4948E-03	2.0562E-05
Ms = 8.1	NS	1.8201E+00	-7.8789E-03	1.5521E-05
25 abril 1989	EO	1.7704E+00	-9.3694E-03	3.3082E-05
Ms = 6.9	NS	1.7152E+00	-9.2974E-03	3.3140E-05
24 oct. 1993	EO	2.9229E+00	-1.7175E-02	4.4199E-05
Ms = 6.6	NS	2.7282E+00	-1.1179E-02	2.2011E-05
8 feb. 1988	EO	5.1225E+00	-9.1504E-02	9.3623E-04
Ms = 5.8	NS	3.7228E+00	-1.8026E-02	2.6680E-04

Tabla 3.- Parámetros de función envolvente de intensidad y de cruces por cero del movimiento del terreno en estación Central de Abastos.

Tabla 4.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Fecha	Dir.	A	B	C	D	E
19 sep. 1985 Ms = 8.1	EO	5.4700E+06	5.9730E-01	-5.3509E-02	4.3988E+09	6.8995E+00
	NS	1.1566E+03	2.4837E+00	-1.0597E-02	7.9446E+07	5.9933E+00
25 abril 1989 Ms = 6.9	EO	5.9400E-04	4.1373E+00	1.4563E-01	7.2484E+02	2.7810E+00
	NS	1.6691E+01	4.1036E+00	-5.9071E-02	4.7439E+07	7.6258E+00
24 oct. 1993 Ms = 6.6	EO	5.4502E+14	-1.8358E-01	-7.2759E-02	6.7823E+19	1.1426E+01
	NS	1.9895E+14	-3.5907E-01	-7.0269E-02	6.0073E+18	1.0884E+01
8 feb. 1988 Ms = 5.8	EO	3.8996E-02	-1.1482E-01	-1.2141E-02	5.5690E+02	2.5743E+00
	NS	7.4000E-05	3.7886E+00	6.3190E-02	3.0600E-04	3.8737E+00

Tabla 4.b.- Parámetros de función de cruces por cero.

Fecha	Dir.	r_1	r_2	r_3
19 sep. 1985 Ms = 8.1	EO	3.5252E+00	-6.3161E-02	6.6727E-04
	NS	4.3268E+00	-8.6163E-02	8.9444E-04
25 abril 1989 Ms = 6.9	EO	3.6531E+00	-8.2178E-02	1.0824E-03
	NS	6.5201E+00	-1.9595E-01	2.5206E-03
24 oct. 1993 Ms = 6.6	EO	7.1813E+00	-4.5414E-02	1.5105E-04
	NS	5.2458E+00	-8.4305E-03	-3.4727E-05
8 feb. 988 Ms = 5.8	EO	4.7594E+00	3.7237E-02	-1.2115E-03
	NS	4.5916E+00	4.1647E-02	-1.4235E-03

Tabla 4.- Parámetros de función envolvente de intensidad y de cruces por cero del movimiento del terreno en estación CU.

Tabla 5.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Fecha	Dir.	A	B	C	D	E
19 sep. 1985	EO	5.8161E+44	-3.3885E-01	-1.2583E-01	2.1660E+47	2.6461E+01
	Ms = 8.1	NS	4.3355E+16	1.3868E+00	-5.9147E-02	6.5092E+20
25 abril 1989	EO	1.5698E+16	7.6376E-01	-6.9587E-02	3.8417E+20	1.1756E+01
	Ms = 6.9	NS	8.2196E+13	1.5883E+00	-4.4075E-02	1.3150E+19
24 oct. 1993	EO	9.7589E+41	-2.7270E-01	-5.1822E-02	1.5747E+45	2.5809E+01
	Ms = 6.6	NS	3.1150E+04	1.3410E+00	-4.0369E-02	2.4083E+09

Tabla 5.b.- Parámetros de función de cruces por cero.

Fecha	Dir.	r ₁	r ₂	r ₃
19 sep. 1985	EO	2.1568E+00	-1.1360E-02	3.5449E-05
	Ms = 8.1	NS	2.1824E+00	-1.0882E-02
25 abril 1989	EO	3.6101E+00	-2.8584E-02	9.7505E-05
	Ms = 6.9	NS	2.1207E+00	-8.5771E-03
24 oct. 1993	EO	3.1055E+00	-2.9354E-02	2.4577E-04
	Ms = 6.6	NS	3.3170E+00	-3.9451E-02

Tabla 5.- Parámetros de función envolvente de intensidad y de cruces por cero del movimiento del terreno en estación SCT.

Tabla 6.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Fecha	Dir.	A	B	C	D	E
19 sep. 1985	EO	9.3573E-01	3.4772E+00	6.5526E-02	8.4209E+04	4.1090E+00
Ms = 8.1	NS	1.4665E+07	1.3285E-01	-1.1945E-01	6.5155E+09	7.1967E+00
25 abril 1989	EO	1.0886E+04	8.3057E-02	-2.7463E-02	5.4712E+06	5.0976E+00
Ms = 6.9	NS	1.9921E+02	1.0547E+00	-1.0612E-01	3.5409E+05	5.6927E+00

Tabla 6.b.- Parámetros de función de cruces por cero.

Fecha	Dir.	r_1	r_2	r_3
19 sep. 1985	EO	2.6672E+00	-7.9416E-03	2.7581E-05
Ms = 8.1	NS	2.9175E+00	-9.9423E-04	-1.3529E-04
25 abril 1989	EO	7.7826E+00	-2.0176E-01	2.2989E-03
Ms = 6.9	NS	9.2221E+00	-2.9009E-01	3.7171E-03

Tabla 6.- Parámetros de función envolvente de intensidad y de cruces por cero del movimiento del terreno en estación Viveros.

Tabla 7.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Fecha	Dir.	A	B	C	D	E
25 abril 1989 Ms = 6.9	EO	5.9393E-08	-4.6657E+00	-3.5272E-02	2.4486E-12	-9.1995E+00
	NS	5.7826E-14	-3.4662E+00	-1.0141E-02	3.5573E-17	-1.3105E+01
24 oct. 1993 Ms = 6.6	EO	6.3298E+01	1.3893E+00	-7.8075E-02	5.2730E+05	5.4054E+00
	NS	1.3812E-02	2.7178E+00	1.5665E-03	1.6859E+03	3.3966E+00
8 feb. 1988 Ms = 5.8	EO	1.7721E-03	2.3700E+01	-1.0831E-02	3.4621E+05	2.4474E+01
	NS	7.5577E-03	1.3893E+01	-9.3397E-03	3.6713E+07	1.5311E+01

Tabla 7.b.- Parámetros de función de cruces por cero.

Fecha	Dir.	τ_1	τ_2	τ_3
25 abril 1989 Ms = 6.9	EO	4.6143E+00	-5.2931E-02	2.6874E-04
	NS	2.6467E+00	-1.8815E-02	9.3740E-05
24 oct. 1993 Ms = 6.6	EO	2.6970E+00	-7.8453E-03	1.8429E-05
	NS	3.1258E+00	-1.8721E-02	6.8983E-05
8 feb. 988 Ms = 5.8	EO	5.4507E+00	-1.3421E-01	2.8446E-03
	NS	5.6097E+00	-2.1911E-01	6.2655E-03

Tabla 7.- Parámetros de función envolvente de intensidad y de cruces por cero del movimiento del terreno en estación 44.

Tabla 8.a- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.48	2.6962E+01	3.9839E+00	1.1690E-02	5.5460E+08	5.1732E+00
0.48 - 1.11	1.5445E+20	2.1679E+00	-1.0322E-01	2.6464E+27	1.5908E+01
1.11 - 12.50	3.4768E+37	-1.2944E+00	-1.5395E-01	1.1370E+41	2.2733E+01

Tabla 8.b- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2	r_3
		$t_0 = 150.0$	
0.00 - 0.48	5.5927E-01	-2.4844E-04	1.9142E-06
0.48 - 1.11	1.6033E+00	-9.4235E-04	3.7565E-06
1.11 - 12.50	5.5758E+00	-3.5301E-02	1.8481E-04

Tabla 8.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_0	ϕ_0	ζ_0	ϕ_1	ζ_1
0.00 - 0.48	5.3335E-03	1.7763E+00	1.3326E-01	1.9317E+00	1.6213E-01
0.48 - 1.11	7.4140E-04	4.8812E+00	1.1494E-01	5.1277E+00	1.01028E-01
1.11 - 12.50	9.9420E-03	1.3634E+01	4.6970E-01	6.1384E+00	5.8601E-01

Tabla 8.- Parámetros del registro de 19 de septiembre de 1985 en estación Central de Abastos, dirección este-oeste.

Tabla 9.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.64	6.8026E+26	5.8146E-01	-1.9297E-02	7.1250E+29	1.4353E+01
0.64 - 0.90	4.0623E+07	2.3313E+01	-7.1104E-03	3.8785E+48	2.8559E+01
0.90 - 12.50	4.9188E+10	3.1487E+00	-3.1918E-02	5.4290E+18	1.0852E+01

Tabla 9.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2	r_3
		$t_0 = 180.0$	
0.00 - 0.64	6.3865E-01	-3.1325E-04	-5.7122E-08
0.64 - 0.90	1.6304E+00	-1.1208E-03	4.9369E-06
0.90 - 12.50	4.6511E+00	-2.1249E-02	9.8671E-05

Tabla 9.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_0	ω_2	ζ_2	ω_1	ζ_1
0.00 - 0.64	3.1150E-03	1.6746E+00	1.2316E-01	1.5752E+00	1.3326E-01
0.64 - 0.90	1.0448E-03	4.4762E+00	2.8934E-01	5.3549E+00	4.8093E-02
0.90 - 12.50	3.8225E-03	1.5139E+01	3.6516E-01	6.9673E+00	3.6213E-01

Tabla 9.- Parámetros del registro de 19 de septiembre de 1985 en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.

Tabla 10.a- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.70	3.8030E-02	3.0398E+01	1.9000E-02	6.5101E+29	3.0588E+01
0.70 - 1.30	1.6328E+09	3.9514E+00	-5.5619E-02	1.3180E+17	1.1955E+01
1.30 - 3.00	1.2072E+01	2.0195E+00	2.2836E-04	4.3151E+05	4.9897E+00
3.00 -16.66	1.0941E-04	5.3594E+00	-3.6534E-03	7.8698E+02	5.9809E+00

Tabla 10.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2	r_3
0.00 - 0.70	6.4106E-01	3.8682E-04	-1.8429E-06
0.70 - 1.30	1.8204E+00	-1.1466E-03	4.3445E-06
1.30 - 3.00	2.6364E+00	3.9698E-03	7.9567E-07
3.00 -16.66	1.3808E+01	4.7351E-02	-2.1214E-04

Tabla 10.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_0	σ_2	ζ_2	σ_1	ζ_1
0.00 - 0.70	1.3590E-04	2.1458E+00	1.6900E-02	1.8413E+00	1.4184E-02
0.70 - 1.30	4.0192E-04	5.7207E+00	6.1597E-02	5.2184E+00	1.1423E-01
1.30 - 3.00	3.5408E-03	8.8173E+00	2.1698E-01	6.0519E+00	2.5624E-01
3.00 -16.66	1.5204E-03	5.4623E+01	7.7532E-01	2.1287E+01	2.7141E-01

Tabla 10.- Parámetros del registro de 25 de Abril de 1989 en estación Central de Abastos, dirección este-oeste.

Tabla 11.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.28	2.0990E+06	1.7544E-01	-3.0922E-02	2.4867E+09	5.7834E+00
0.28 - 0.33	1.4368E+28	-6.5502E-01	-9.4479E-02	2.4485E+31	1.6910E+01
0.33 - 0.70	6.5685E+05	1.0338E+00	1.7812E-02	6.7156E+09	4.9223E+00
0.70 - 6.00	2.4568E+08	2.4776E-02	-5.5038E-02	4.0124E+11	7.6030E+00
6.00-16.66	1.0458E-05	2.4317E+00	7.6474E-04	5.6002E-02	2.5008E+00

Tabla 11.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	τ_1	τ_2 $\tau_0 = 1.0$	τ_3
0.00 - 0.28	5.1103E-01	3.8469E-05	4.6730E-07
0.28 - 0.33	5.9672E-01	5.8107E-05	-6.7458E-08
0.33 - 0.70	8.9933E-01	-1.5858E-03	5.3165E-06
0.70 - 6.00	2.4439E+00	-4.9152E-03	3.8599E-05
6.00-16.66	2.0850E+01	-4.6796E-03	-3.5366E-05

Tabla 11.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_0	ω_2	ζ_2	ω_1	ζ_1
0.00 - 0.28	1.1894E-04	1.6579E+00	2.1028E-02	1.5045E+00	2.1163E-02
0.28 - 0.33	1.3578E-03	3.1555E+00	2.3236E-01	1.8697E+00	1.5050E-02
0.33 - 0.70	8.1817E-04	2.8810E+00	8.6362E-02	2.5573E+00	7.4217E-02
0.70 - 6.00	1.1185E-02	5.2804E+00	3.9090E-01	4.2845E+00	2.9130E-01
6.00-16.66	4.6326E-04	1.0128E+02	3.8942E-01	4.8212E+01	2.0971E-01

Tabla 11.- Parámetros del registro de 25 de abril de 1989 en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.

Tabla 12.a. - Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.70	5.7489E+02	2.7606E+00	-1.7260E-02	2.4523E+10	6.2358E+00
0.70 - 1.30	2.6680E+06	1.2400E+00	-1.6409E-02	1.4909E+12	7.0653E+00
1.30 - 8.00	5.2725E+13	-2.8947E-01	-6.8627E-02	2.0789E+18	1.0692E+01
8.00 -16.66	3.9760E+10	-1.0575E-01	-2.3594E-03	7.6667E+16	7.3266E+00

Tabla 12.b. - Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2 $r_2 = 1.0$	r_3
0.00 - 0.70	8.0441E-01	-8.7877E-04	1.7941E-06
0.70 - 1.30	1.7600E+00	5.8097E-04	-4.1970E-07
1.30 - 8.00	4.3612E+00	-1.7059E-02	1.0605E-04
8.00 -16.66	2.3561E+01	-4.9331E-03	5.6933E-06

Tabla 12.c. - Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_0	ω_2	ζ_2	ω_1	ζ_1
0.00 - 0.70	6.0271E-03	2.4977E+00	9.1160E-02	1.9700E+00	2.4533E-01
0.70 - 1.30	7.2583E-04	5.4712E+00	7.2574E-02	5.2372E+00	1.5985E-01
1.30 - 8.00	9.0598E-03	1.0043E+01	2.3290E-01	2.7610E+00	1.1246E+00
8.00 -16.66	1.8190E-04	1.0313E+02	2.1878E-01	5.8770E+01	1.3208E-01

Tabla 12.- Parámetros del registro de 24 de octubre de 1993 en estación Central de Abastos, dirección este-oeste.

Tabla 13.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.60	5.3472E-02	6.4689E+01	-1.8979E-03	1.1642E+92	6.5797E+01
0.60 - 1.20	8.4437E-03	6.9958E+00	3.7348E-02	6.9464E+10	7.1886E+00
1.20 - 8.00	3.9033E+03	1.6958E+00	-7.3900E-03	1.0485E+10	6.2164E+00
8.00 -16.66	4.5536E-01	-3.4967E-01	-1.8292E-02	6.6214E+05	2.9520E+00

Tabla 13.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2	r_3
	$r_1 = 1.0$		
0.00 - 0.60	6.6118E-01	1.1058E-03	-4.8665E-06
0.60 - 1.20	1.6822E+00	1.2996E-03	-4.3150E-06
1.20 - 8.00	4.7622E+00	-2.5513E-02	1.3475E-04
8.00 -16.66	2.3189E+01	-4.9186E-04	-1.0678E-05

Tabla 13.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_0	ω_2	ζ_2	ω_1	ζ_1
0.00 - 0.60	6.0288E-03	2.2117E+00	2.2433E-01	1.7651E+00	9.9820E-02
0.60 - 1.20	6.6777E-04	5.3993E+00	4.8807E-02	4.8234E+00	2.0216E-01
1.20 - 8.00	5.5288E-03	1.3202E+01	2.9495E-01	3.6307E+00	4.9425E-01
8.00 - 16.66	1.4918E-04	9.5403E+01	2.0068E-01	5.7374E+01	1.3021E-01

Tabla 13.- Parámetros del registro de 24 de octubre de 1993 en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.

Tabla 14.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.42	5.3310E+08	1.6593E+00	3.4607E-02	1.3480E+13	8.5516E+00
0.42 - 0.70	3.1053E-03	6.6219E+00	7.1445E-02	1.4862E+04	6.0881E+00
0.70 - 0.95	1.4343E+16	-1.1631E+00	-3.3812E-01	6.0816E+19	1.4689E+01
0.95 - 1.35	7.7300E+17	-1.2471E+00	-3.5046E-01	2.9487E+21	1.5826E+01
1.35 - 25.00	1.6330E+04	1.5573E+00	3.5146E-02	3.9854E+08	5.9606E+00

Tabla 14.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2 $t_0 = 5.0$	r_3
0.00 - 0.42	6.9769E-01	2.5899E-03	-4.7269E-05
0.42 - 0.70	1.1170E+00	-2.0990E-03	4.4056E-05
0.70 - 0.95	1.6225E+00	-3.3622E-03	3.4953E-05
0.95 - 1.35	2.1475E+00	9.28170E-03	-1.1391E-04
1.35 - 25.00	5.4775E+00	-6.6014E-02	1.0443E-03

Tabla 14.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_0	ω_2	ζ_2	ω_1	ζ_1
0.00 - 0.42	8.8160E-03	2.3182E+00	8.2062E-02	1.1272E+00	1.3672E-01
0.42 - 0.70	4.5600E-04	3.9510E+00	6.3280E-02	3.0462E+00	2.8538E-02
0.70 - 0.95	2.6500E-04	5.7771E+00	8.0066E-02	4.8494E+00	3.0066E-02
0.95 - 1.35	3.8100E-04	7.5410E+00	8.4898E-02	6.4024E+00	5.9527E-02
1.35 - 25.00	9.7740E-03	1.0977E+01	3.4132E-01	5.6232E+00	4.7471E-01

Tabla 14.- Parámetros del registro de 19 de septiembre de 1985 en estación CU, dirección este-oeste.

Tabla 15.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.28	1.4405E+19	-1.9165E+00	-3.9534E-01	4.4892E+23	1.6485E+01
0.28 - 0.47	3.4066E+05	1.0012E+00	-5.9016E-02	4.9608E+09	6.9155E+00
0.47 - 0.62	8.8333E+12	2.4402E+00	-3.4801E-01	2.8086E+20	1.6354E+01
0.62 - 1.06	7.0368E+03	1.5464E+00	3.6707E-03	2.1184E+08	5.7399E+00
1.06 - 1.42	1.5856E+10	7.6596E-01	-5.9665E-02	2.1037E+14	9.9049E+00
1.42 - 1.61	2.8924E+12	-2.4690E-01	-1.3363E-01	3.2544E+16	1.1380E+01
1.61-25.00	2.8707E+05	4.1547E-02	-9.9281E-02	2.5256E+09	6.7519E+00

Tabla 15.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2	r_3
	$r_0 = 1.0$		
0.00 - 0.28	3.3446E-01	-1.8334E-03	3.7910E-05
0.28 - 0.47	8.3766E-01	-1.5821E-03	5.2051E-06
0.47 - 0.62	1.1864E+00	4.1533E-04	-3.2834E-05
0.62 - 1.06	1.6110E+00	-1.8230E-03	1.4568E-05
1.06 - 1.42	2.4593E+00	-6.2920E-03	1.1689E-04
1.42 - 1.61	3.0464E+00	1.2483E-04	-1.0535E-05
1.61-25.00	6.6515E+00	-6.0002E-02	8.6567E-04

Tabla 15.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_0	ω_0	ζ_0	ω_1	ζ_1
0.00 - 0.28	1.3086E-02	1.2084E+00	1.7172E-01	8.5352E-01	1.0935E-01
0.28 - 0.47	2.2898E-03	2.6765E+00	4.6040E-02	2.2042E+00	2.6729E-01
0.47 - 0.62	1.1055E-04	3.7591E+00	2.1207E-02	3.3378E+00	3.8734E-02
0.62 - 1.06	6.4686E-04	5.8960E+00	8.9673E-02	4.4971E+00	5.5789E-02
1.06 - 1.42	3.4027E-04	8.1011E+00	1.0016E-01	7.0169E+00	8.0866E-02
1.42 - 1.61	3.0018E-03	9.5396E+00	1.0430E-02	7.8074E+00	1.5288E+00
1.61-25.00	1.2093E-03	2.3242E+01	3.0274E-01	1.1675E+01	9.3442E-02

Tabla 15.- Parámetros del registro de 19 de septiembre de 1985 en estación CU, dirección norte-sur.

Tabla 16.a. - Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.37	2.1220E-01	7.1122E+00	-7.5158E-02	7.2121E+08	1.0106E+01
0.37 - 0.54	4.3268E+11	1.3339E+00	-4.2964E-01	3.8454E+18	1.5953E+01
0.54 - 1.18	7.0158E+13	4.2111E-01	-1.0758E-01	2.0219E+18	1.2929E+01
1.18 -25.00	1.1939E-03	5.3217E+00	8.3439E-02	3.6930E+04	5.4935E+00

Tabla 16.b. - Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2 $t_0 = 5.0$	r_3
0.00 - 0.37	6.4540E-01	8.4382E-04	-3.2586E-05
0.37 - 0.54	8.8248E-01	4.1781E-03	-6.0982E-05
0.54 - 1.18	1.7430E+00	-5.0898E-03	5.5159E-05
1.18 -25.00	7.8100E+00	-1.5416E-01	2.6749E-03

Tabla 16.c. - Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_0	ω_2	ζ_2	ω_1	ζ_1
0.00 - 0.37	3.0020E-03	2.3097E+00	6.9094E-02	1.5353E+00	1.0370E-01
0.37 - 0.54	5.2301E-03	2.8684E+00	5.4506E-02	2.1103E+00	4.0137E-01
0.54 - 1.18	1.1794E-03	6.3835E+00	7.8736E-02	4.2213E+00	5.4017E-02
1.18 -25.00	8.2278E-03	1.0258E+01	5.5644E-01	4.5299E+00	4.0264E-01

Tabla 16.- Parámetros del registro de 25 de abril de 1989 en estación CU, dirección este-oeste.

Tabla 17.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.39	9.3157E-01	9.6774E+00	-8.6901E-02	5.2896E+11	1.3073E+01
0.39 - 0.57	8.2628E+05	8.3617E-01	-1.5960E-01	2.3141E+10	8.7569E+00
0.57 - 0.93	1.7427E+14	1.7840E+00	7.5820E-02	3.2792E+19	1.1703E+01
0.93 - 1.26	1.8156E+03	5.6850E-01	2.6901E-02	1.7432E+07	5.2578E+00
1.26 -25.00	8.7343E-01	2.2055E+00	-1.1607E-02	2.5261E+05	5.3001E+00

Tabla 17.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	τ_1	τ_2	τ_3
		$\tau_0 = 5.0$	
0.00 - 0.39	8.7386E-01	-1.4454E-02	1.5527E-04
0.39 - 0.57	8.5510E-01	1.7152E-03	-2.8963E-05
0.57 - 0.93	1.6707E+00	-9.9712E-03	1.0345E-04
0.93 -1.26	2.0796E+00	4.6919E-03	-8.6066E-05
1.26 -25.00	6.9167E+00	-1.8267E-02	8.6162E-04

Tabla 17.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_0	ω_2	ζ_2	ω_1	ζ_1
0.00 - 0.39	3.4155E-03	3.4317E+00	1.9835E-01	2.2051E+00	6.1758E-02
0.39 - 0.57	2.3803E-03	3.2574E+00	2.0400E-01	2.5191E+00	7.4246E-02
0.57 - 0.93	5.9807E-04	5.8465E+00	8.8489E-02	4.3617E+00	4.1189E-02
0.93 - 1.26	3.3977E-04	7.6239E+00	1.0501E-01	6.4762E+00	4.3820E-02
1.26 - 25.00	1.8753E-02	7.0269E+00	5.5305E-01	6.4728E+00	4.7978E-01

Tabla 17.- Parámetros del registro de 25 de abril de 1989 en estación CU, dirección norte-sur.

Tabla 18.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.48	8.4669E+32	-1.4779E+00	-1.7241E-01	6.7316E+34	1.9837E+01
0.48 - 1.32	8.8530E+28	-1.0357E+00	-1.3805E-01	6.9212E+30	1.7457E+01
1.32 -12.50	3.0002E+37	-1.4792E+00	-1.6460E-01	3.9028E+40	2.2667E+01

Tabla 18.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2	r_3
0.00 - 0.48	9.2452E-01	-1.7297E-03	7.7557E-06
0.48 - 1.32	9.4196E-01	9.4136E-04	-2.9951E-06
1.32 -12.50	5.9834E+00	-3.5122E-02	1.7217E-04

$t_0 = 1.0$

Tabla 18.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_0	ω_2	ζ_2	ω_1	ζ_1
0.00 - 0.48	9.9366E-04	3.1816E+00	3.7624E-02	2.3018E+00	1.0052E-01
0.48 - 1.32	8.0964E-04	3.7221E+00	3.2546E-01	2.9014E+00	2.4004E-02
1.32 -12.50	1.1155E-02	1.2330E+01	2.1070E-01	5.9633E+00	1.4111E+00

Tabla 18.- Parámetros del registro de 19 de septiembre de 1985 en estación SCT, dirección este-oeste.

Tabla 19.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.48	1.0650E+25	-7.8264E-01	-1.0563E-01	1.2121E+27	1.5163E+01
0.48 - 12.50	4.1393E+06	2.6151E+00	1.333E-02	4.8820E+11	6.6037E+00

Tabla 19.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2 $t_0 = 150.0$	r_3
0.00 - 0.48	9.9737E-01	-1.4560E-03	4.0000E--06
0.48 - 12.50	1.6599E+00	-4.4970E+00	1.4000E-05

Tabla 19.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_0	ω_2	ζ_2	ω_1	ζ_1
0.00 - 0.48	9.3310E-03	2.7413E+00	9.6910E-02	1.4696E+00	3.8858E-01
0.48 - 12.50	1.0490E-03	3.3757E+00	5.2063E-02	2.5458E+00	1.0209E-01

Tabla 19.- Parámetros del registro de 19 de septiembre de 1985 en estación SCT, dirección norte-sur.

Tabla 20.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 1.00	3.4743E+17	5.9757E-01	-8.0319E-02	8.1856E+21	1.2502E+01
1.00 - 12.50	7.9253E+01	2.0282E+01	1.6146E-02	4.7784E+33	2.3121E+01

Tabla 20.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2 $t_0 = 100.0$	r_3
0.00 - 1.00	1.3188E+00	-3.4917E-03	1.1821E-05
1.00 - 12.50	5.2045E+00	-2.6134E-02	1.5648E-04

Tabla 20.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_0	ω_2	ζ_2	ω_1	ζ_1
0.00 - 1.00	1.7188E-02	2.1678E+00	1.6468E-01	3.2632E+00	8.8133E-02
1.00 - 12.50	1.0097E-02	1.1219E+01	3.0299E-01	2.6640E+00	8.0247E-01

Tabla 20.- Parámetros del registro de 25 de abril de 1989 en estación SCT, componente este-oeste.

Tabla 21.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 1.01	1.1454E+17	8.0614E-01	-7.0050E-02	3.5387E+21	1.2355E+01
1.01 -12.50	1.3551E+12	3.3384E+00	-7.7598E-02	8.3504E+20	1.3358E+01

Tabla 21.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2 $t_n = 100.0$	r_3
0.00 - 1.01	1.0507E+00	4.7276E-04	-3.9319E-06
1.01 -12.50	4.8092E+00	-2.3293E-02	1.3885E-04

Tabla 21.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_w	ω_2	ζ_2	ω_1	ζ_1
0.00 - 1.01	2.6703E-02	2.4582E+00	1.7175E-01	3.5109E+00	1.4690E-01
1.01 -12.50	4.1210E-03	1.1551E+01	3.1872E-01	7.0921E+00	3.0842E-01

Tabla 21.- Parámetros del registro de 25 de abril de 1989 en estación SCT, dirección norte-sur.

Tabla 22.a- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.55	6.6518E+09	6.2545E-01	-7.5371E-03	1.2492E+14	8.0540E+00
0.55 - 1.49	3.3664E+14	-3.1355E-01	-5.9169E-02	1.1616E+18	1.0467E+01
1.49 -25.00	3.3140E-02	1.1588E+00	1.1553E-02	1.6758E+03	2.7220E+00

Tabla 22.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2 $t_n = 1.0$	r_3
0.00 - 0.55	7.2579E-01	5.3379E-03	-3.2215E-05
0.55 - 1.49	1.3725E+00	-4.9226E-03	3.1585E-05
1.49 -25.00	4.9819E+00	2.1667E-02	1.6780E-04

Tabla 22.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_n	ω_2	ζ_2	ω_1	ζ_1
0.00 - 0.55	5.1917E-04	2.4184E+00	3.6560E-02	2.0756E+00	8.8140E-02
0.55 - 1.49	8.3930E-04	4.2788E+00	3.4525E-02	3.3882E+00	2.0282E-01
1.49 -25.00	4.9020E-02	5.7769E+00	2.7578E-01	4.5809E+00	1.2232E+00

Tabla 22.- Parámetros del registro de 24 de octubre de 1993 en estación SCT, dirección este-oeste.

Tabla 23.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.56	1.3419E+05	8.1988E-01	-2.6345E-03	3.2681E+09	5.4146E+00
0.56 - 1.00	3.3271E+17	-6.7244E-01	-2.0692E-01	5.9372E+21	1.4362E+01
1.00 - 1.91	2.6403E-04	4.8223E+00	3.3657E-02	9.2060E+03	4.8687E+00
1.91 -25.00	2.2588E-02	5.6052E-01	-1.7705E-02	2.7437E+03	2.7273E+00

Tabla 23.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2	r_3
		$r_2 = 1.0$	
0.00 - 0.56	8.3624E-01	3.8697E-03	-1.8656E-05
0.56 - 1.00	1.3806E+00	-4.5588E-03	3.2936E-05
1.00 - 1.91	2.8132E+00	-8.4085E-05	9.8236E-06
1.91 -25.00	1.2035E+01	7.6399E-02	-3.3257E-04

Tabla 23.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_0	ω_2	ζ_2	ω_1	ζ_1
0.00 - 0.56	4.2391E-04	2.6784E+00	2.7301E-02	2.2148E+00	9.5796E-02
0.56 - 1.00	3.1351E-04	5.4772E+00	1.2357E-01	4.1747E+00	1.9417E-02
1.00 - 1.91	6.6895E-04	9.6687E+00	9.1364E-02	6.5891E+00	1.1054E-01
1.91 -25.00	2.1055E-03	2.9711E+01	7.1073E-01	9.6965E+00	2.0796E-01

Tabla 23.- Parámetros del registro de 24 de octubre de 1993 en estación SCT, dirección norte-sur.

Tabla 24.a - Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.43	2.4363E+00	8.9834E+00	6.5514E-04	7.2835E+11	1.0950E+01
0.43 - 1.08	2.1225E+02	1.2536E+00	3.4613E-02	6.6715E+05	4.0243E+00
1.08 - 1.33	8.1580E-06	7.3518E+00	2.5742E-01	2.3779E+04	3.1509E+00
1.33 - 1.74	2.7822E+13	-1.2144E-01	-3.4454E-01	1.0219E+18	1.4160E+01
1.74 -25.00	4.2642E+05	4.1144E+00	2.2090E-01	1.7291E+11	5.8637E+00

Tabla 24.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2 $t_n = 50.0$	r_3
0.00 - 0.43	6.4903E-01	2.7211E-03	-1.6148E-05
0.43 - 1.08	1.1527E+00	1.1078E-02	-8.1291E-05
1.08 - 1.33	2.6189E+00	-5.7679E-03	5.8293E-05
1.33 - 1.74	3.0392E+00	-1.6006E-03	3.1123E-05
1.74 -25.00	5.0717E+00	-4.8196E-02	6.0682E-04

Tabla 24.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_w	ω_z	ζ_z	ω_1	ζ_1
0.00 - 0.43	2.1634E-03	2.5364E+00	4.0374E-02	1.5866E+00	1.0820E-01
0.43 - 1.08	3.0530E-03	5.9872E+00	1.3238E-01	3.4631E+00	1.1235E-01
1.08 - 1.33	8.7447E-05	8.0214E+00	2.6108E-02	6.8759E+00	4.5420E-02
1.33 - 1.74	9.4782E-05	1.0721E+01	4.7193E-02	8.9246E+00	2.2915E-02
1.74 -25.00	9.6673E-04	1.4871E+01	1.2706E-01	1.1654E+01	1.9575E-01

Tabla 24.- Parámetros del registro de 19 de septiembre de 1985 en estación Viveros, dirección este-oeste.

Tabla 25.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.43	1.8128E+10	-9.9594E-01	-2.1840E-01	1.5987E+13	9.5058E+00
0.43 - 0.70	4.4206E+10	3.1346E+00	7.8631E-02	6.0473E+16	9.9318E+00
0.70 - 0.98	1.3992E+02	3.2432E+00	1.1903E-01	3.7221E+07	4.8778E+00
0.98 - 1.59	3.0684E+14	-1.1269E+00	-3.0726E-01	4.5452E+17	1.3250E+01
1.59 - 1.79	4.0362E+11	-3.1885E-01	-2.1563E-01	1.1068E+15	1.1422E+01
1.79 -25.00	5.2119E+04	3.6734E-01	-3.8355E-02	6.8944E+07	5.5062E+00

Tabla 25.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2	r_3
		$\zeta_0 = 50.0$	
0.00 - 0.43	5.8725E-01	2.6082E-03	-1.3379E-05
0.43 - 0.70	1.3226E+00	-1.1608E-03	-3.0943E-05
0.70 - 0.98	1.6045E+00	5.2990E-04	-9.0025E-06
0.98 - 1.59	2.6715E+00	-3.8650E-03	3.8527E-05
1.59 - 1.79	3.2341E+00	4.3240E-03	-2.2858E-05
1.79 -25.00	4.0645E+00	1.3413E-05	2.1191E-05

Tabla 25.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_0	ω_2	ζ_2	ω_1	ζ_1
0.00 - 0.43	4.0904E-03	2.5292E+00	4.9151E-02	1.4270E+00	1.1834E-01
0.43 - 0.70	2.6361E-03	3.3363E+00	1.2035E-01	2.5923E+00	1.1814E-01
0.70 - 0.98	9.2097E-04	5.5962E+00	1.5610E-01	4.6929E+00	5.2075E-02
0.98 - 1.59	9.1386E-04	8.6954E+00	9.6591E-02	6.7919E+00	1.1344E-01
1.59 - 1.79	2.3098E-04	1.1021E+01	1.8040E-02	9.7982E+00	2.9036E-01
1.79 -25.00	1.3671E-04	1.4796E+01	1.0868E-01	1.2061E+01	3.3385E-02

Tabla 25.- Parámetros del registro de 19 de septiembre de 1985 en estación Viveros, dirección norte-sur.

Tabla 26.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.92	4.0006E+03	5.4752E-02	-1.3751E-01	1.3596E+07	6.0964E+00
0.92 - 1.14	2.0101E+10	-7.0570E-01	-2.3759E-01	1.8454E+14	1.0912E+01
1.14 - 2.00	6.3806E+00	3.1265E-01	5.5039E-02	4.8156E+03	2.4916E+00
2.00 -50.00	1.2245E-02	1.1680E+00	1.9573E-02	2.6038E+02	2.5938E+00

Tabla 26.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2	r_3
		$t_0 = 1.0$	
0.00 - 0.92	1.0410E+00	6.5637E-03	-1.1588E-04
0.92 - 1.14	1.9065E+00	-3.2794E-04	2.7339E-05
1.14 - 2.00	2.8733E+00	2.6495E-02	-4.6582E-04
2.00 -50.00	2.7109E+01	-8.7315E-01	1.0926E-02

Tabla 26.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_0	ω_2	ζ_2	ω_1	ζ_1
0.00 - 0.92	6.6823E-03	3.9170E+00	1.9197E-01	1.7667E+00	1.3125E-01
0.92 - 1.14	9.2144E-05	7.4836E+00	1.3528E-01	5.9759E+00	1.0390E-02
1.14 - 2.00	1.9835E-04	1.0033E+01	6.7943E-02	8.1009E+00	7.3642E-02
2.00 -50.00	6.6309E-04	5.4455E+01	3.8679E-01	1.6639E+01	1.1104E-01

Tabla 26.- Parámetros del registro de 25 de abril de 1989 en estación Viveros, dirección este-oeste.

Tabla 27.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.75	3.3041E-05	-8.2632E+00	-3.0133E-01	6.6964E+10	-9.8615E+00
0.75 - 1.25	3.6557E+05	-3.4635E-05	-1.9839E-01	1.0837E+09	7.7426E+00
1.25 - 2.25	1.0559E+01	6.6004E-01	3.6033E-02	1.6250E+04	3.5241E+00
2.25 -50.00	4.2830E-02	1.1576E+00	7.2016E-02	1.0483E+03	2.8727E+00

Tabla 27.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2	r_3
0.00 - 0.75	7.6655E-01	1.4440E-02	-2.4434E-04
0.75 - 1.25	2.0161E+00	-9.5608E-03	1.7309E-04
1.25 - 2.25	3.5768E+00	-1.2197E-02	2.7588E-04
2.25 -50.00	3.0938E+01	-9.3236E-01	1.1330E-02

Tabla 27.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_w	σ_w	ζ_w	σ_1	ζ_1
0.00 - 0.75	4.8018E-03	3.0908E+00	1.7130E-01	1.6683E+00	7.9292E-02
0.75 - 1.25	3.4415E-04	6.9689E+00	1.2245E-01	6.0711E+00	6.5059E-02
1.25 - 2.25	3.8164E-04	1.2224E+01	9.0078E-02	8.9801E+00	9.1540E-02
2.25 -50.00	1.14672E-03	5.1108E+01	3.8538E-01	1.6160E+01	2.1148E-01

Tabla 27.- Parámetros del registro de 25 de abril de 1989 en estación Viveros, dirección norte-sur.

Tabla 28.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	E
0.00 - 0.54	7.0752E-03	4.3693E+00	4.3206E-02	2.4561E+05	4.5463E+00
0.54 - 1.01	1.9108E+04	4.8181E+00	-3.7410E-02	1.1133E+12	9.5376E+00
1.01 -25.00	3.3582E+08	2.6999E+00	-9.2548E-02	4.3324E+14	1.1223E+01

Tabla 28.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2 $t_0 = 100.0$	r_3
0.00 - 0.54	1.0538E+00	-2.0205E-03	3.4579E-06
0.54 - 1.01	1.6315E+00	1.1121E-03	-1.4465E-05
1.01 -25.00	5.5221E+00	-5.6021E-02	4.7264E-04

Tabla 28.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_0	ω_2	ζ_2	ω_1	ζ_1
0.00 - 0.54	6.2725E-03	2.5599E+00	9.1685E-02	1.4749E+00	1.4907E-01
0.54 - 1.01	2.2675E-04	4.8670E+00	4.3480E-02	3.8758E+00	2.8114E-02
1.01 -25.00	2.2463E-03	2.0666E+01	2.8937E-01	9.3893E+00	4.1292E-01

Tabla 28.- Parámetros del registro de 25 de abril de 1989 en estación 44, dirección este-oeste.

Tabla 29.a.- Parámetros de función envolvente de intensidad.

Banda de Frec. Hertz.	A	B	C	D	F
0.00 - 0.63	7.7077E-02	2.1740E+01	1.8587E-02	1.0256E+26	2.2594E+01
0.63 - 0.75	4.1555E+00	2.1700E+00	2.9960E-02	1.3829E+05	3.7942E+00
0.75 -25.00	1.0466E+08	4.4765E+00	-7.6941E-02	7.4517E+15	1.1968E+01

Tabla 29.b.- Parámetros de función de modulación de frecuencias

Banda de Frec. Hertz.	r_1	r_2 $r_2 = 100.0$	r_3
0.00 - 0.63	9.9068E-01	7.3892E-04	-3.4990E-06
0.63 - 0.75	1.4062E+00	-9.1260E-04	8.4750E-06
0.75 -25.00	3.1875E+00	-2.6009E-02	1.6797E-04

Tabla 29.c.- Parámetros del filtro de Clough-Penzien

Banda de Frec. Hertz.	S_n	ω_2	ζ_2	ω_1	ζ_1
0.00 - 0.63	4.6949E-03	3.5592E+00	7.2145E-02	1.7623E+00	1.6694E-01
0.63 - 0.75	3.3517E-04	4.6512E+00	3.3143E-02	4.5945E+00	1.7588E-01
0.75 -25.00	2.7500E-04	9.0025E+00	5.5688E-02	6.5769E+00	5.3538E-02

Tabla 29.- Parámetros del registro de 25 de abril de 1989 en estación 44, dirección norte-sur.

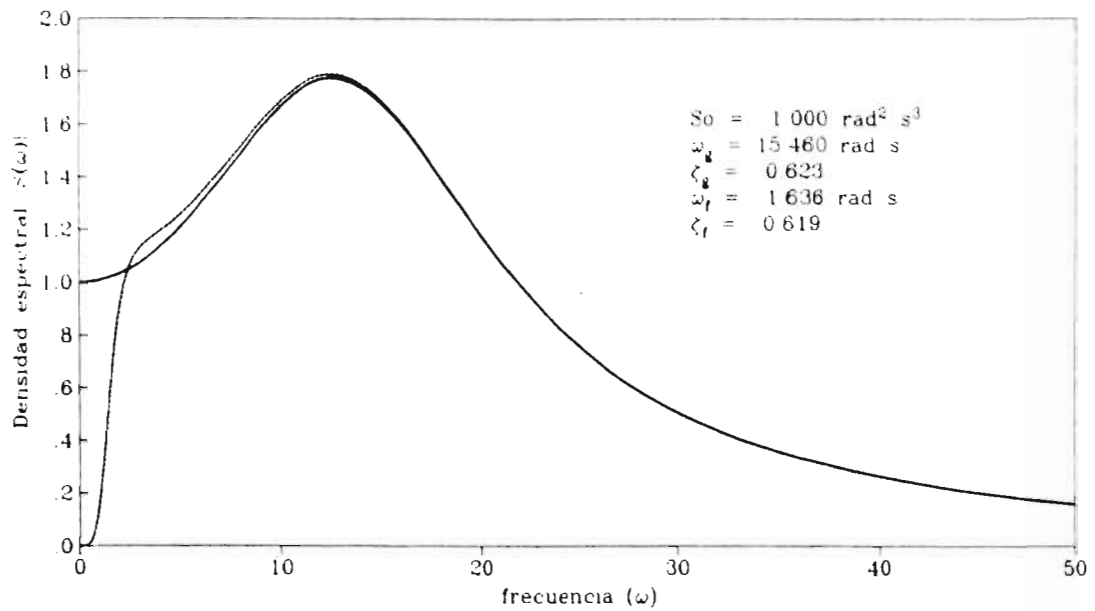


Figura 1.- Comparación del filtro de Kanai-Tajimi (línea continua) y el de Clough-Penzien (línea discontinua).

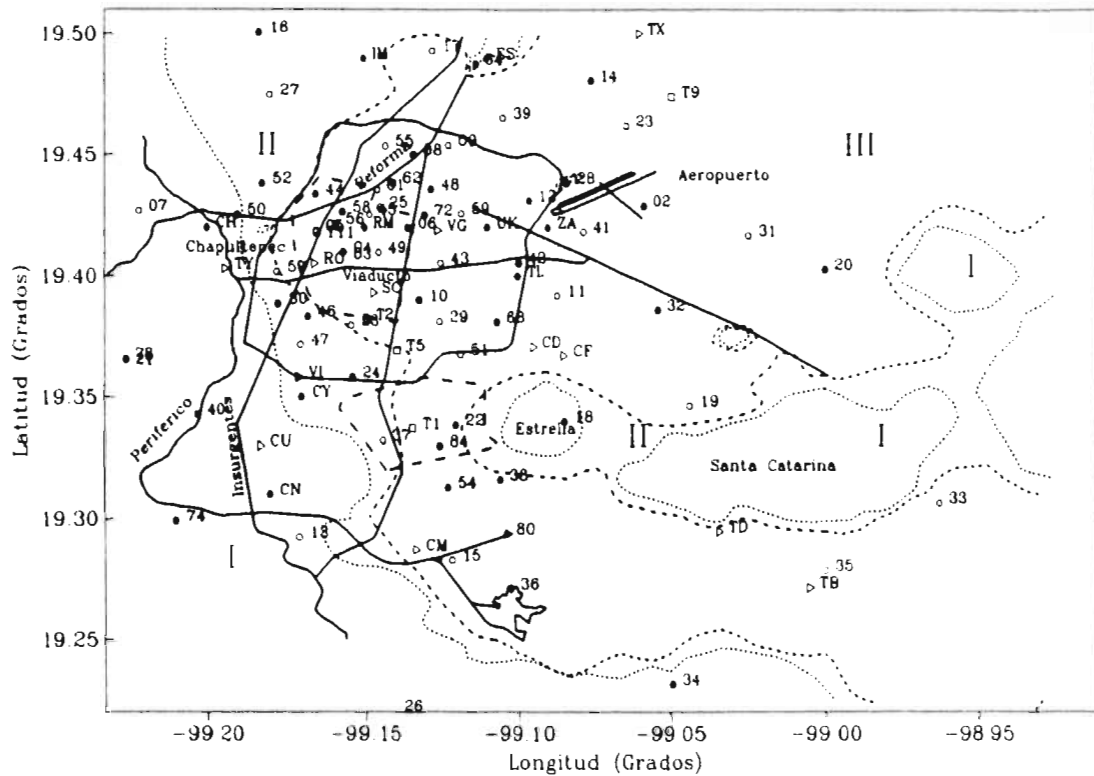


Figura 2.- Localización de estaciones acelerográficas en la ciudad de México.

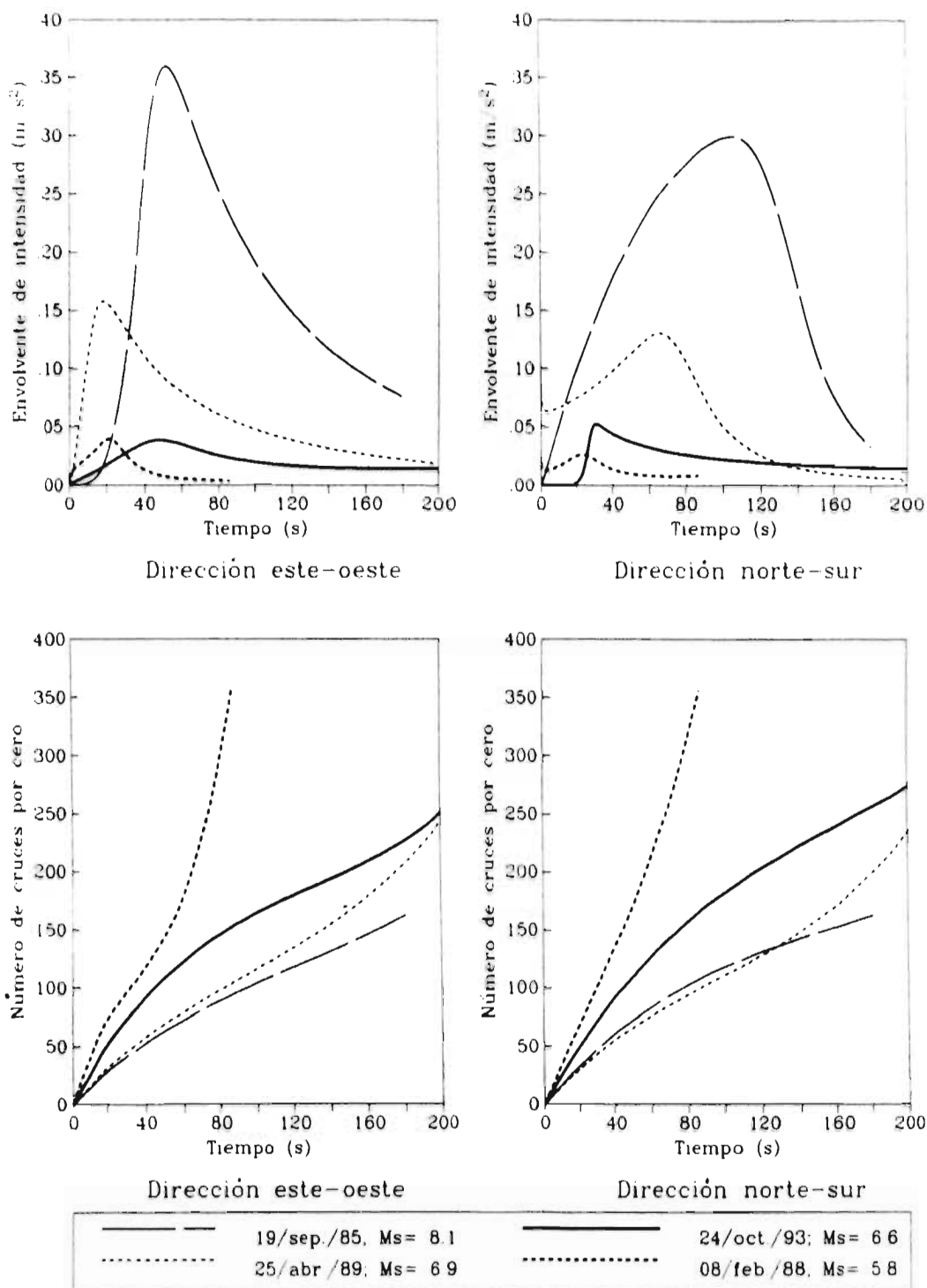


Figura 3.- Funciones envolventes de intensidad y número de cruces por cero de acelerogramas registrados en estación Central de Abastos.

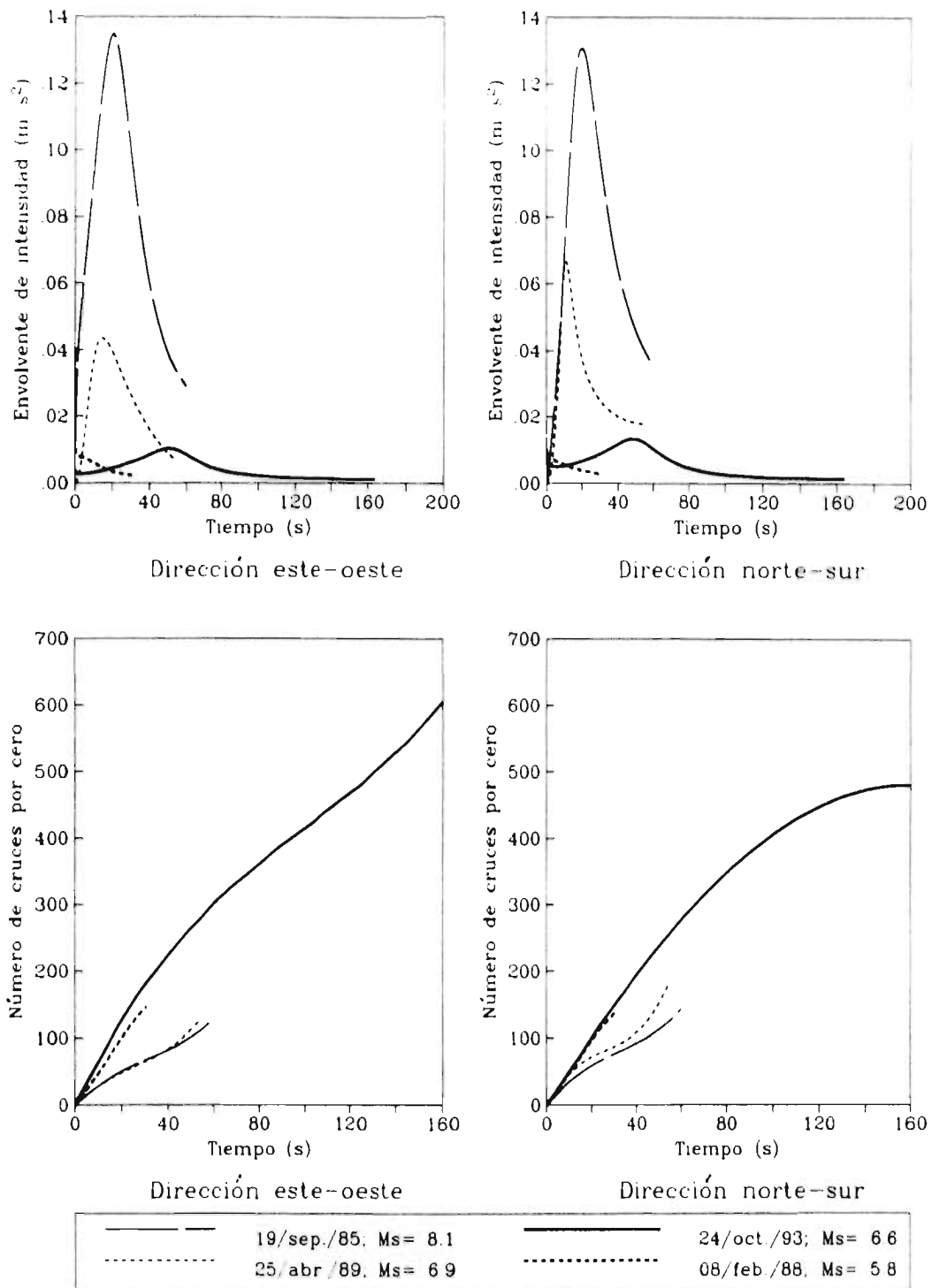


Figura 4.- Funciones envolventes de intensidad y número de cruces por cero de acelerogramas registrados en estación CU

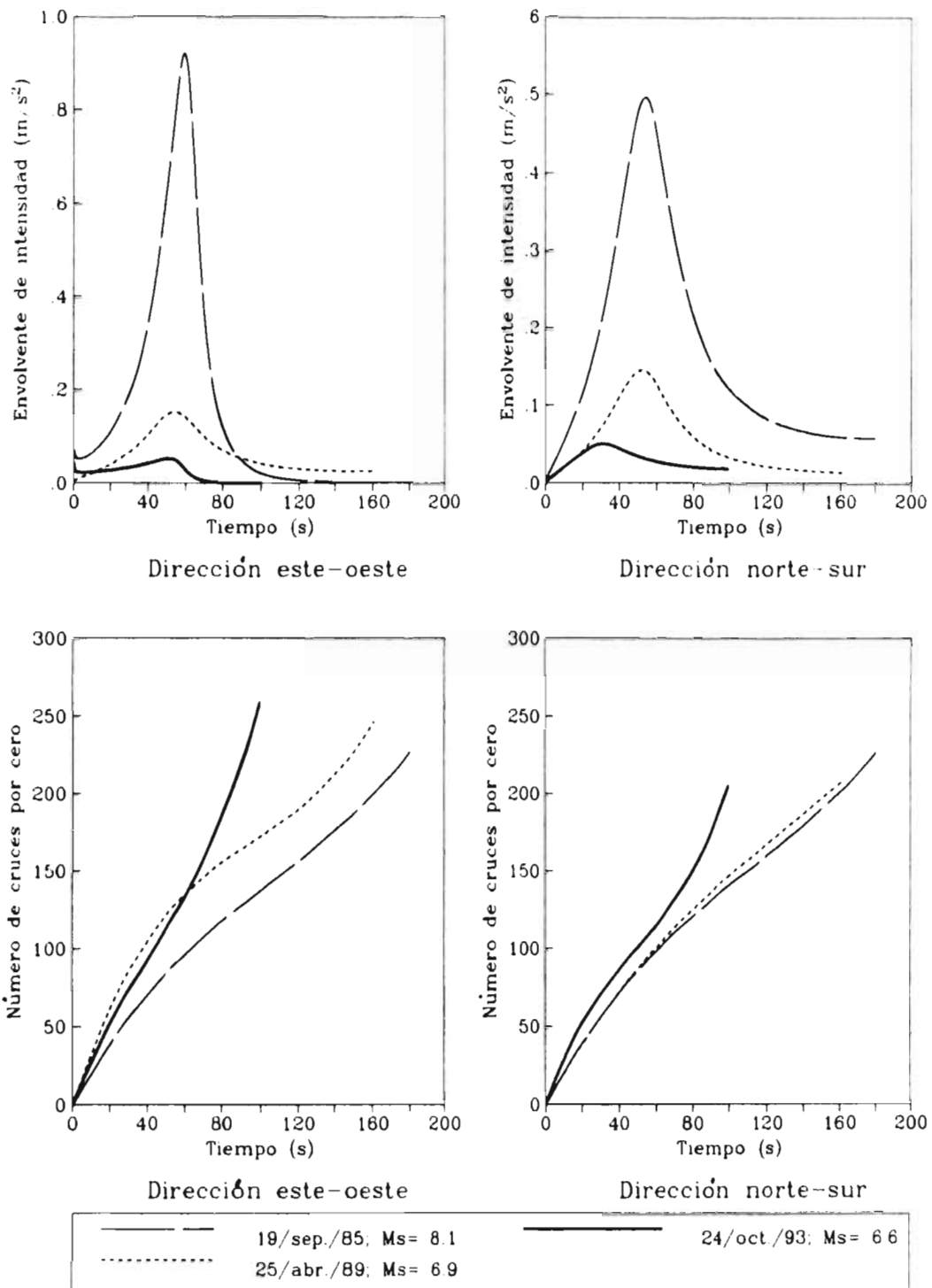


Figura 5.- Funciones envolventes de intensidad y número de cruces por cero de acelerogramas registrados en estación SCT.

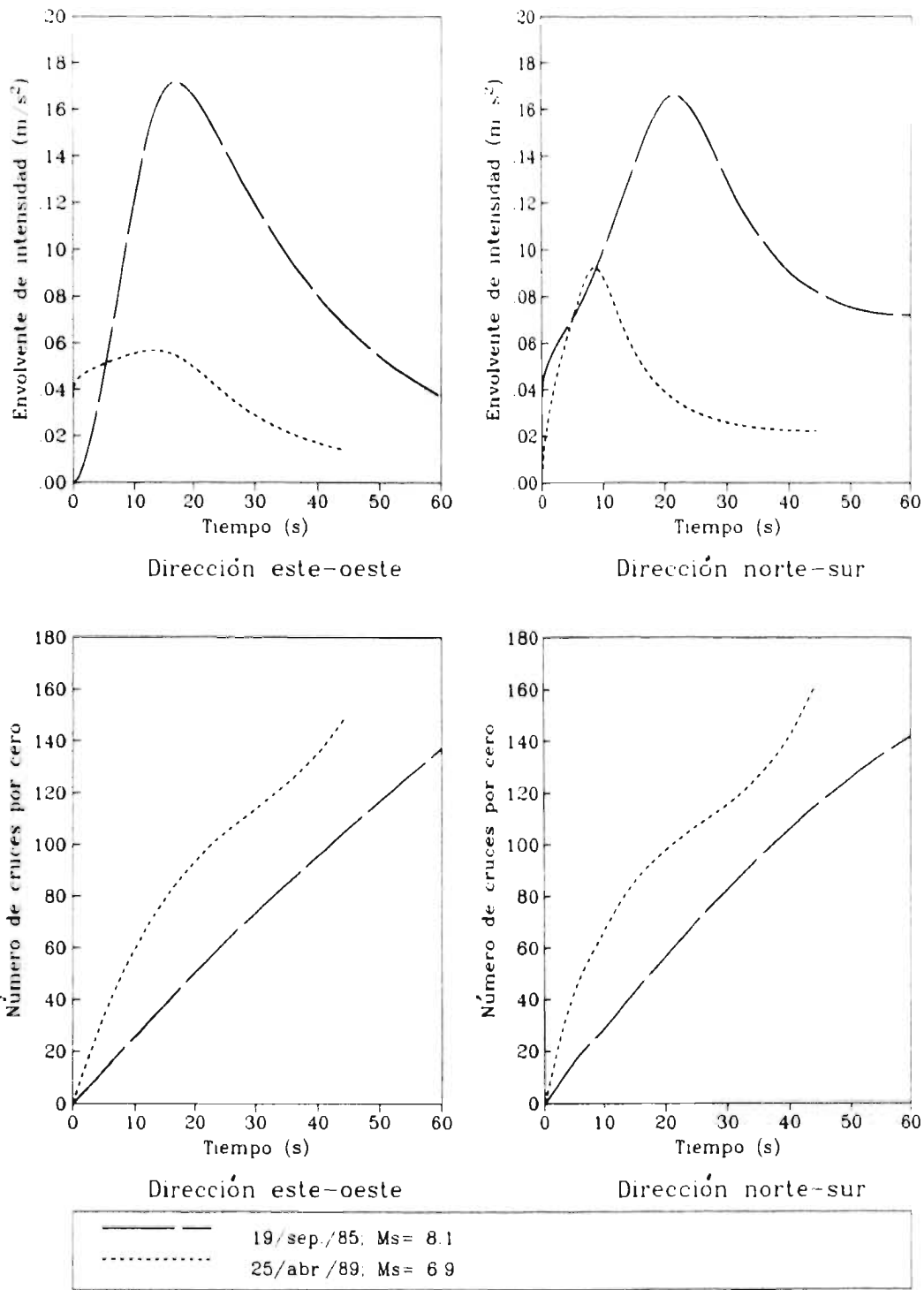


Figura 6.- Funciones envolventes de intensidad y número de cruces por cero de acelerogramas registrados en estación Viveros.

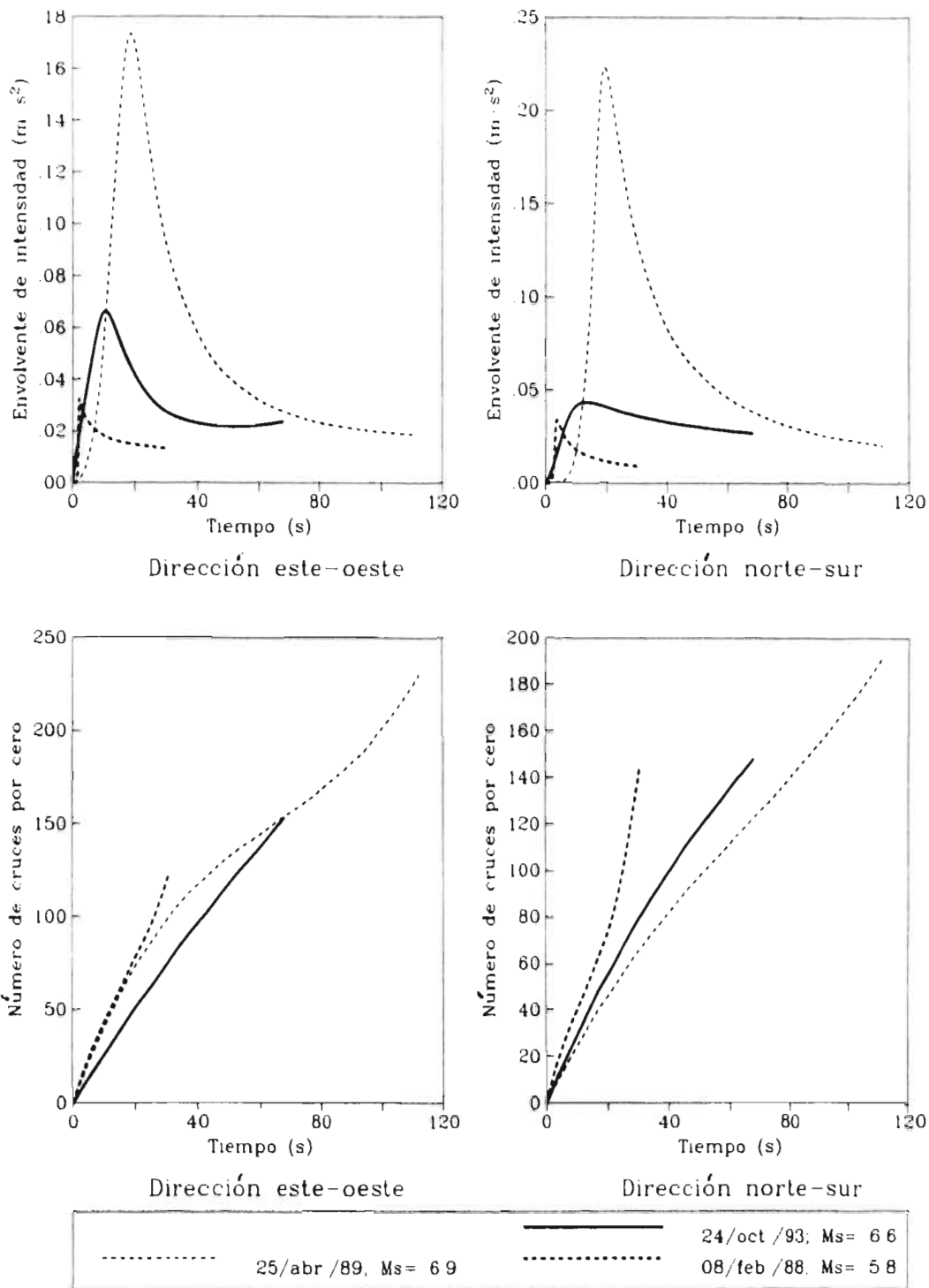
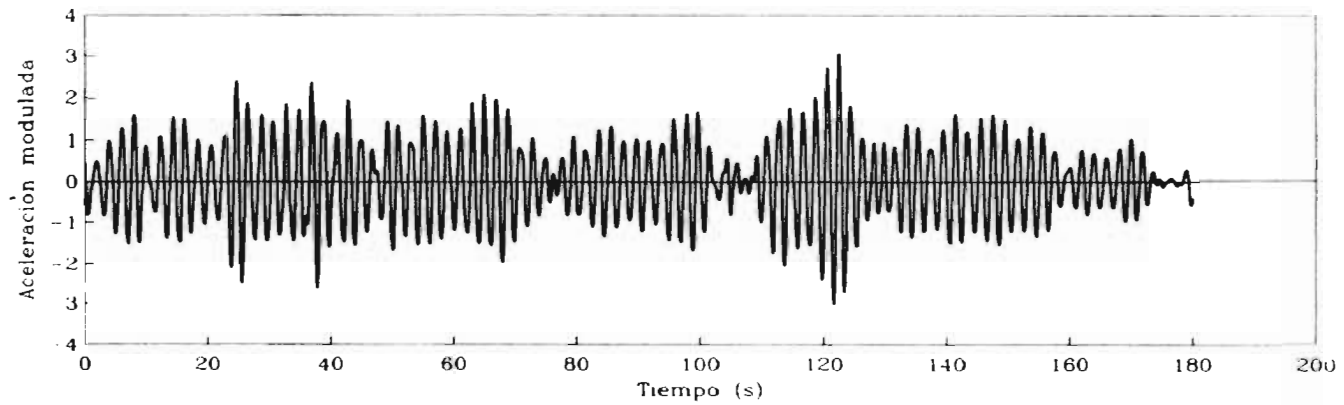
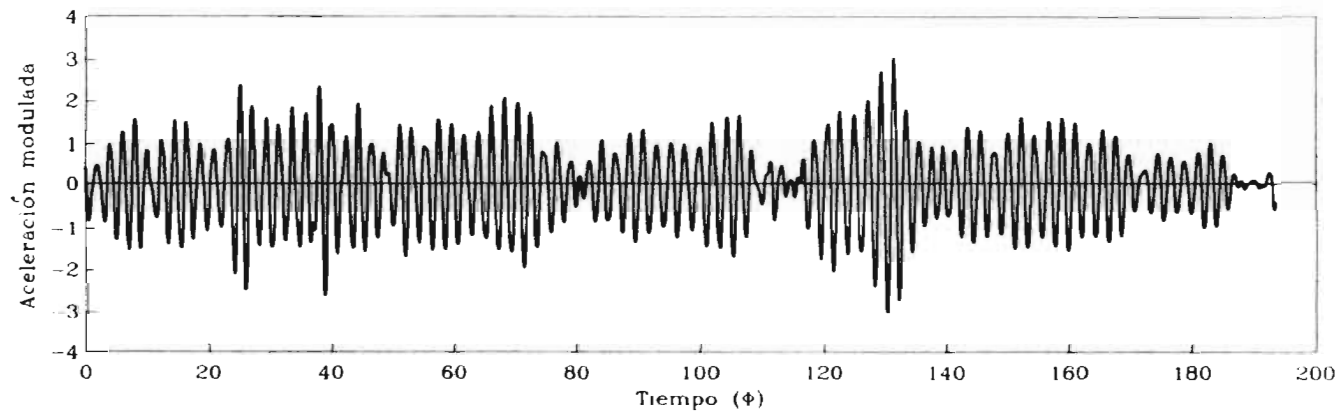


Figura 7.- Funciones envolventes de intensidad y número de cruces por cero de acelerogramas registrados en estación 44.

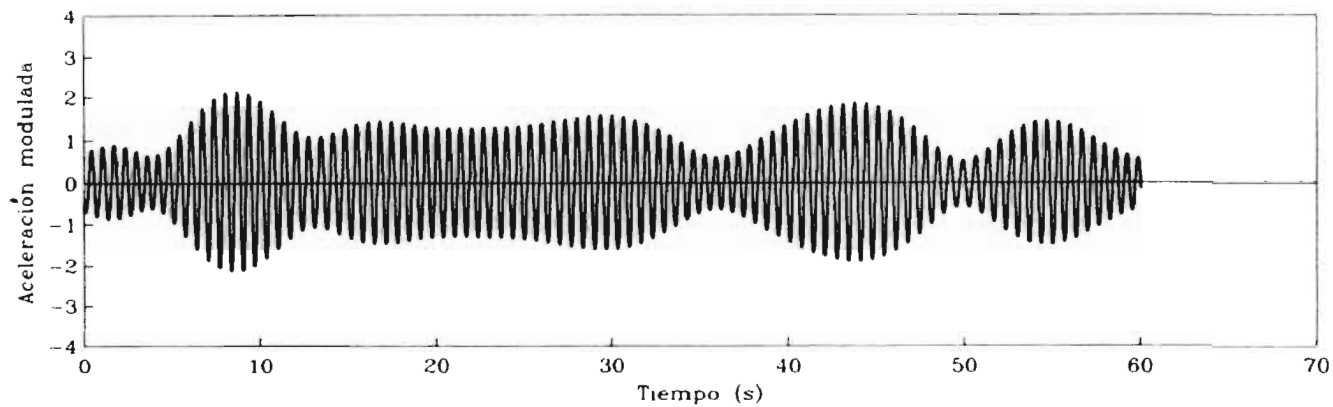


Proceso modulado en amplitud

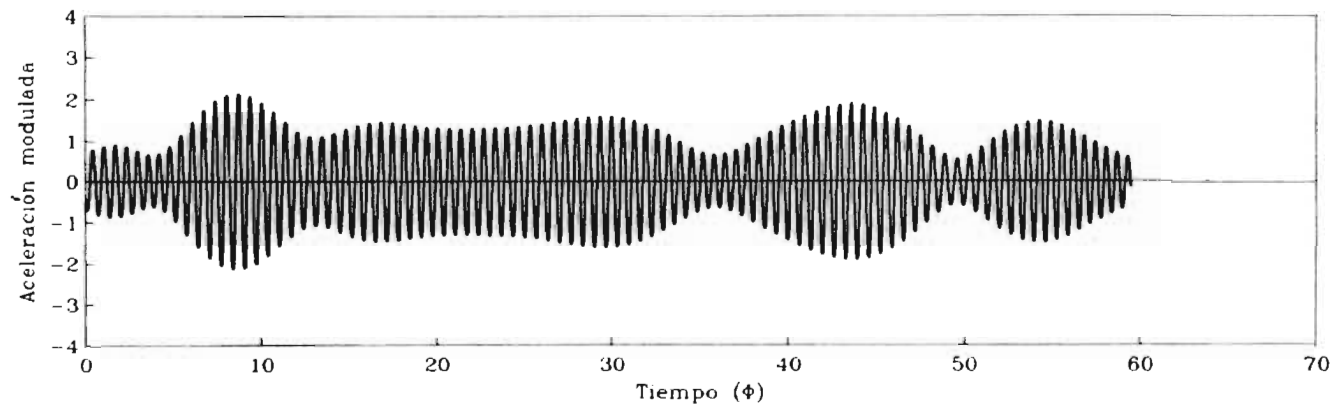


Proceso modulado en frecuencia y amplitud

Figura 8.- Procesos modulados correspondiente a banda de frecuencias (0.50 - 3.00 Hertz) del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación SCT, dirección este-oeste.

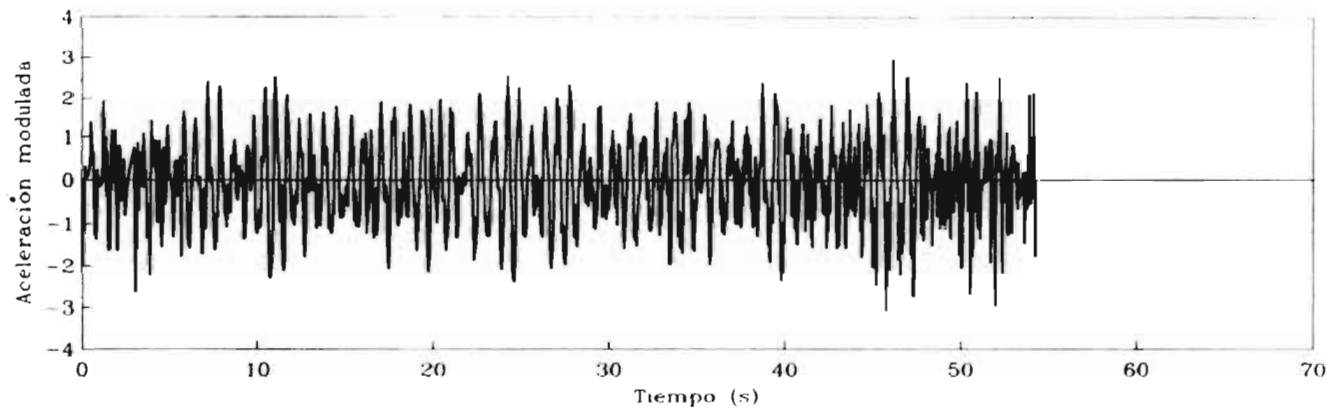


Proceso modulado en amplitud

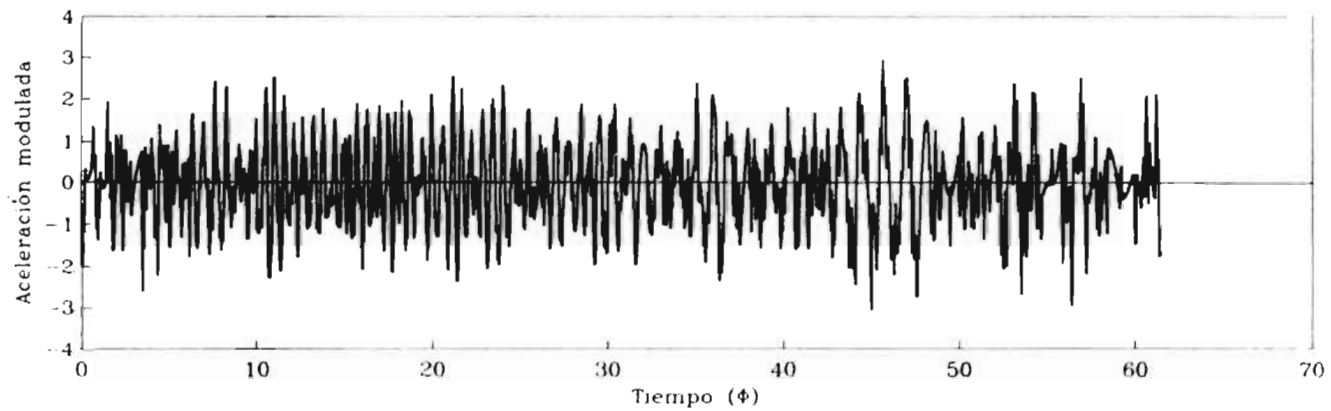


Proceso modulado en frecuencia y amplitud

Figura 9.- Procesos modulados correspondiente a banda de frecuencias (1.42 - 1.61 Hertz) del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación CU, dirección norte-sur

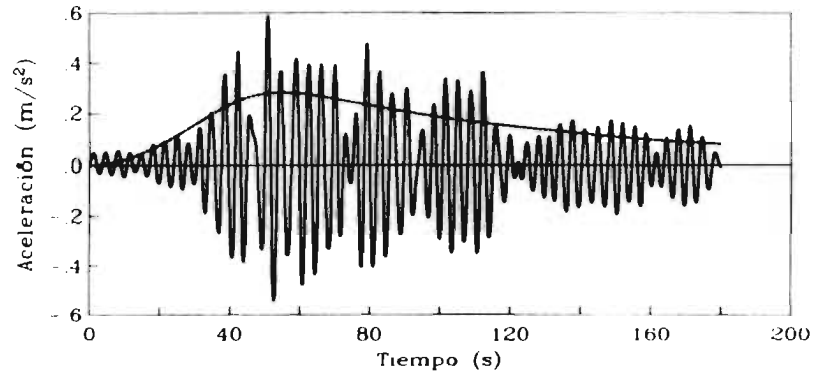


Proceso modulado en amplitud

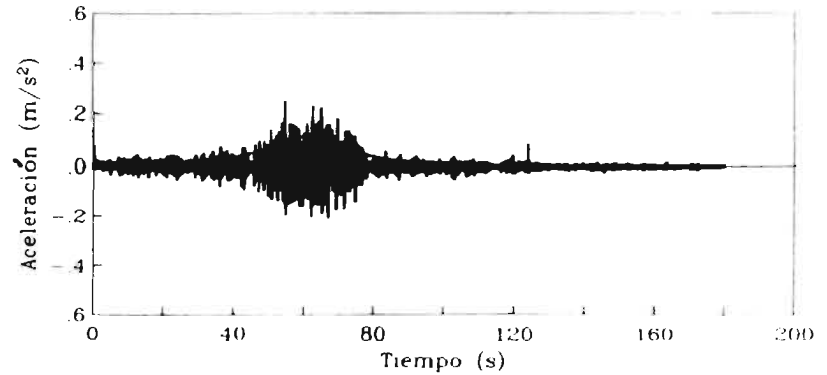


Proceso modulado en frecuencia y amplitud

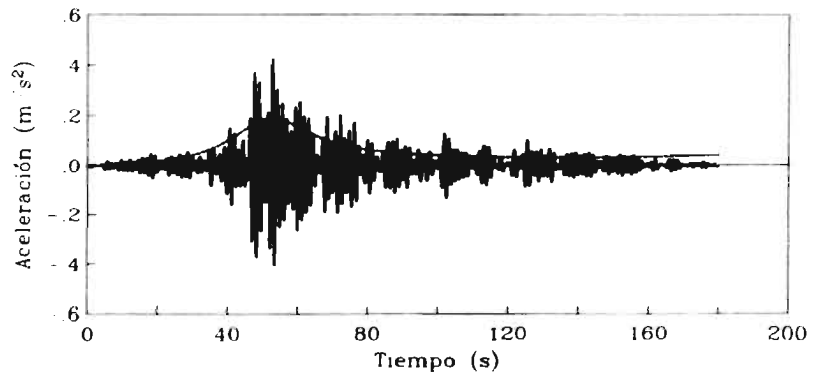
Figura 10.- Procesos modulados correspondiente a banda de frecuencias (1.18 - 25.00 Hertz) del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación CU, dirección este-oeste.



Banda de frecuencias (0.00 - 0.48 Hertz)

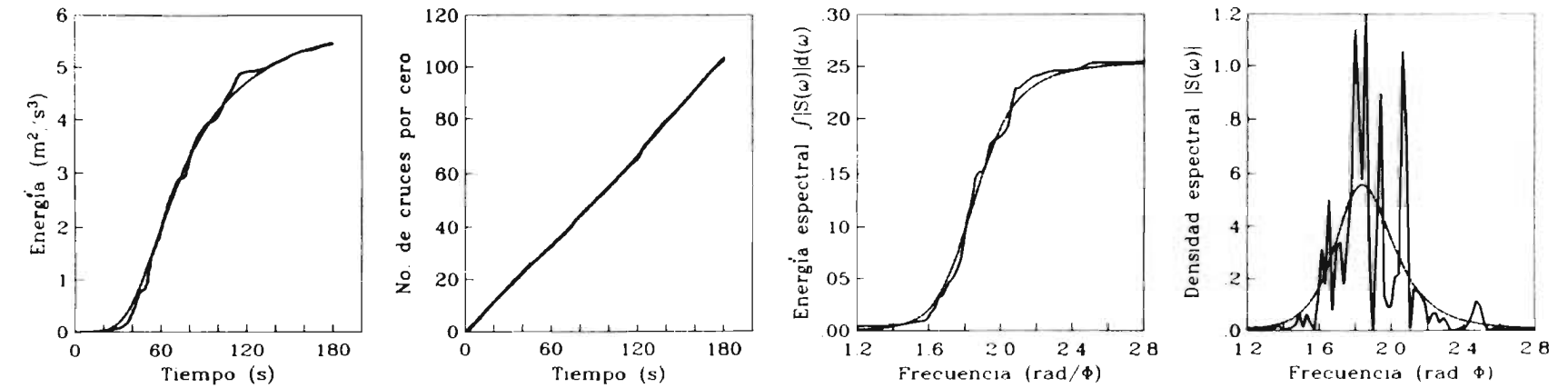


Banda de frecuencias (1.11 - 12.50 Hertz)

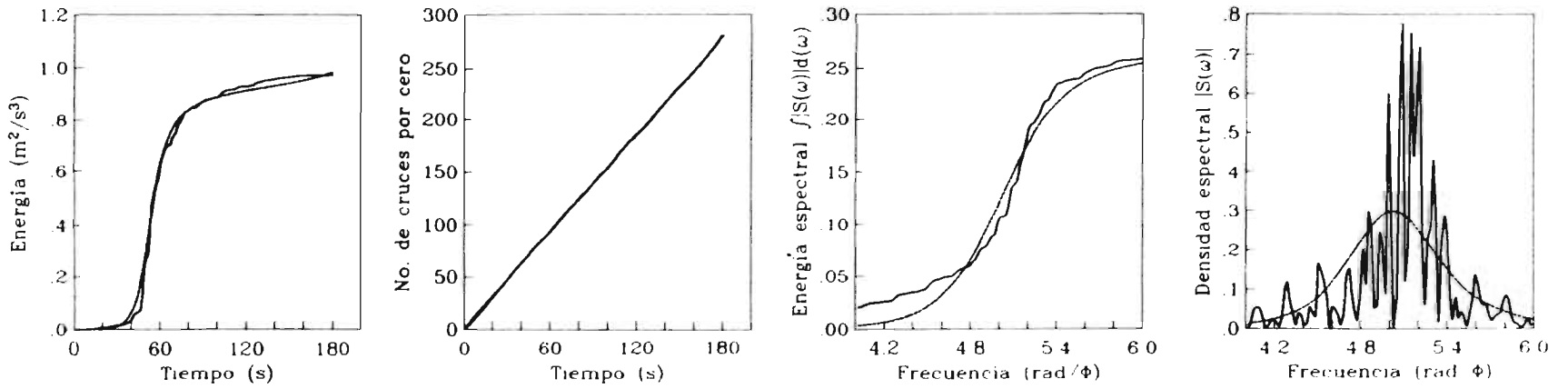


Banda de frecuencias (0.48 - 1.11 Hertz)

Figura 11.a.- Envolturas de intensidad y componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación Central de Abastos, dirección este-oeste



Banda de frecuencias (0.00 - 0.48 Hertz)



Banda de frecuencias (0.48 - 1.11 Hertz)

Figura 12.a.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación Central de Abastos, dirección este-oeste.

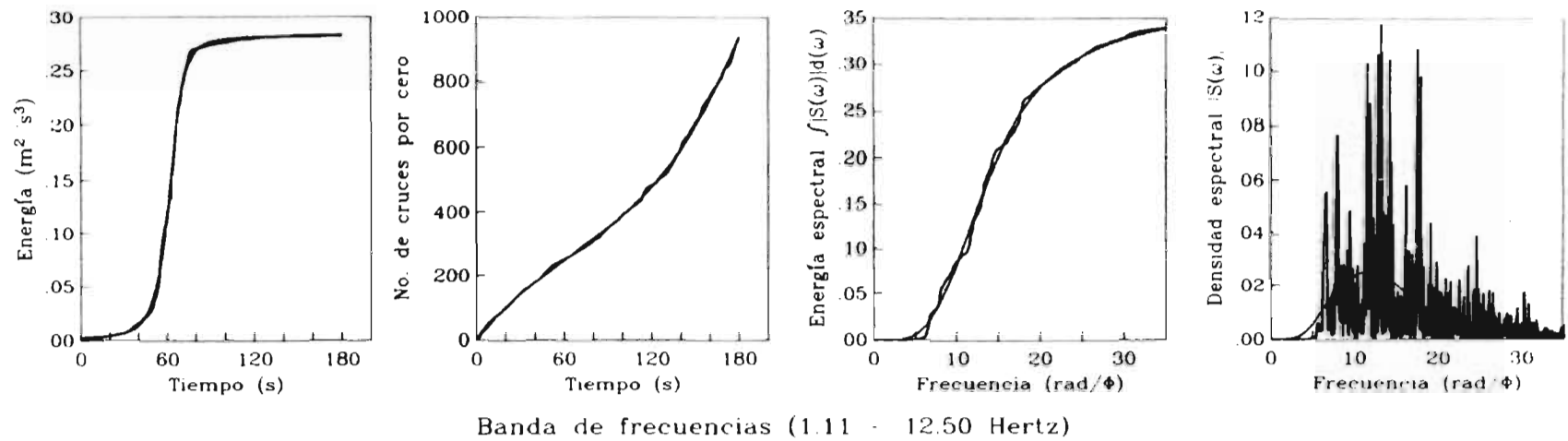
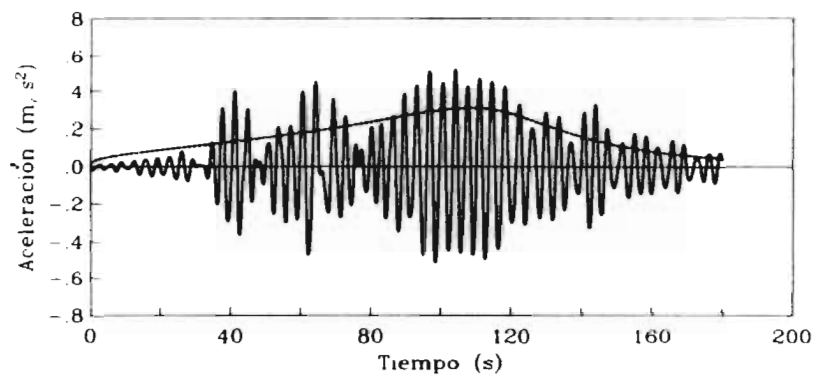
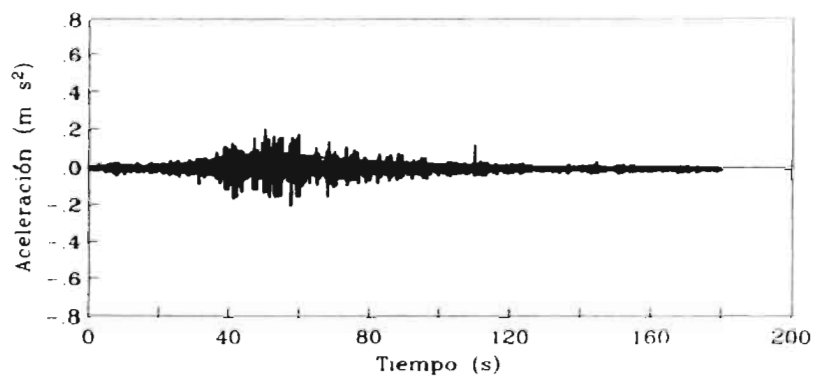


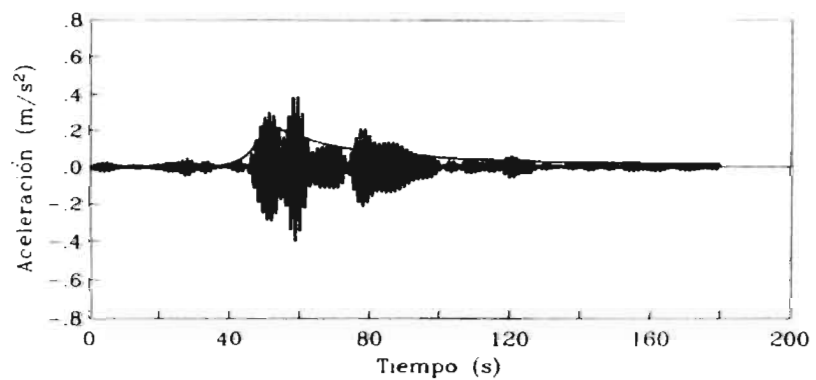
Figura 12.b.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componente del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación Central de Abastos, dirección este oeste.



Banda de frecuencias (0.00 - 0.64 Hertz)

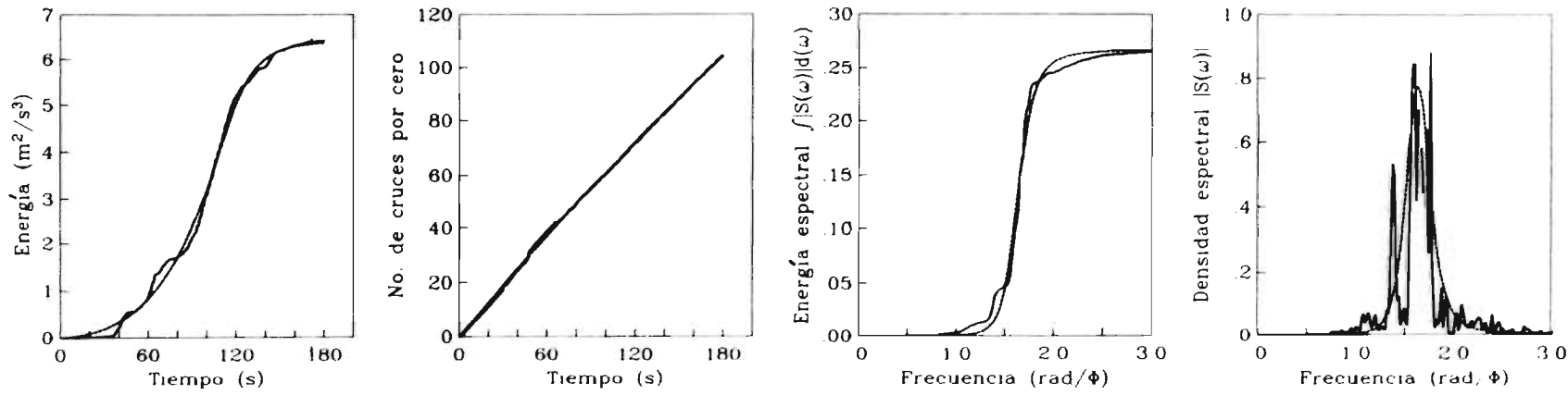


Banda de frecuencias (0.90 - 12.50 Hertz)

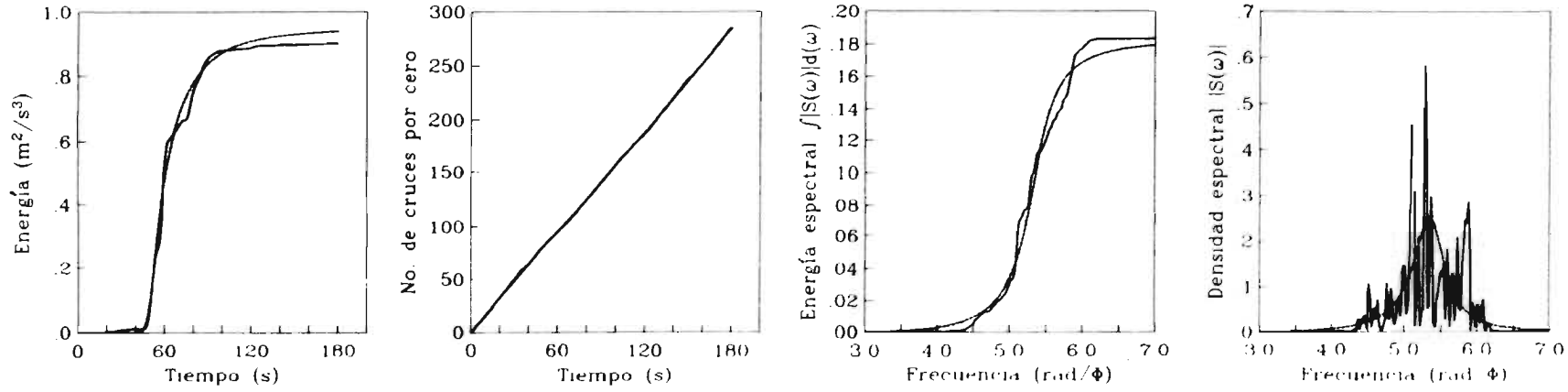


Banda de frecuencias (0.64 - 0.90 Hertz)

Figura 13.a. - Envolventes de intensidad y componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación Central de Abastos, dirección norte sur.



Banda de frecuencias (0.00 - 0.64 Hertz)



Banda de frecuencias (0.64 - 0.90 Hertz)

Figura 14.a. - Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.

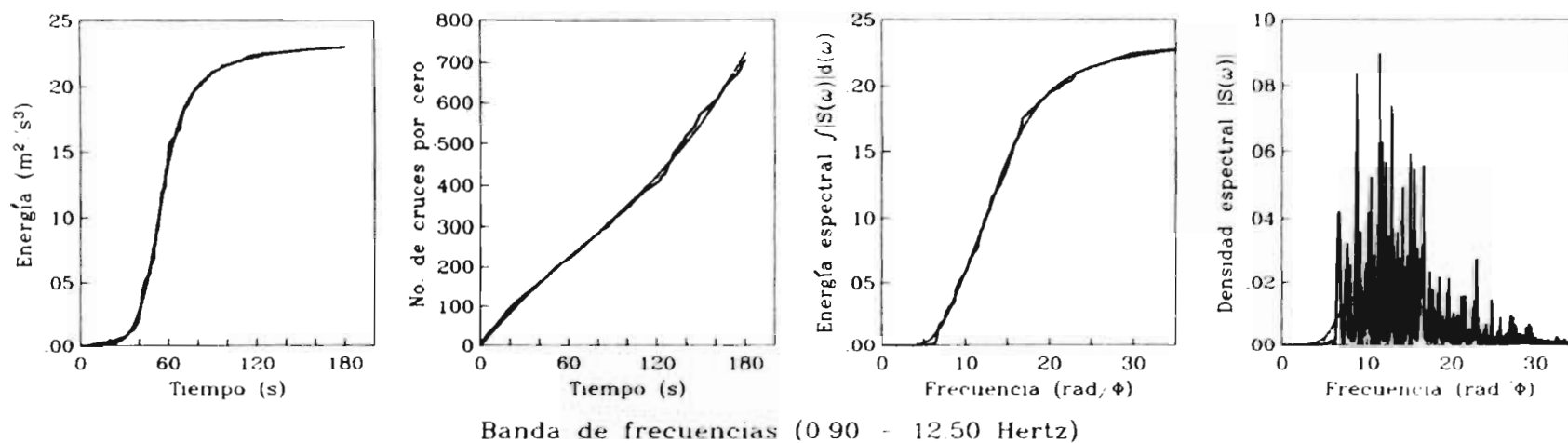
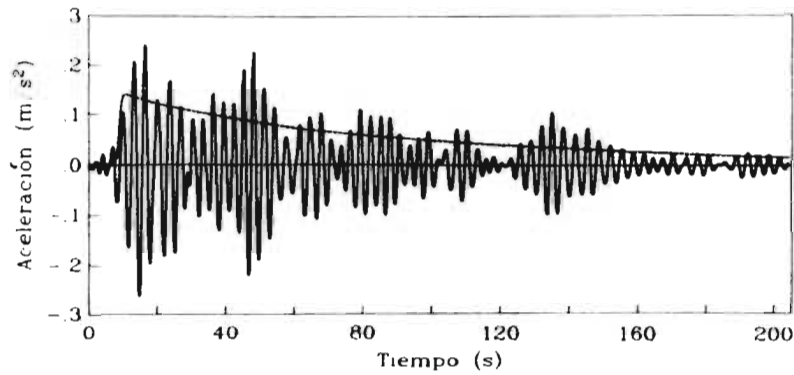
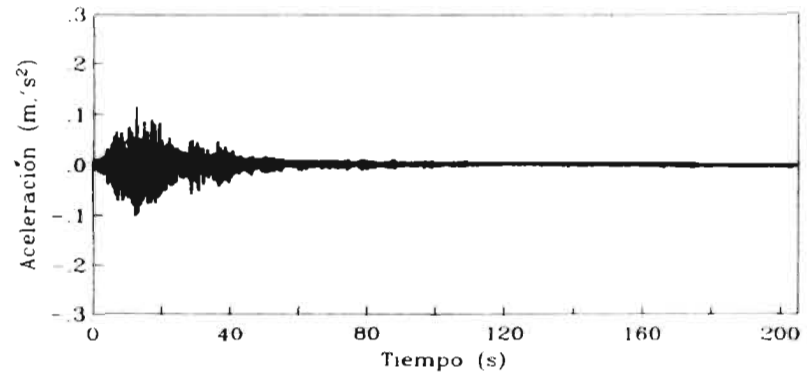


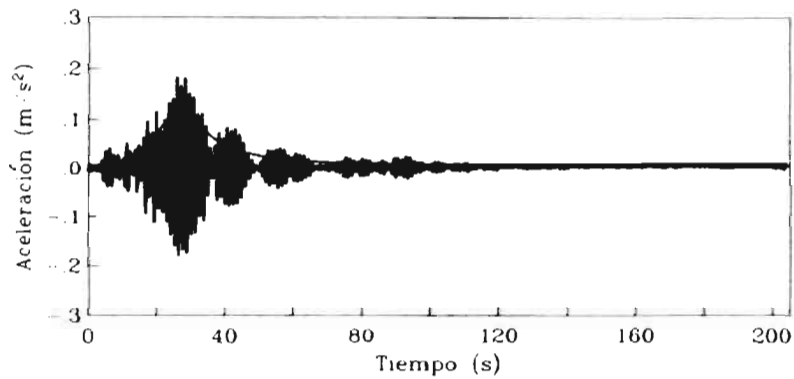
Figura 14.b. Ajuste de funciones de modulación y filtro de componente del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación Central de Abastos, dirección norte sur.



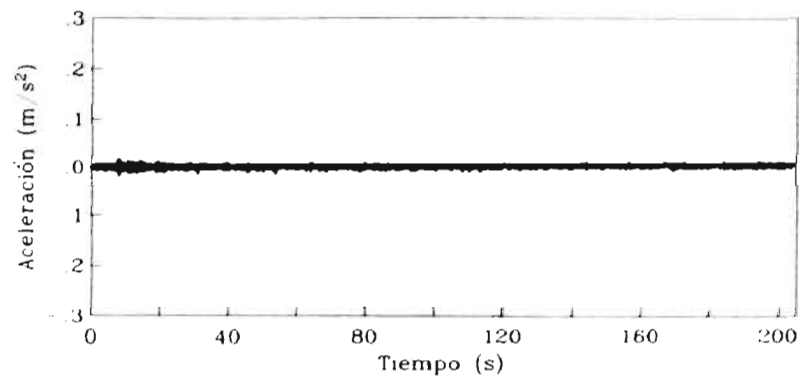
Banda de frecuencias (0.00 - 0.70 Hertz)



Banda de frecuencias (1.30 - 3.00 Hertz)

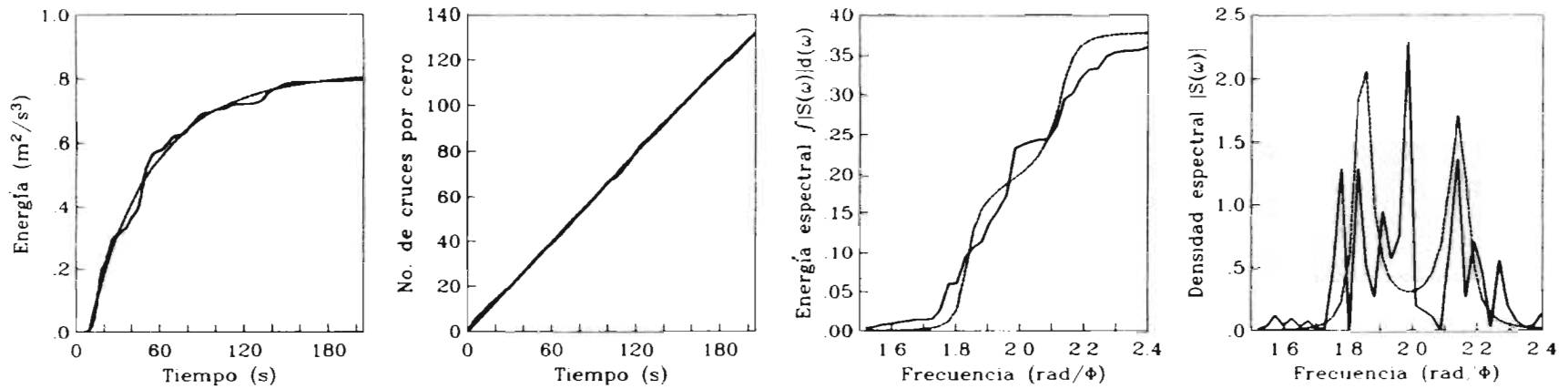


Banda de frecuencias (0.70 - 1.30 Hertz)

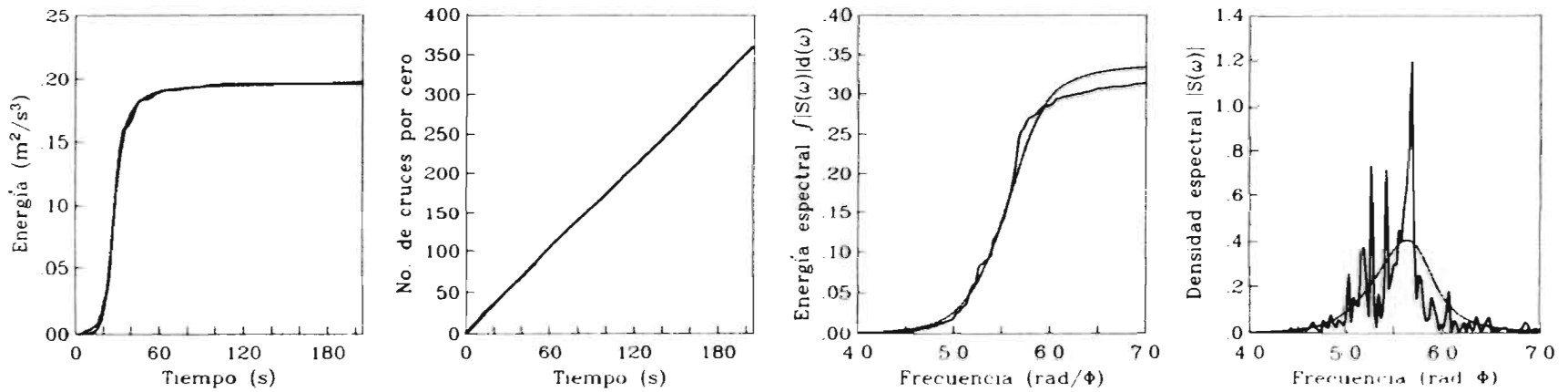


Banda de frecuencias (3.00 - 16.66 Hertz)

Figura 15 a.- Envoltentes de intensidad y componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación Central de Abastos, dirección este-oeste.

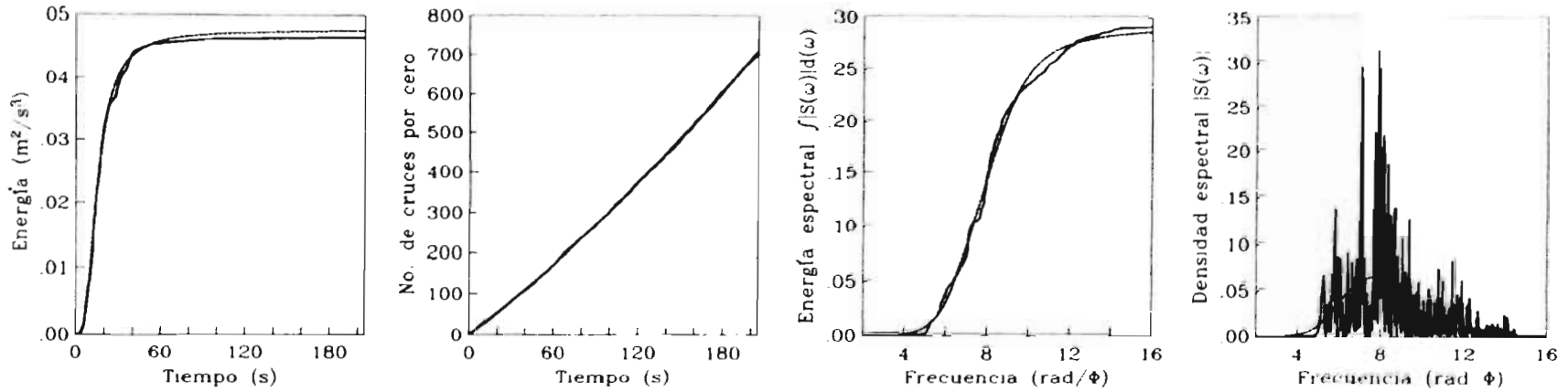


Banda de frecuencias (0.00 - 0.70 Hertz)

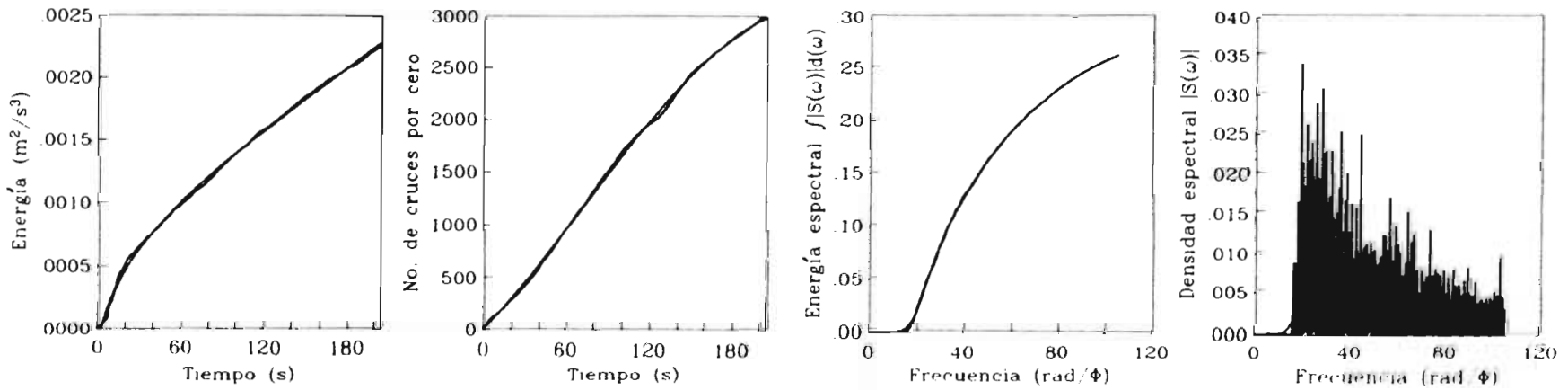


Banda de frecuencias (0.70 - 1.30 Hertz)

Figura 16.a.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación Central de Abastos, dirección este-oeste.

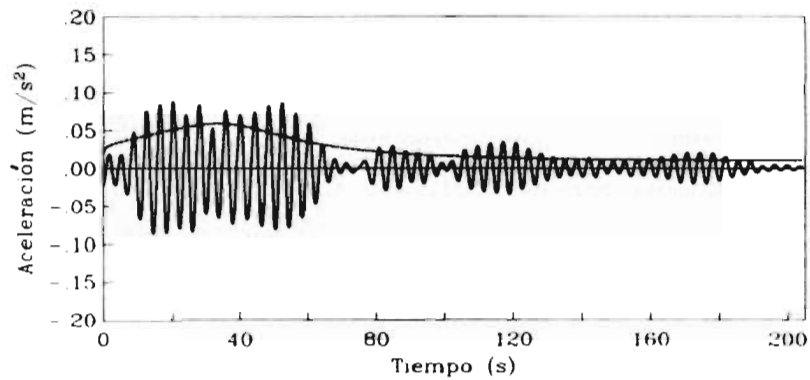


Banda de frecuencias (1.30 - 3.00 Hertz)

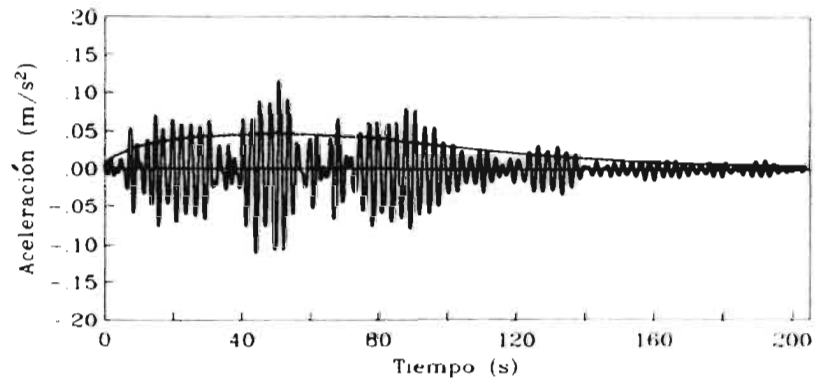


Banda de frecuencias (3.00 - 16.66 Hertz)

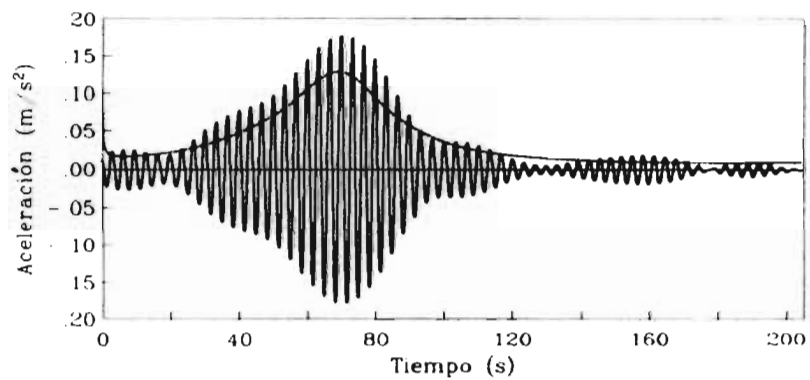
Figura 16.b.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación Central de Abastos, dirección este-oeste



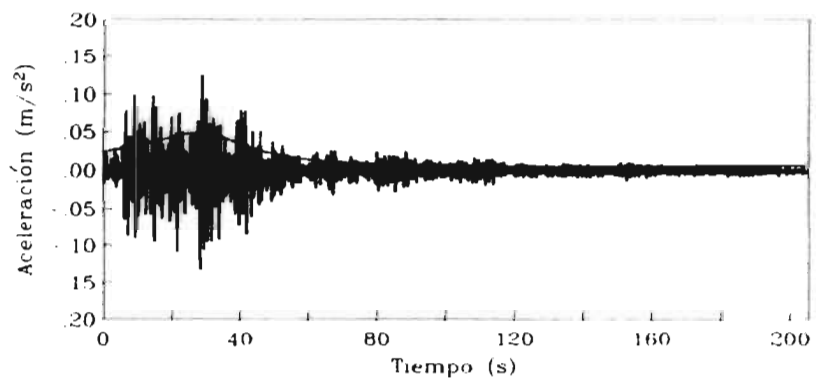
Banda de frecuencias (0.00 - 0.28 Hertz)



Banda de frecuencias (0.33 - 0.70 Hertz)

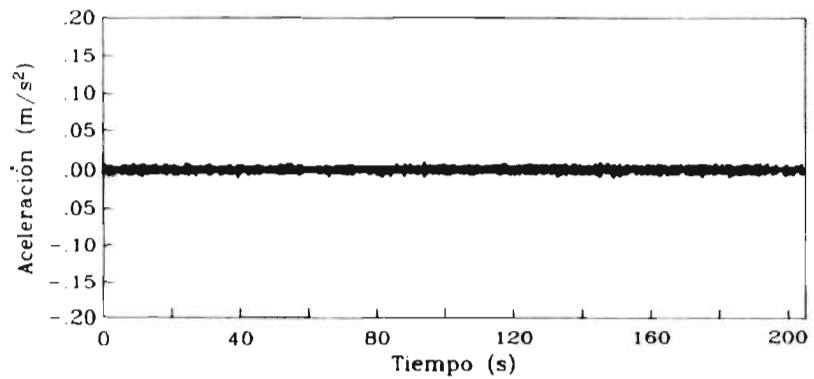


Banda de frecuencias (0.28 - 0.33 Hertz)



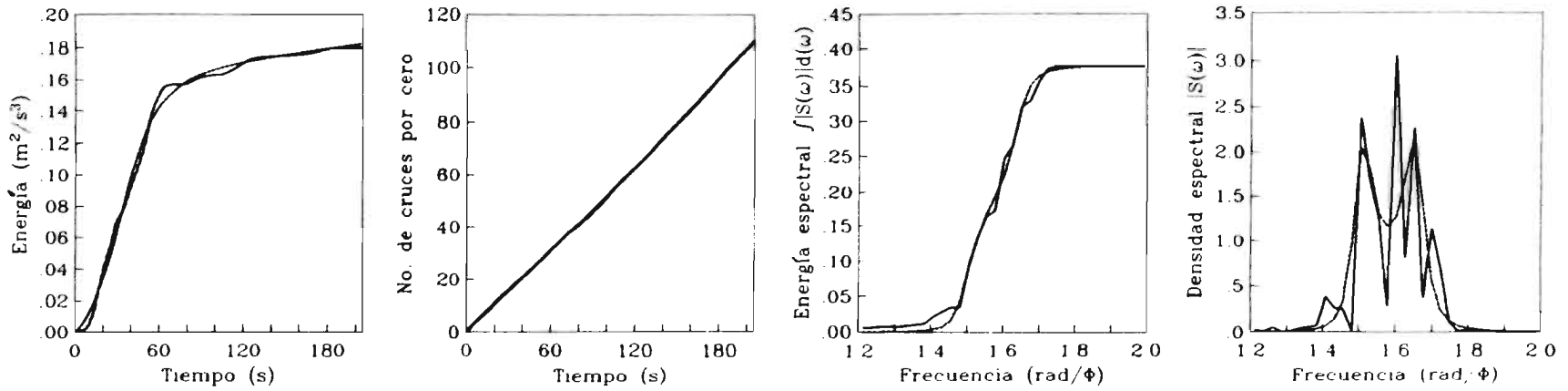
Banda de frecuencias (0.70 - 6.00 Hertz)

Figura 17.a.- Envolturas de intensidad y componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.

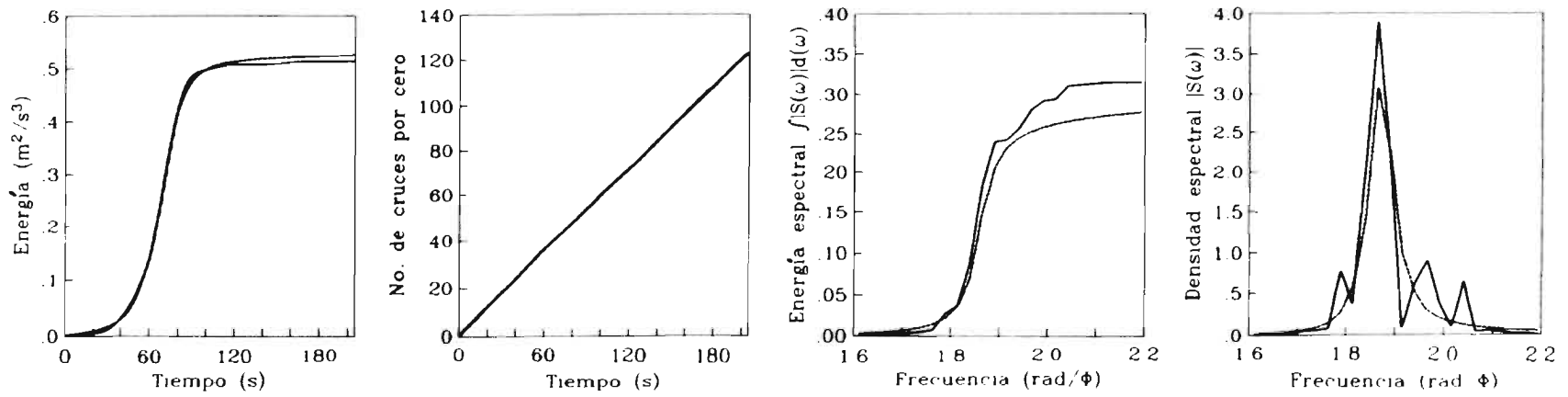


Banda de frecuencias (6.00 - 16.00 Hertz)

Figura 17.b. - Envolvente de intensidad y componente del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.

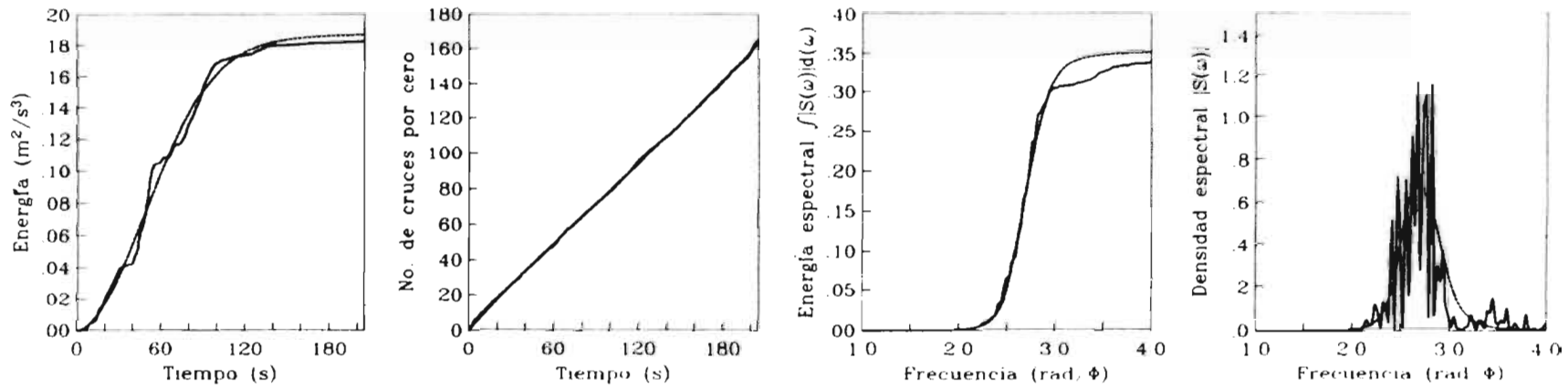


Banda de frecuencias (0.00 - 0.28 Hertz)

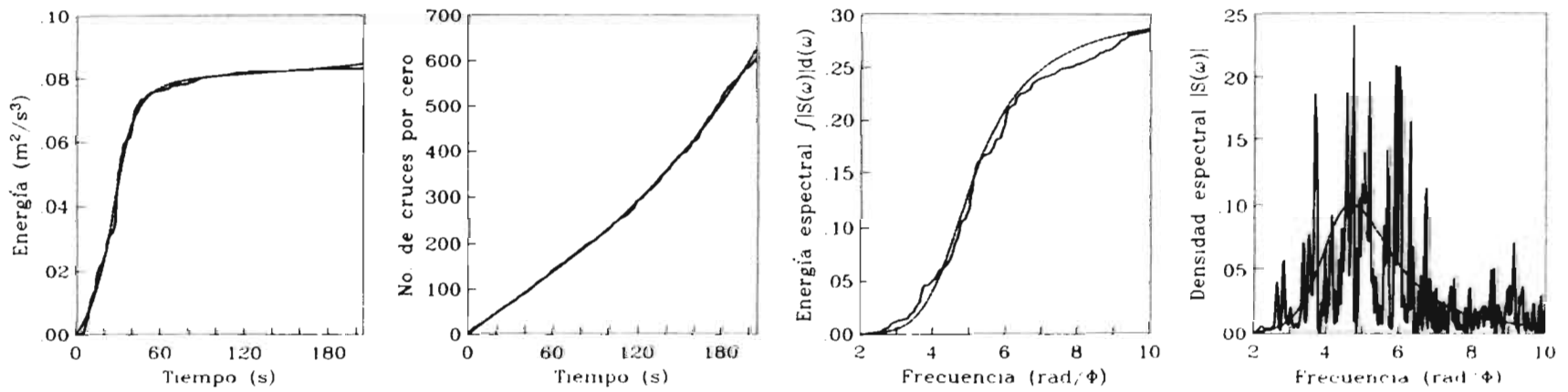


Banda de frecuencias (0.28 - 0.33 Hertz)

Figura 18.a. Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.



Banda de frecuencias (0.33 - 0.70 Hertz)



Banda de frecuencias (0.70 - 6.00 Hertz)

Figura 18 b.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.

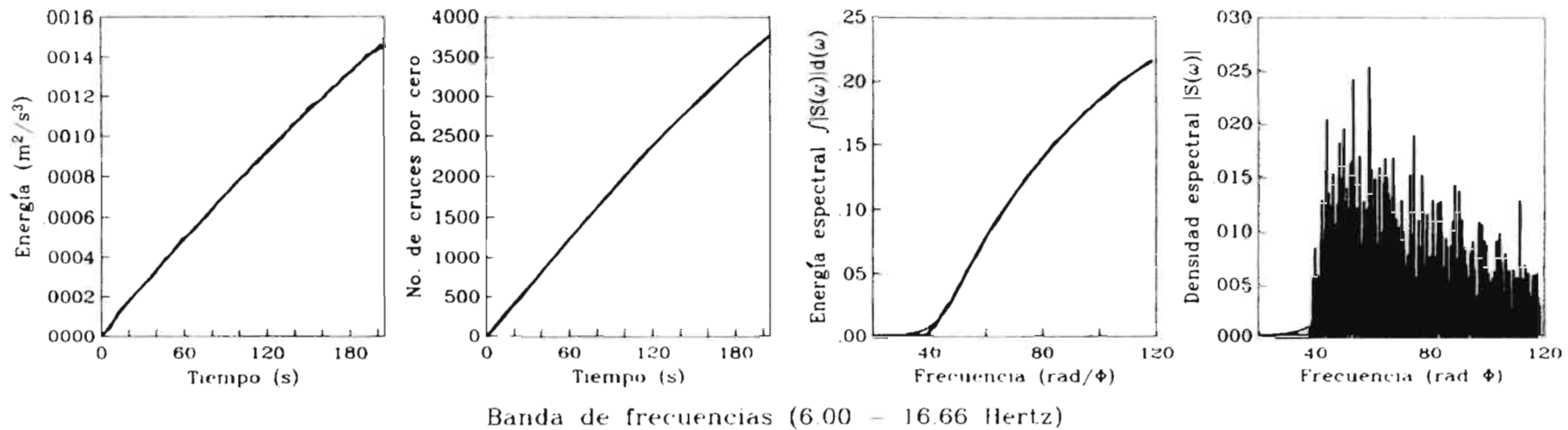
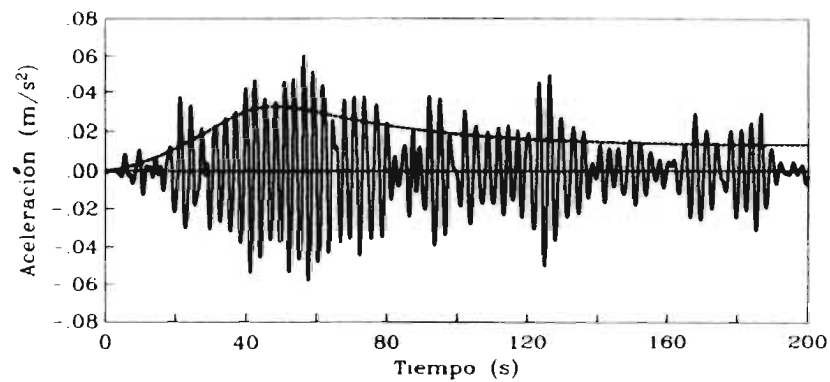
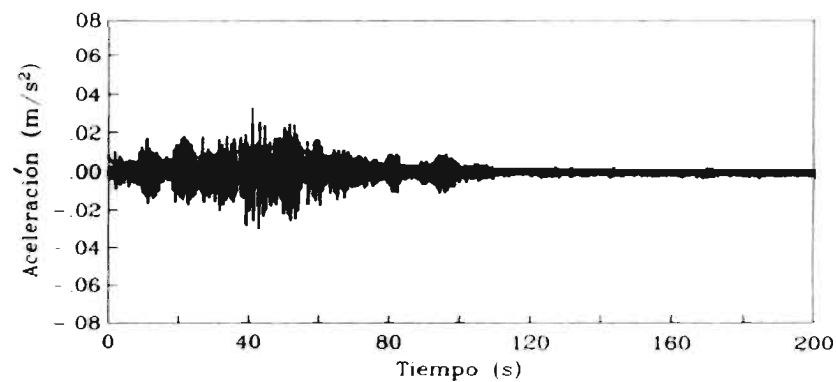


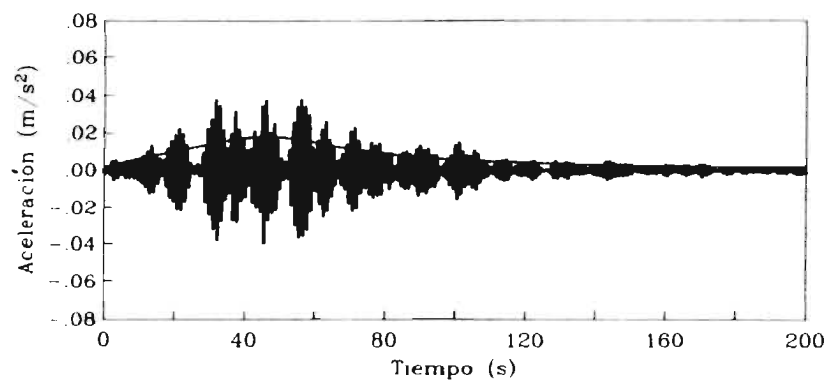
Figura 18.c.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componente del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.



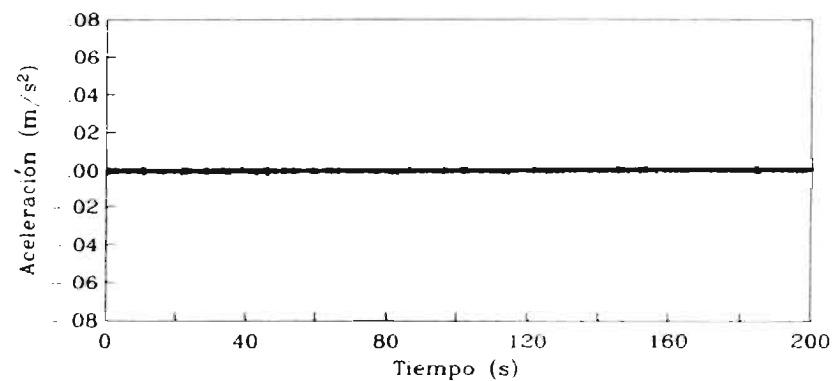
Banda de frecuencias (0.00 - 0.70 Hertz)



Banda de frecuencias (1.30 - 8.00 Hertz)

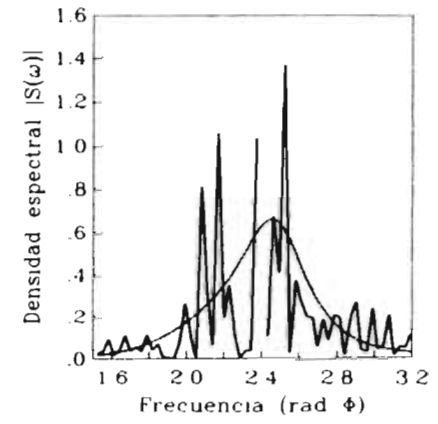
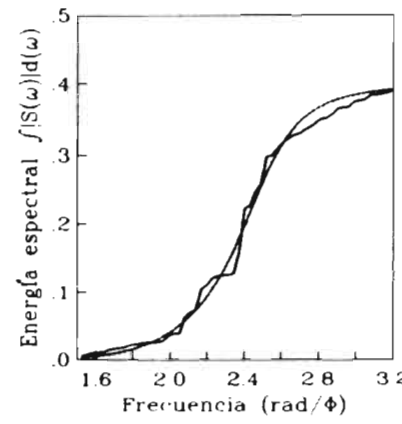
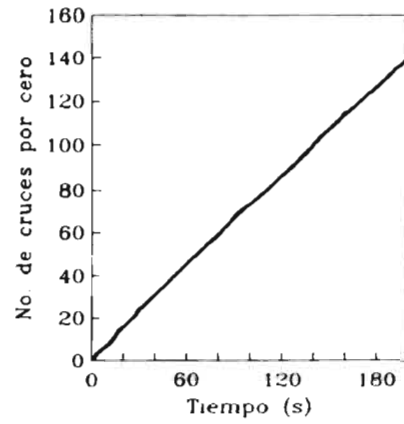
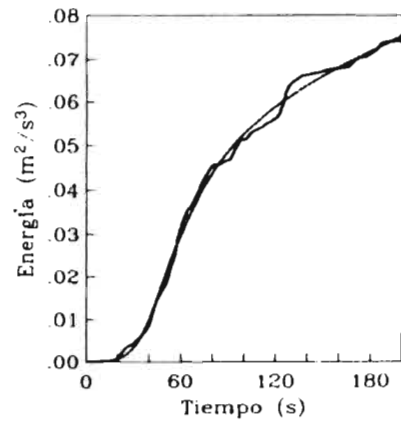


Banda de frecuencias (0.70 - 1.30 Hertz)

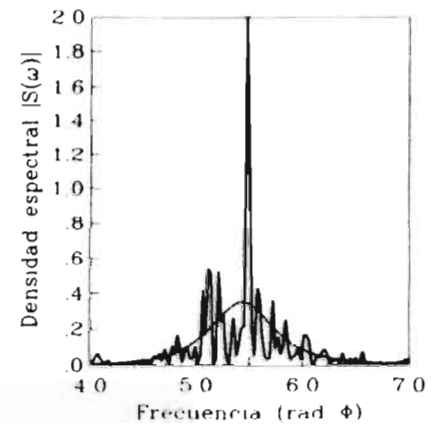
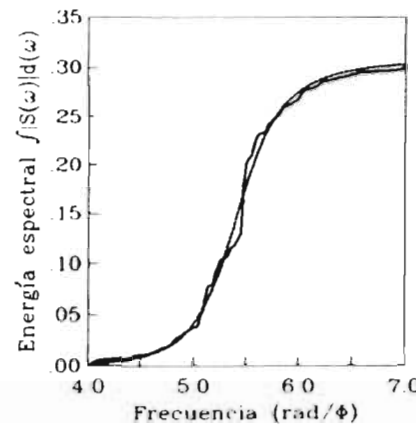
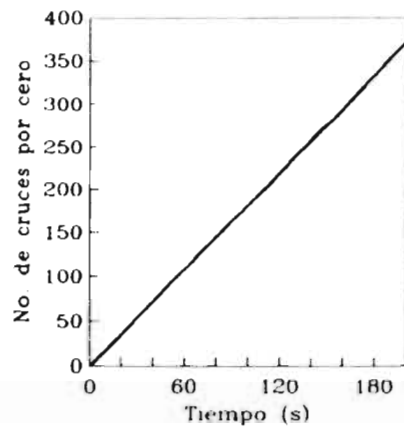
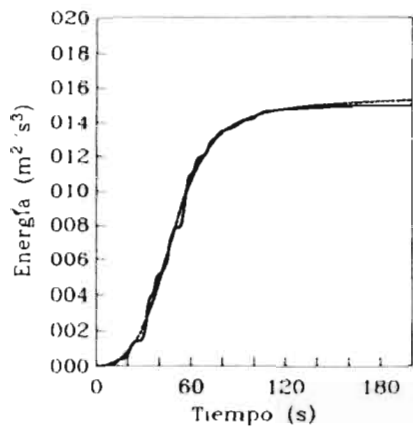


Banda de frecuencias (8.00 - 16.66 Hertz)

Figura 19 a. - Envolventes de intensidad y componentes del acelerograma del 24 de octubre de 1993 en estación Central de Abastos, dirección este oeste.

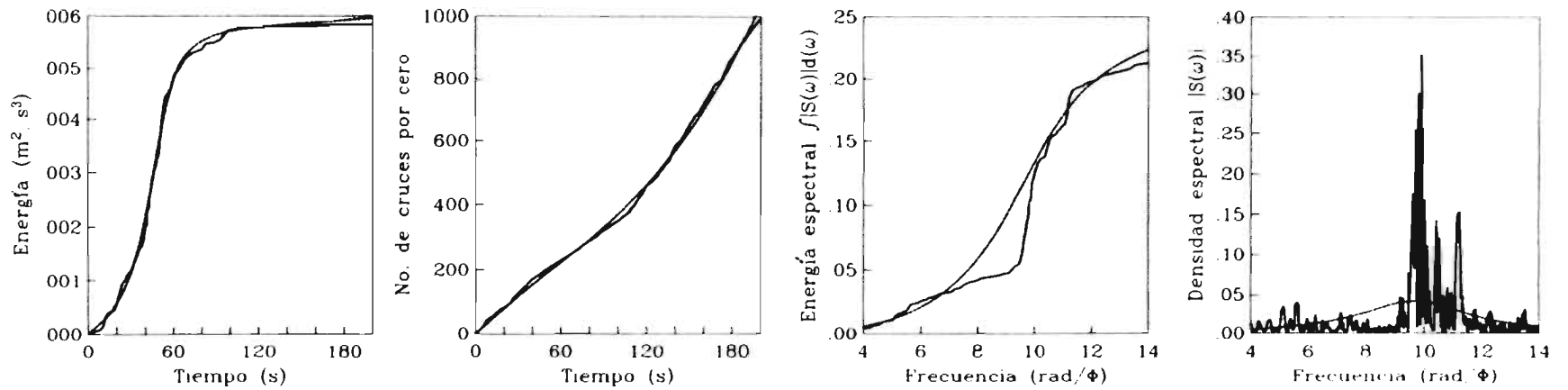


Banda de frecuencias (0.00 - 0.70 Hertz)

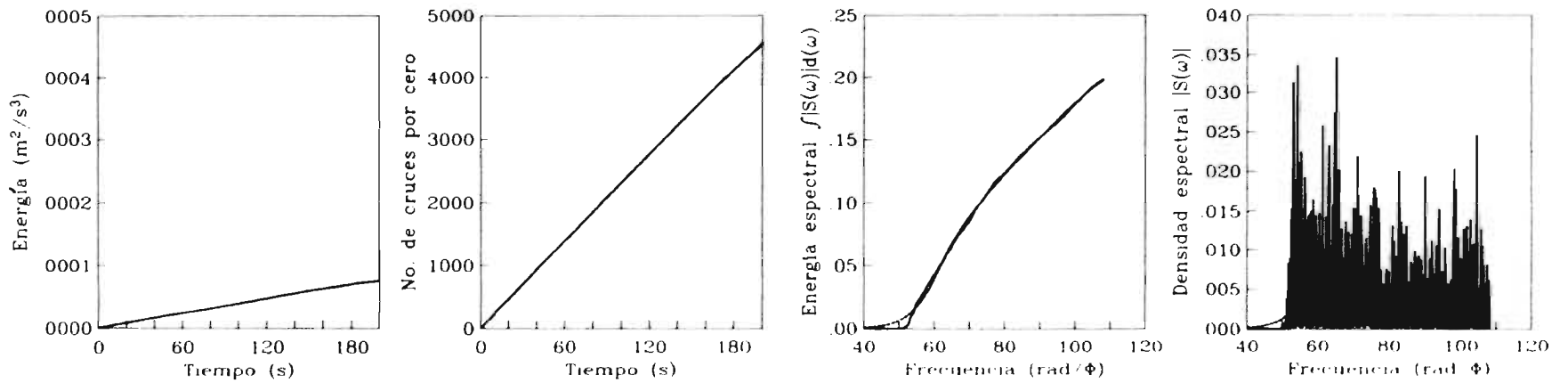


Banda de frecuencias (0.70 - 1.30 Hertz)

Figura 20.a. Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 24 de octubre de 1993 en estación Central de Abastos, dirección este oeste.

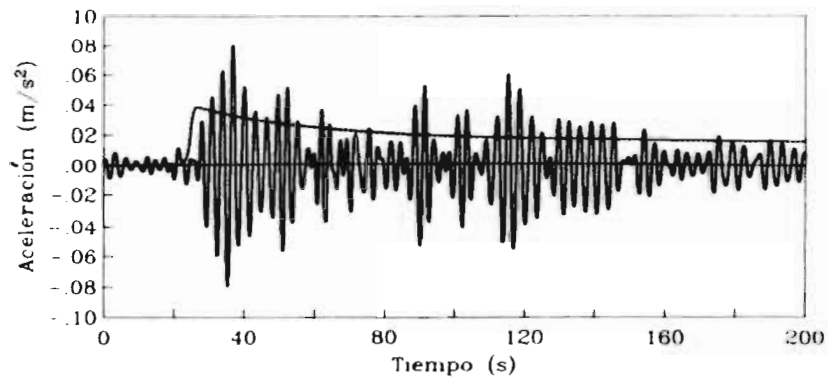


Banda de frecuencias (1.30 - 8.00 Hertz)

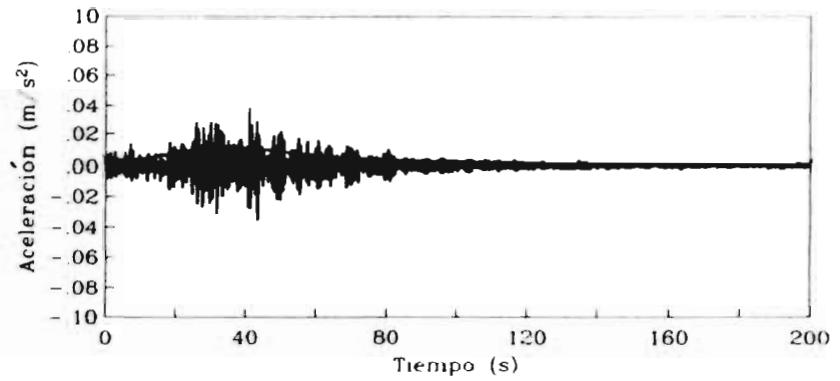


Banda de frecuencias (8.00 - 16.66 Hertz)

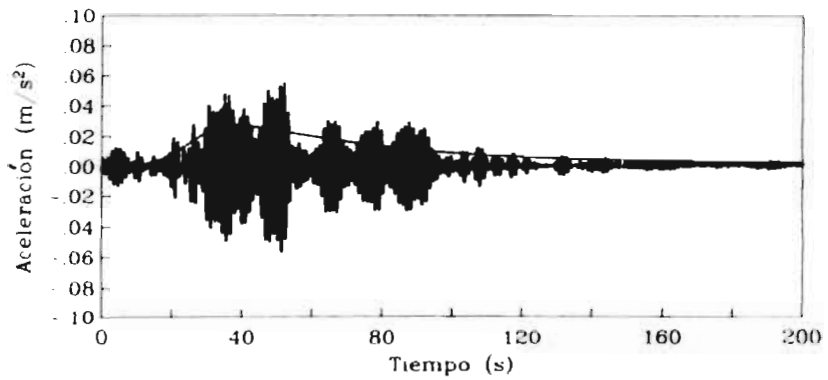
Figura 20.b.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 24 de octubre de 1993 en estación Central de Abastos, dirección este-oeste.



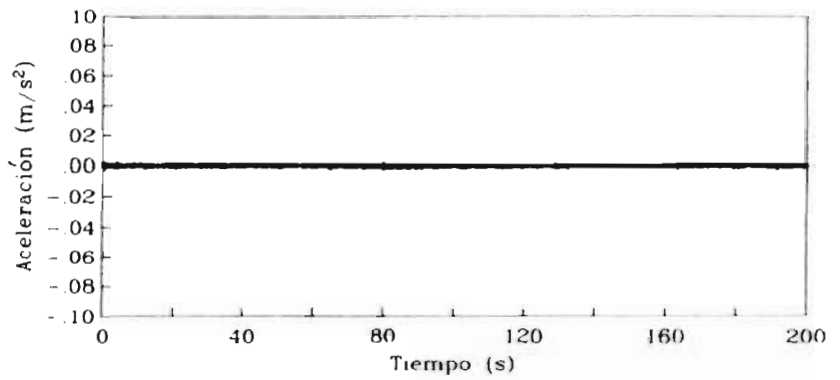
Banda de frecuencias (0.00 - 0.60 Hertz)



Banda de frecuencias (1.20 - 8.00 Hertz)

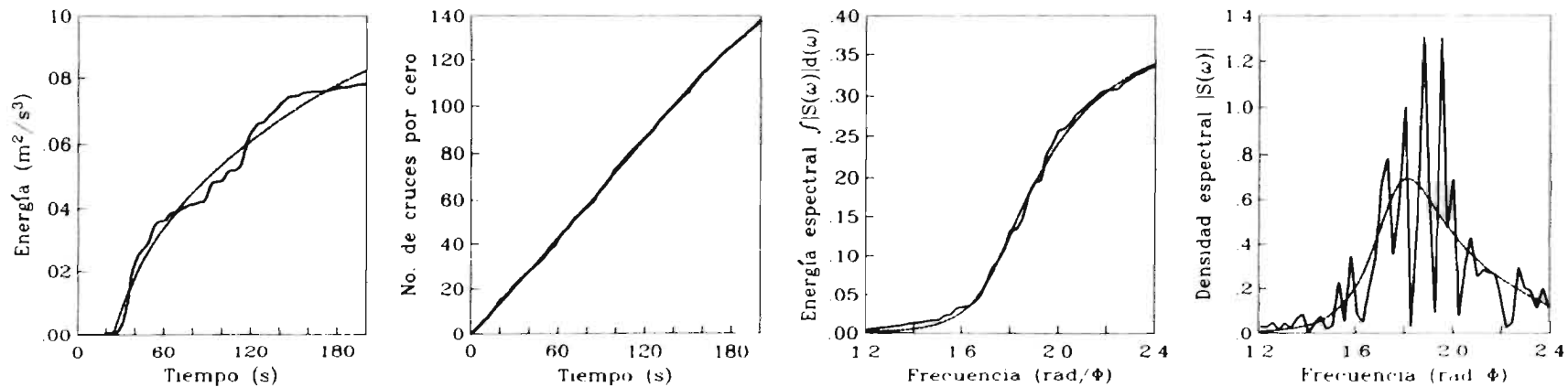


Banda de frecuencias (0.60 - 1.20 Hertz)

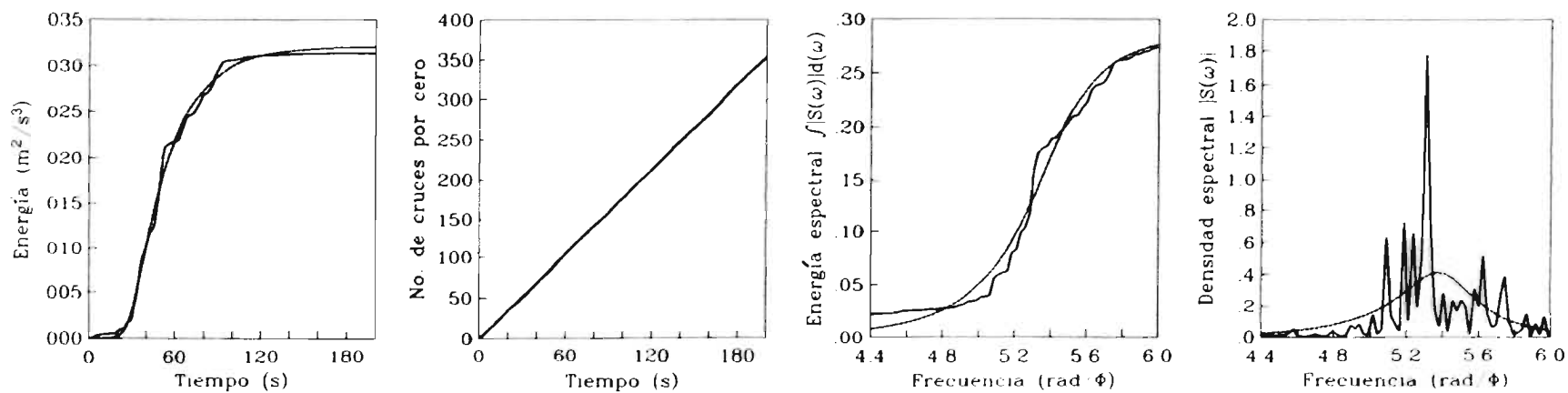


Banda de frecuencias (8.00 - 16.66 Hertz)

Figura 21.a.- Envolventes de intensidad y componentes del acelerograma del 24 de octubre de 1993 en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.

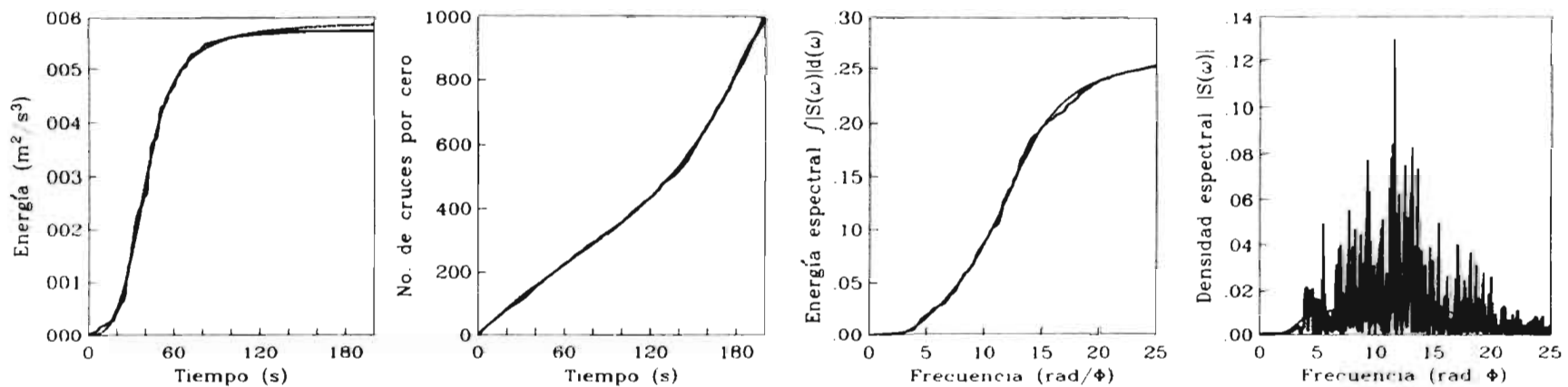


Banda de frecuencias (0.00 - 0.60 Hertz)

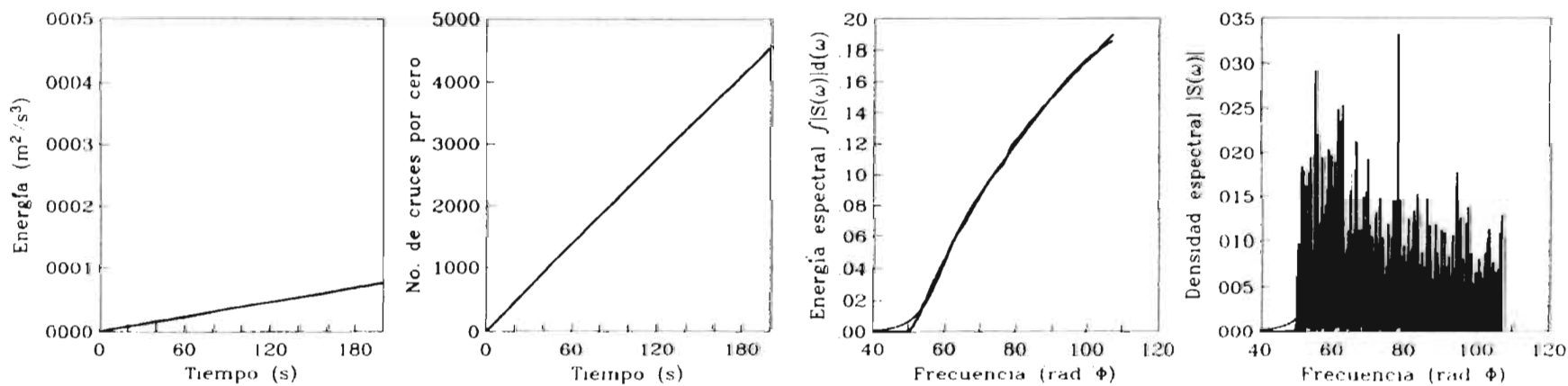


Banda de frecuencias (0.60 - 1.20 Hertz)

Figura 22.a.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 24 de octubre de 1993 en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.

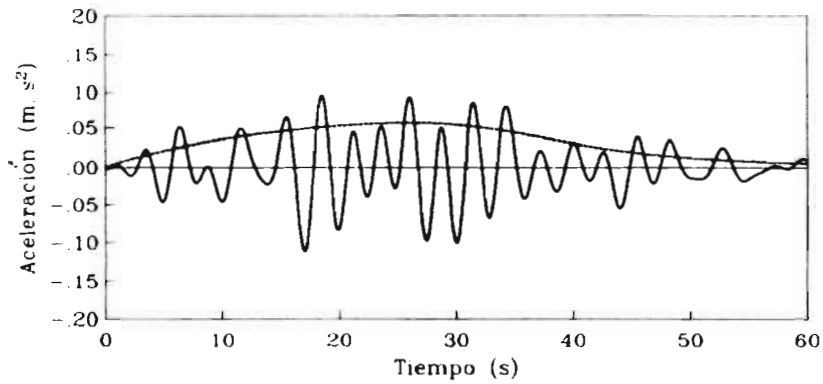


Banda de frecuencias (1.20 - 8.00 Hertz)

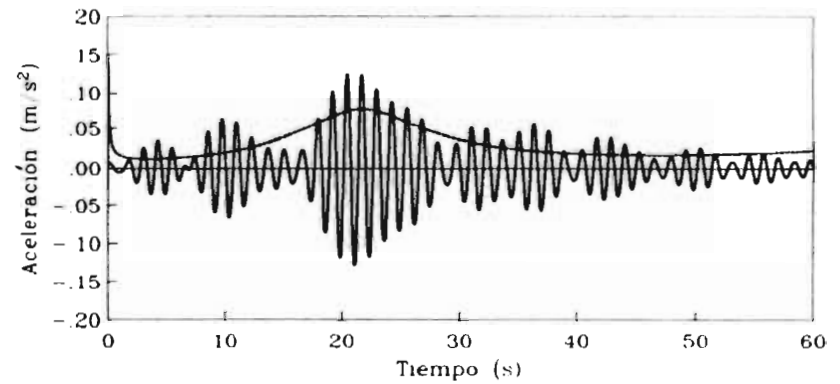


Banda de frecuencias (8.00 - 16.66 Hertz)

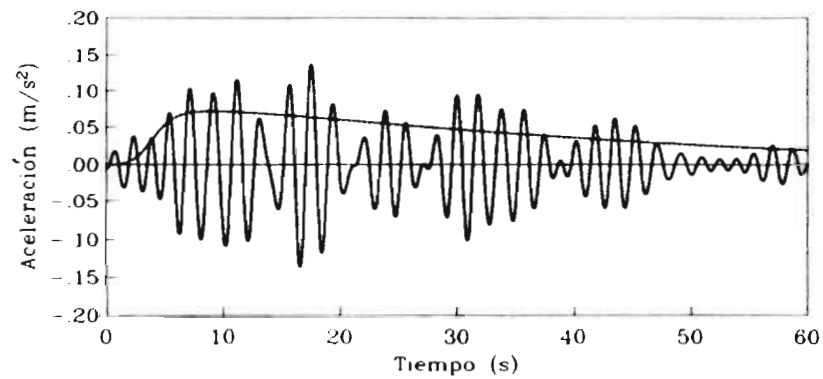
Figura 22.b. Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 24 de octubre de 1993 en estación Central de Abastos, dirección norte sur.



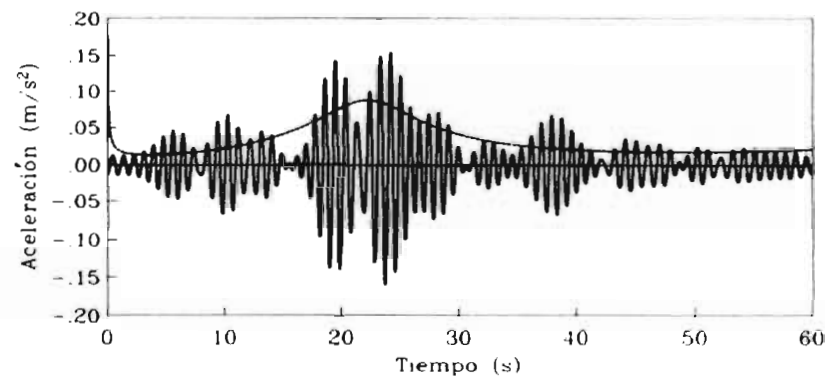
Banda de frecuencias (0.00 - 0.42 Hertz)



Banda de frecuencias (0.70 - 0.95 Hertz)

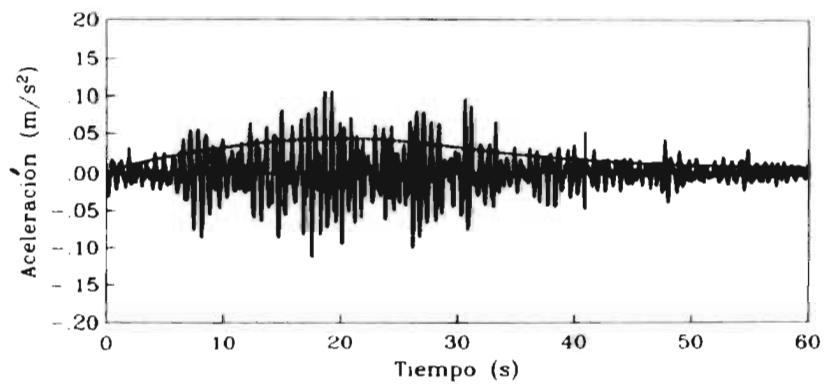


Banda de frecuencias (0.42 - 0.70 Hertz)



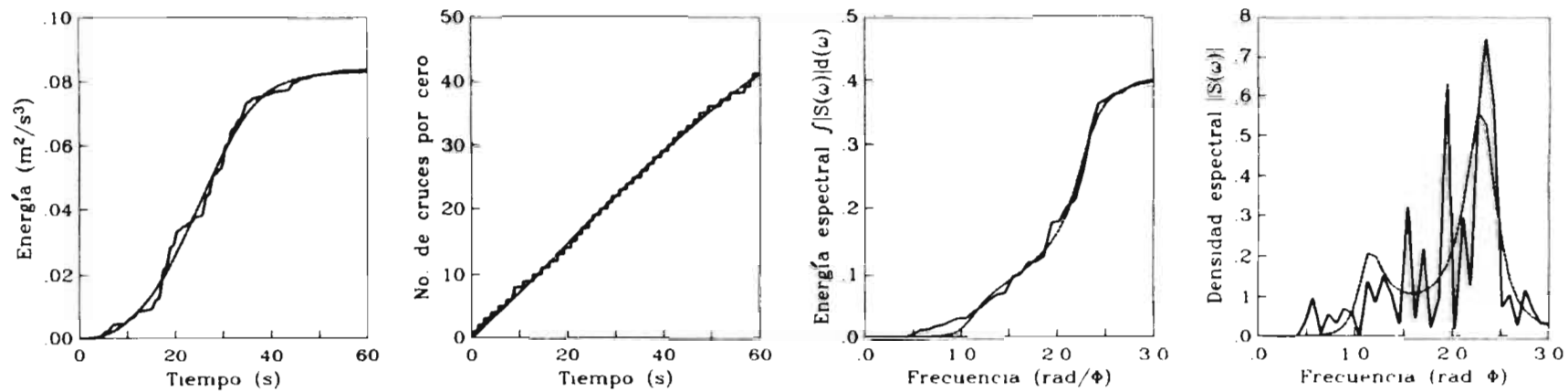
Banda de frecuencias (0.95 - 1.35 Hertz)

Figura 23.a. Envolventes de intensidad y componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación CU, dirección este oeste

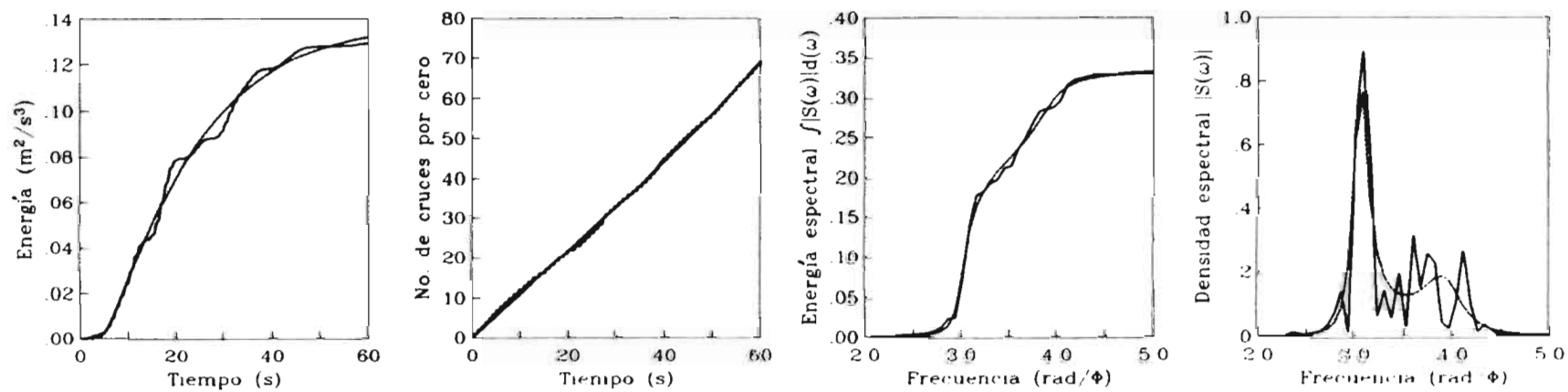


Banda de frecuencias (1.35 - 25.00 Hertz)

Figura 23.b.- Envolturas de intensidad y componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación CU. dirección este-oeste

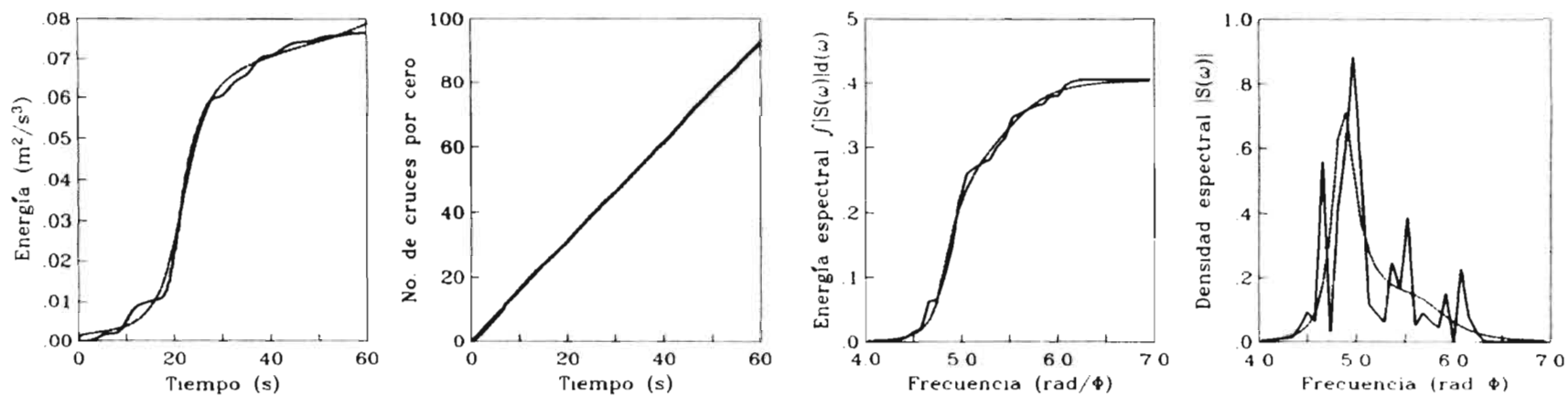


Banda de frecuencias (0.00 - 0.42 Hertz)

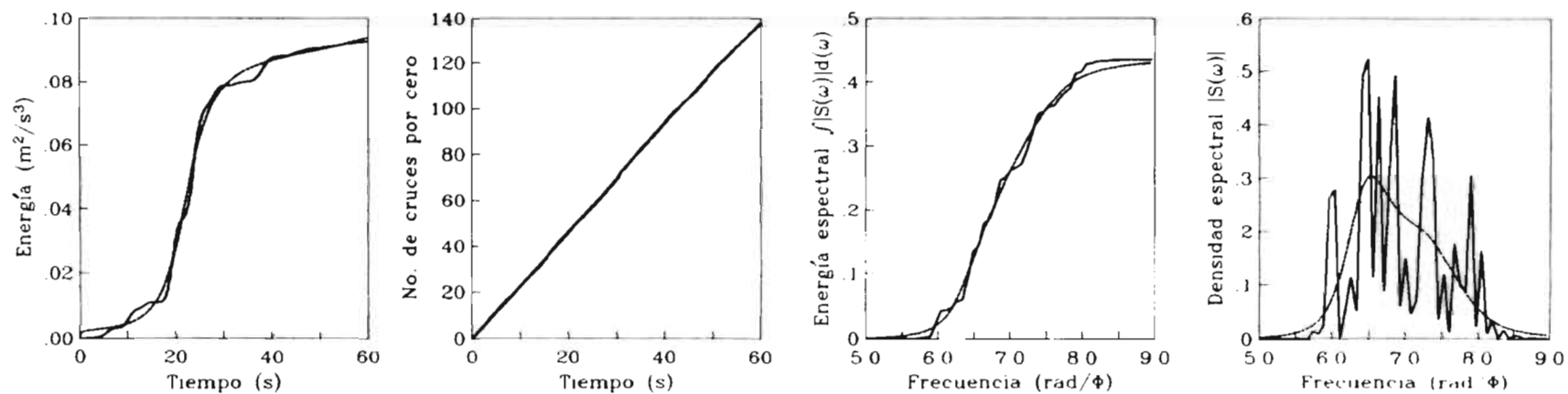


Banda de frecuencias (0.42 - 0.70 Hertz)

Figura 24.a - Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación CU, dirección este-oeste.



Banda de frecuencias (0.70 - 0.95 Hertz)



Banda de frecuencias (0.95 - 1.35 Hertz)

Figura 24.b.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación CU, dirección este-oeste.

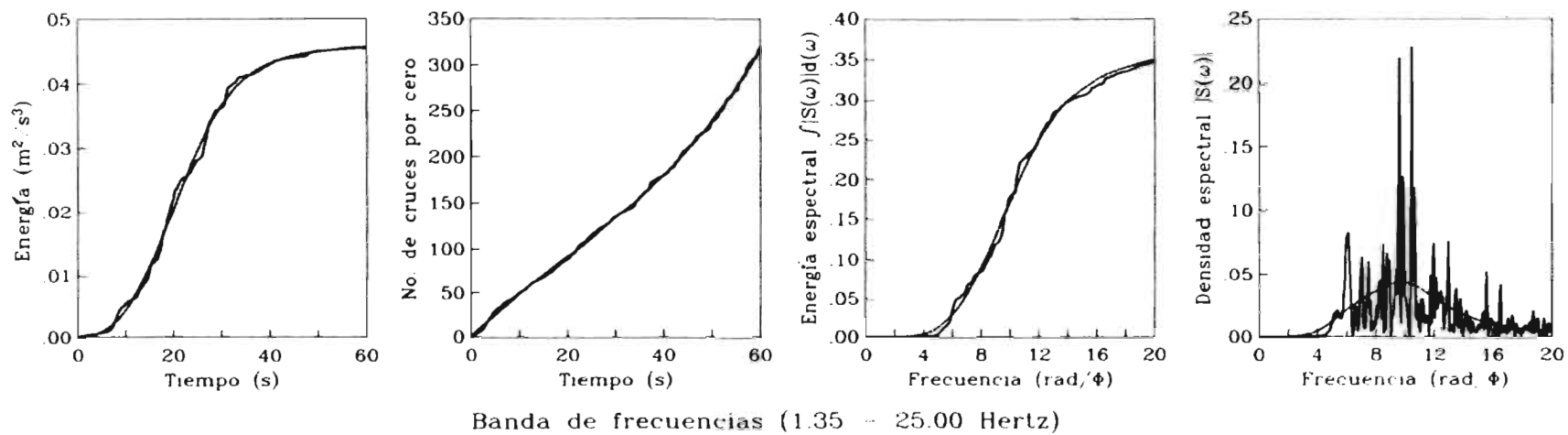
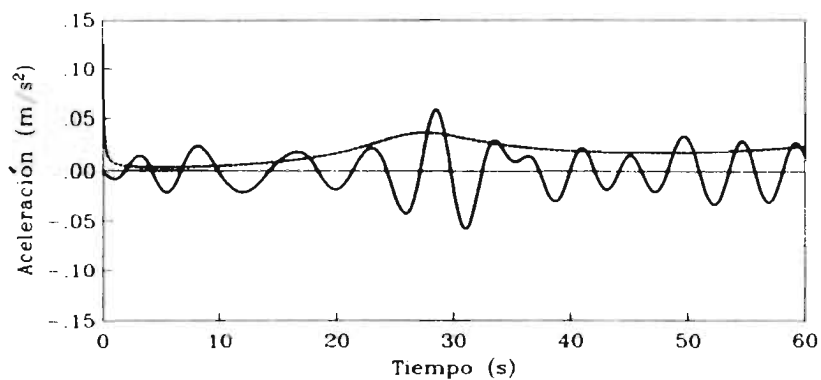
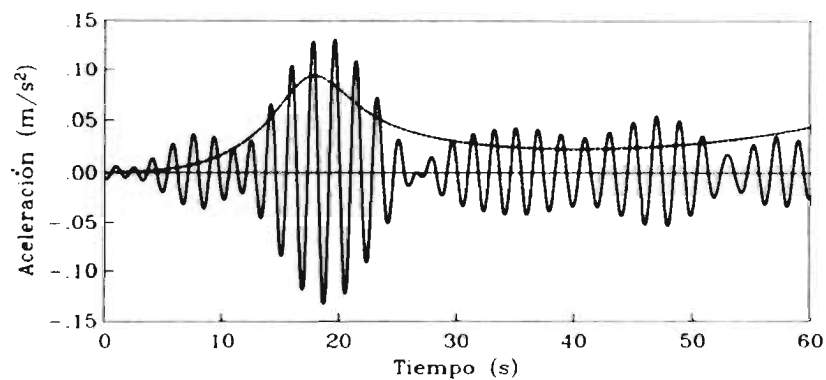


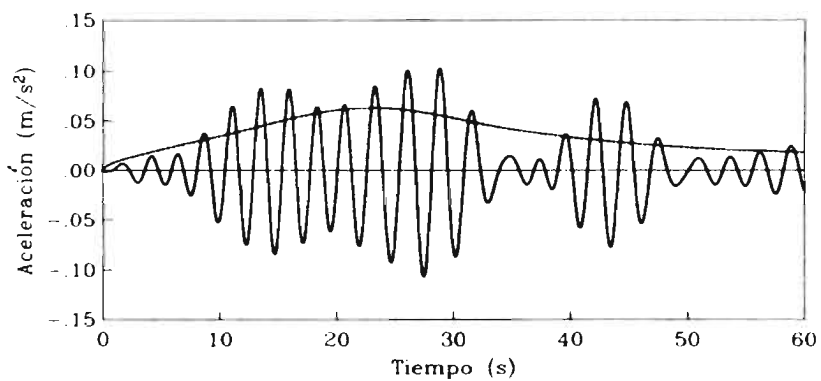
Figura 24.c.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componente del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación CU, dirección este oeste.



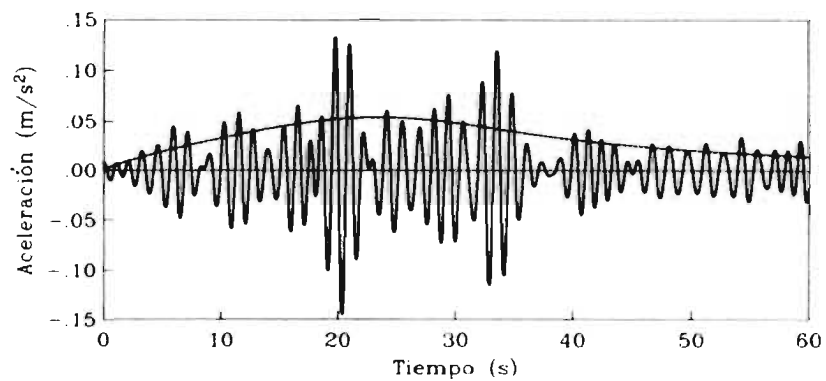
Banda de frecuencias (0.00 - 0.28 Hertz)



Banda de frecuencias (0.47 - 0.62 Hertz)

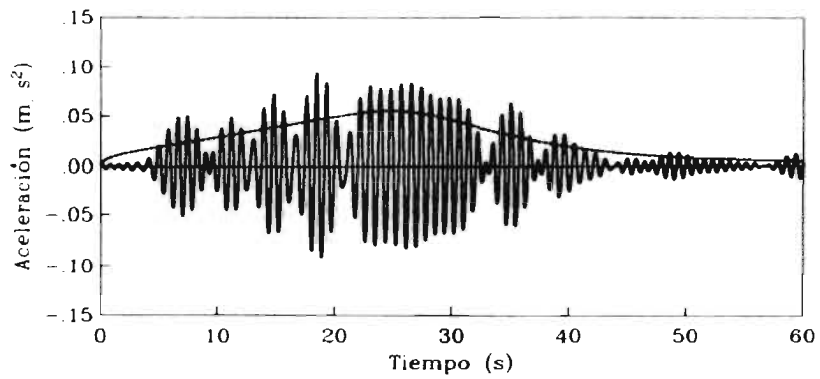


Banda de frecuencias (0.28 - 0.47 Hertz)

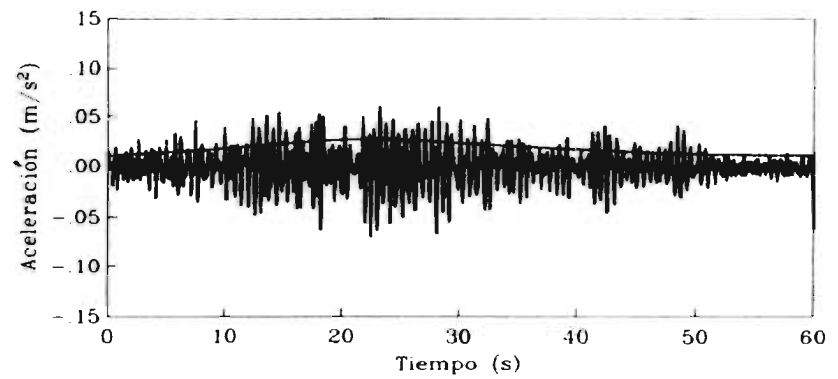


Banda de frecuencias (0.62 - 1.06 Hertz)

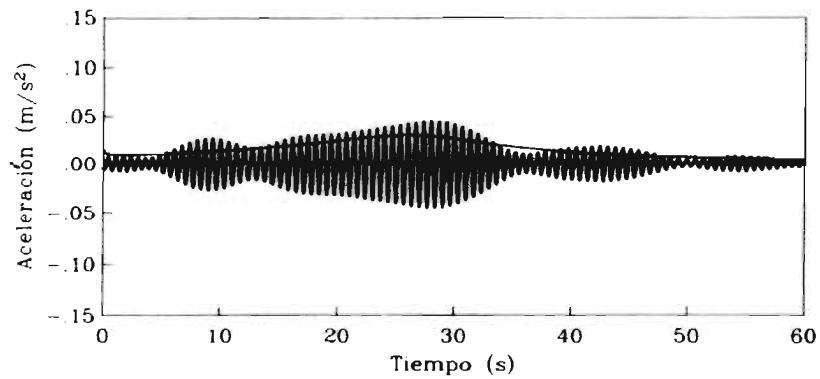
Figura 25.a.- Envolturas de intensidad y componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación CU, dirección norte-sur



Banda de frecuencias (1.06 - 1.42 Hertz)

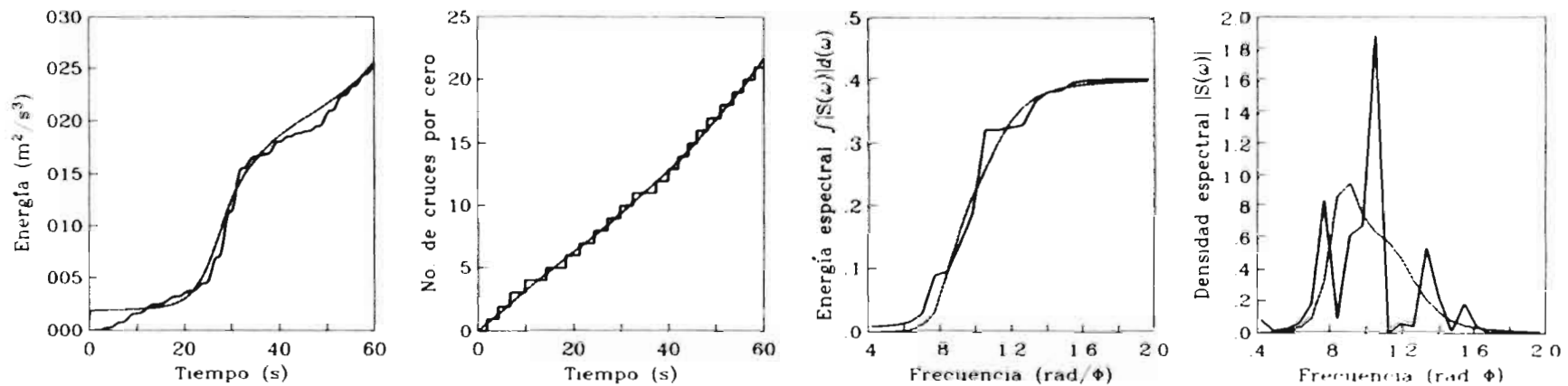


Banda de frecuencias (1.61 - 25.00 Hertz)

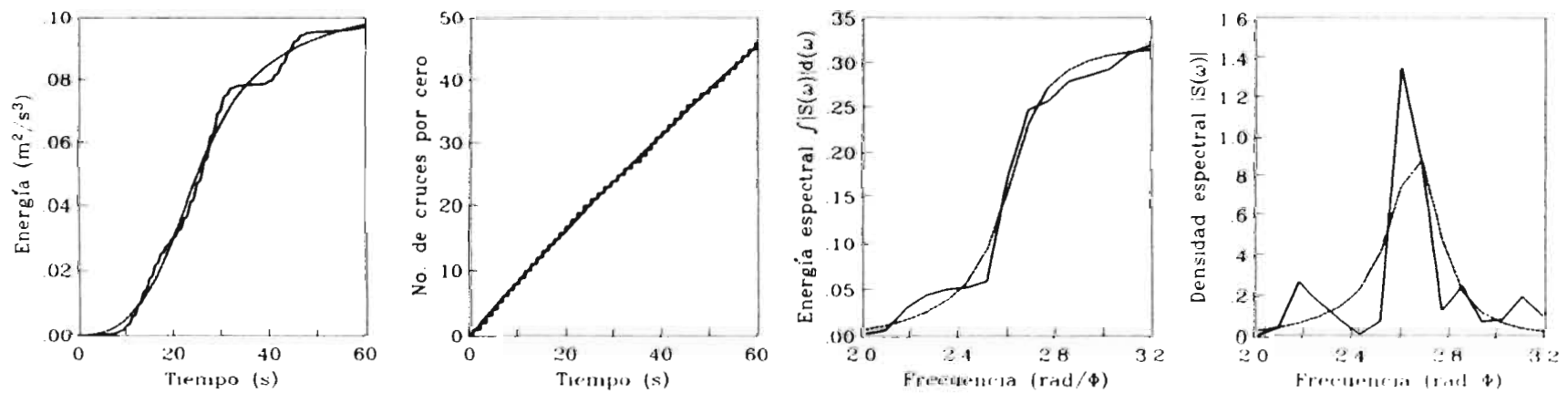


Banda de frecuencias (1.42 - 1.61 Hertz)

Figura 25.b. Envolventes de intensidad y componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación CU, dirección norte-sur.

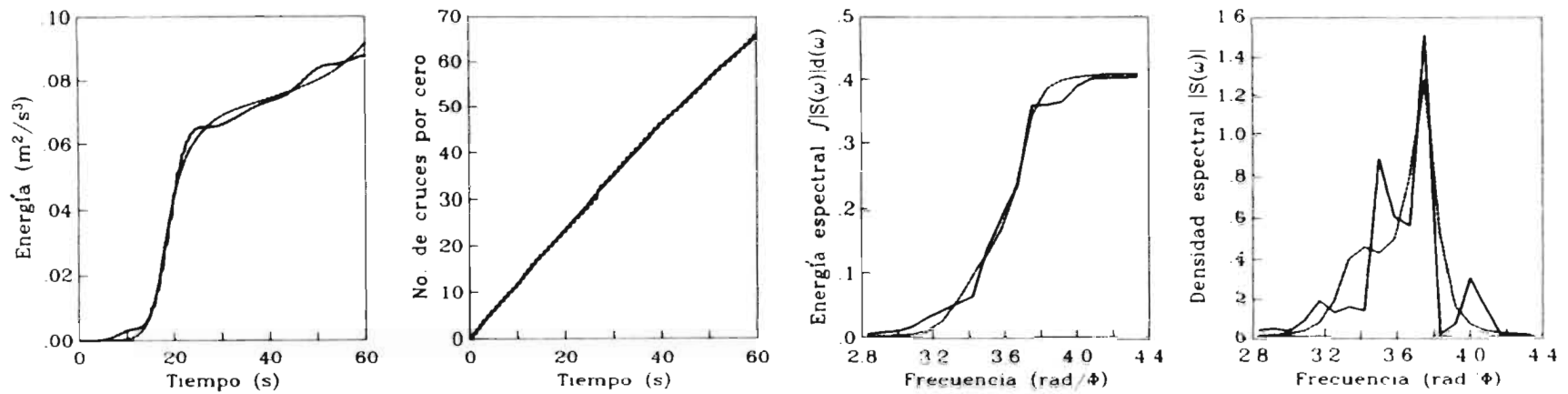


Banda de frecuencias (0.00 - 0.28 Hertz)

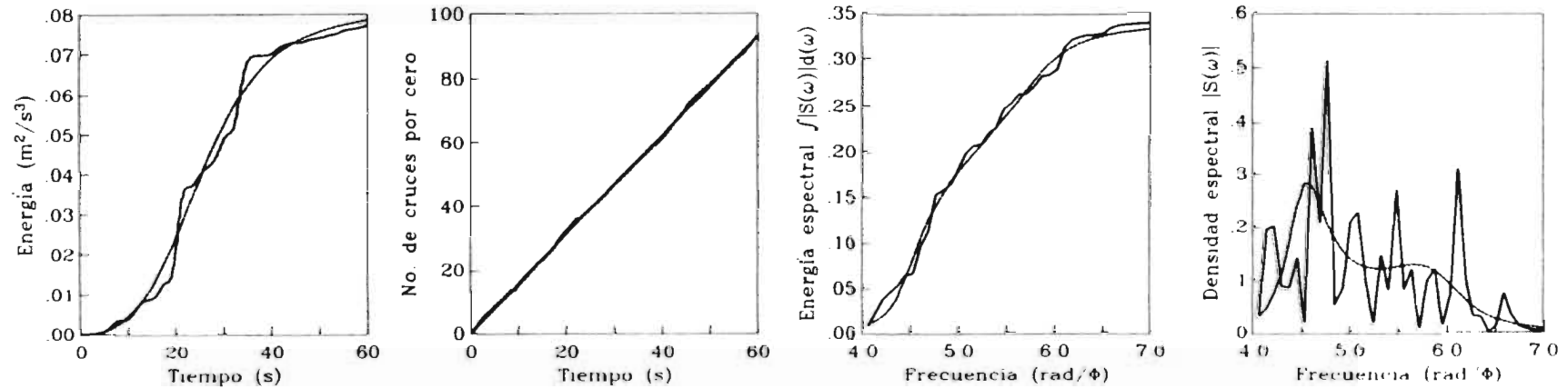


Banda de frecuencias (0.28 - 0.47 Hertz)

Figura 26.a.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación CU, dirección norte sur.

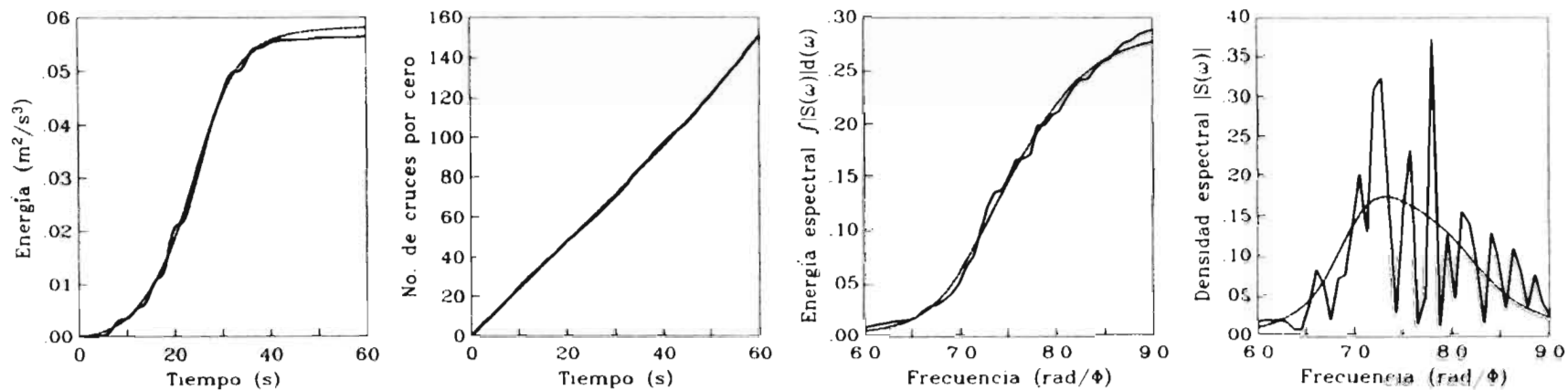


Banda de frecuencias (0.47 - 0.62 Hertz)

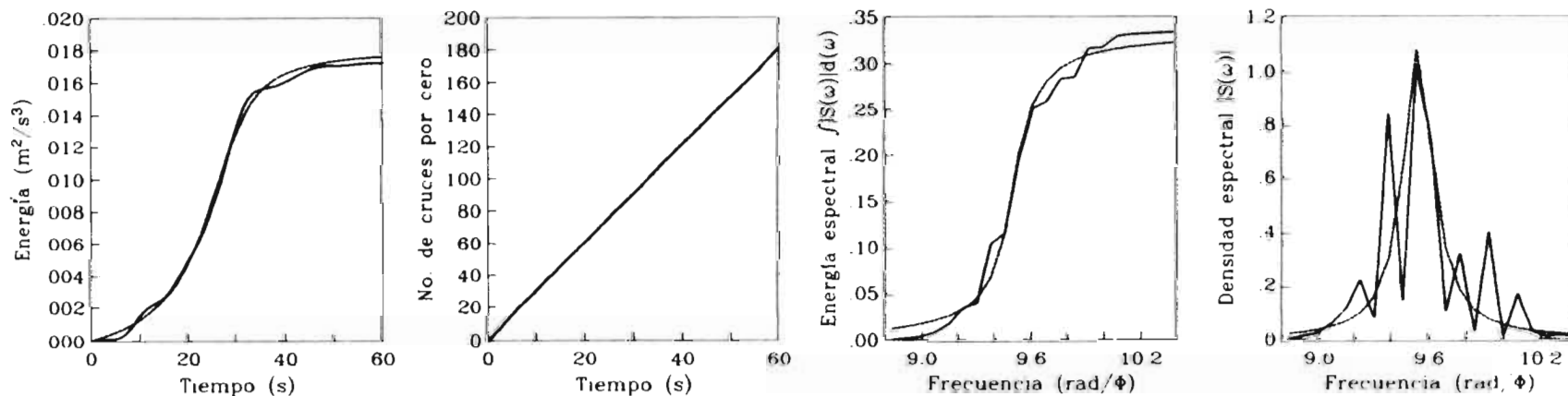


Banda de frecuencias (0.62 - 1.06 Hertz)

Figura 26.b.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación CU, dirección norte sur.



Banda de frecuencias (1.06 - 1.42 Hertz)



Banda de frecuencias (1.42 - 1.61 Hertz)

Figura 26.c.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación CU, dirección norte-sur.

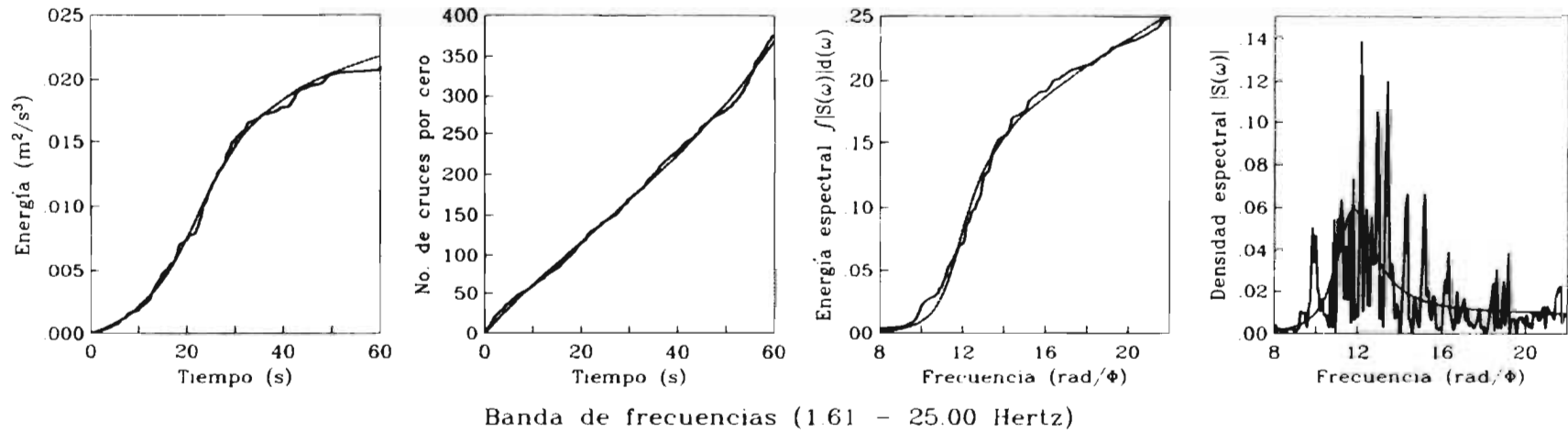
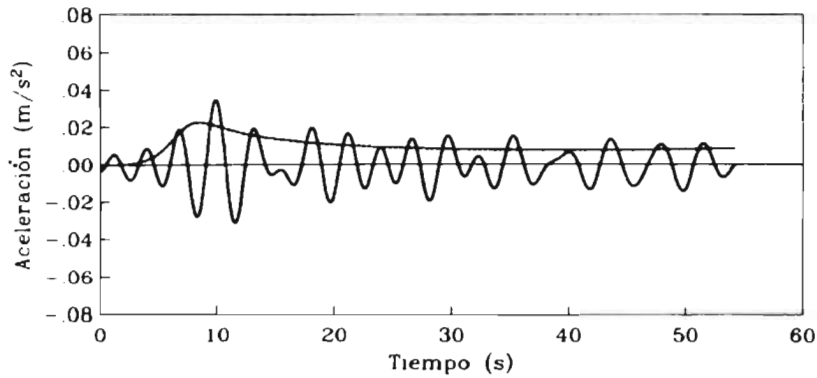
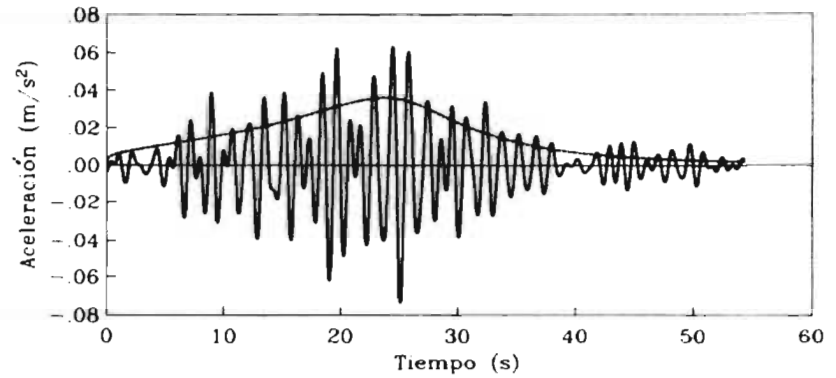


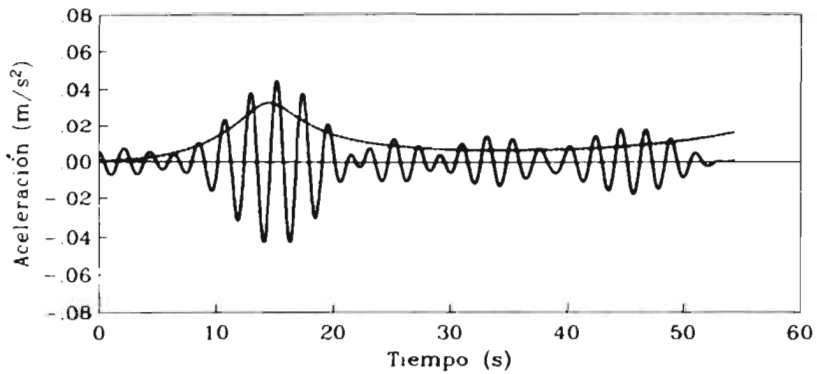
Figura 26.d.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componente del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación CU, dirección norte-sur.



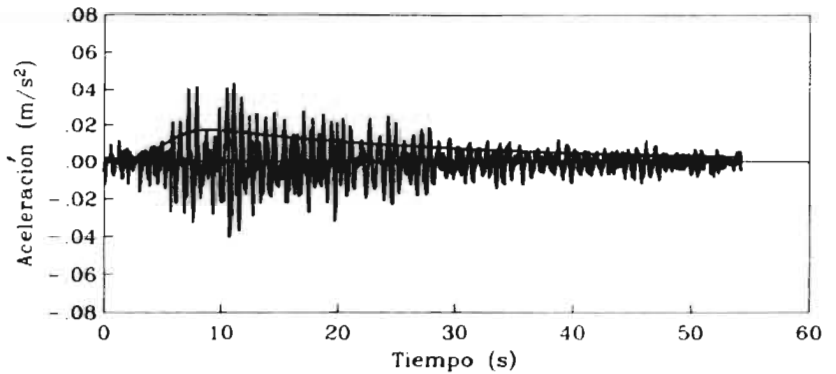
Banda de frecuencias (0.00 - 0.37 Hertz)



Banda de frecuencias (0.54 - 1.18 Hertz)

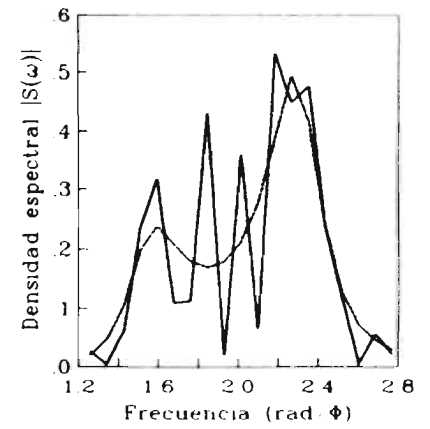
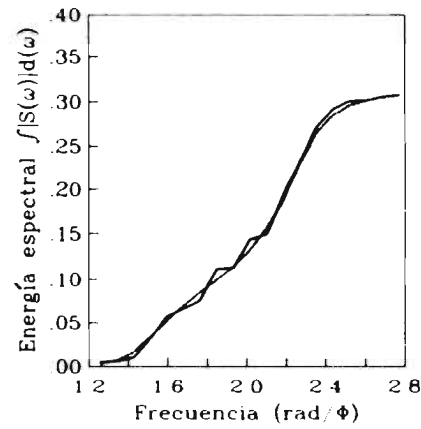
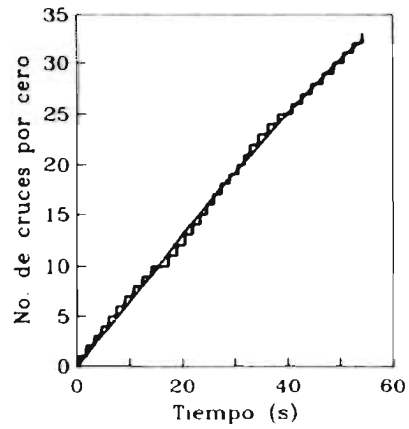
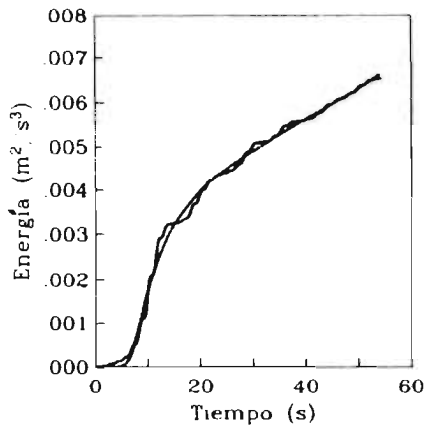


Banda de frecuencias (0.37 - 0.54 Hertz)

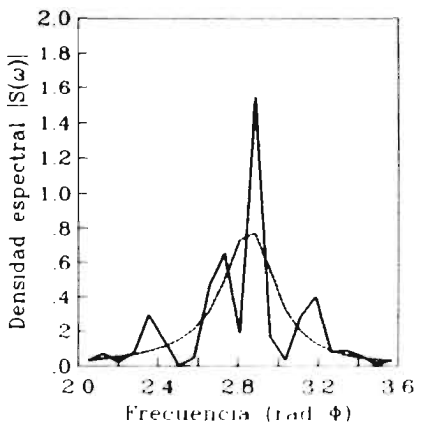
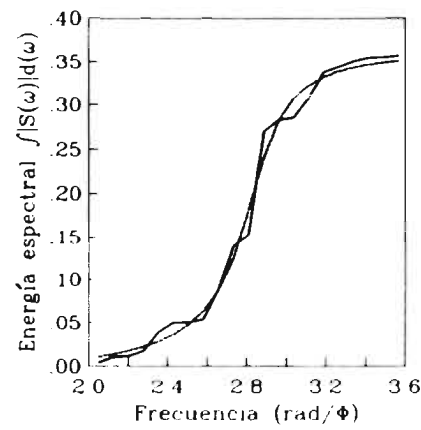
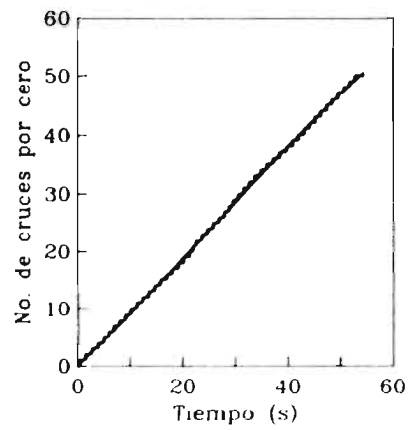
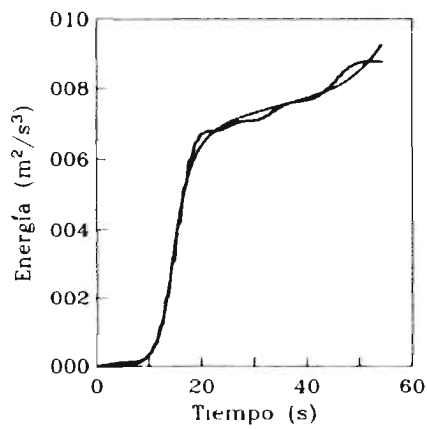


Banda de frecuencias (1.18 - 25.00 Hertz)

Figura 27 a.- Envolventes de intensidad y componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación CU, dirección este-oeste.

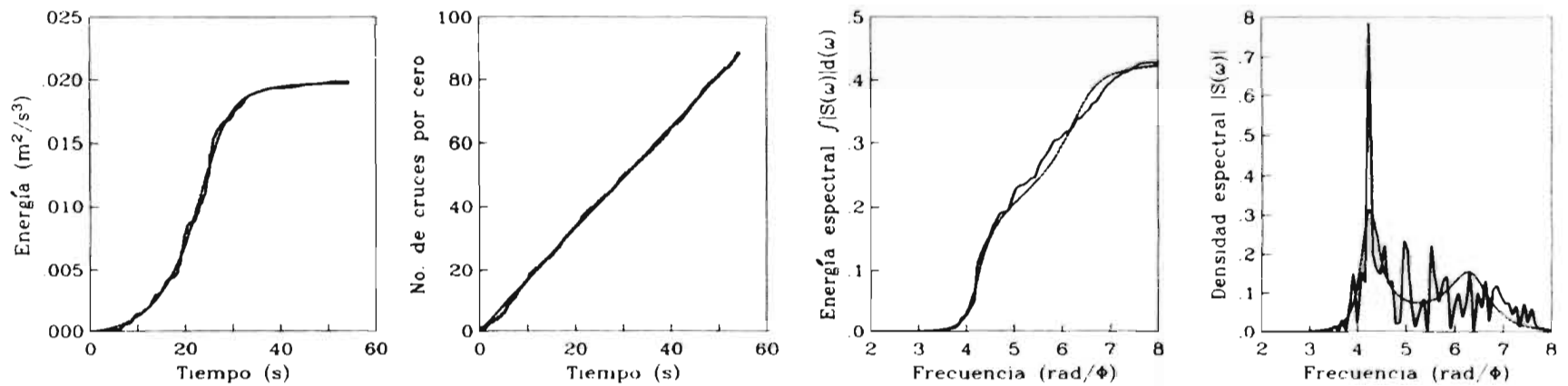


Banda de frecuencias (0.00 - 0.37 Hertz)

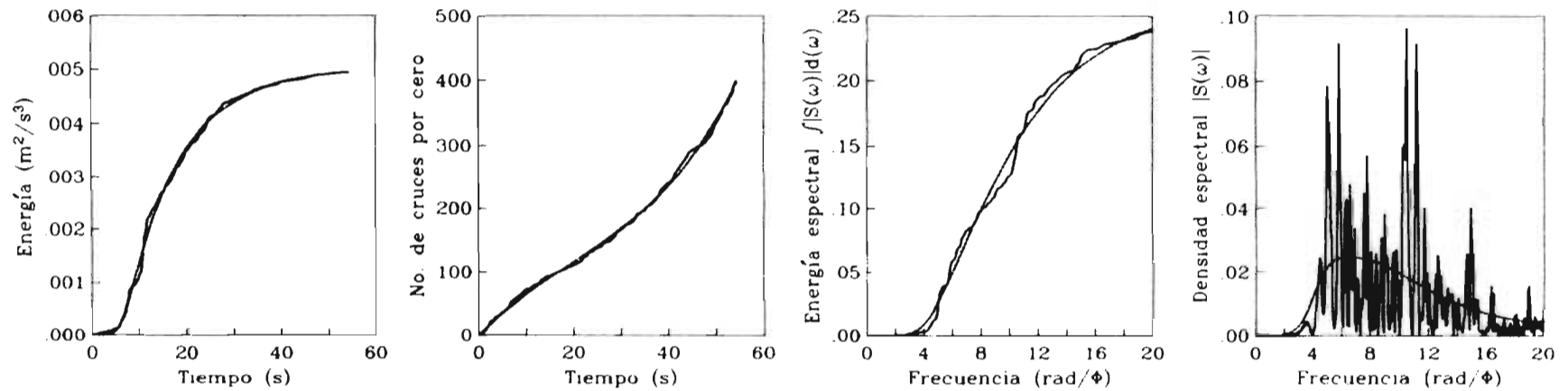


Banda de frecuencias (0.37 - 0.54 Hertz)

Figura 28.a.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación CU, dirección este oeste

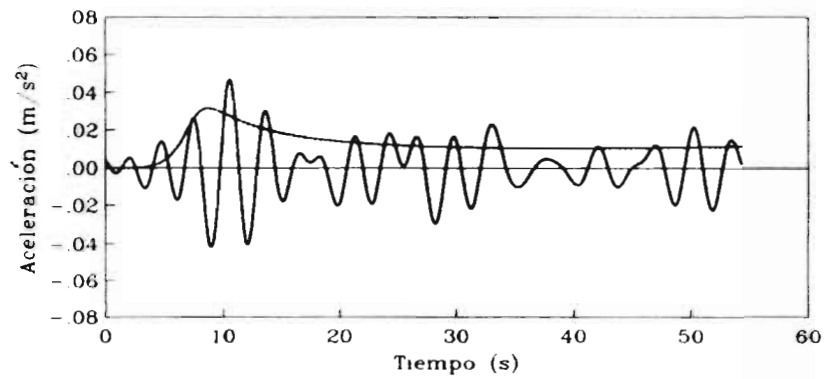


Banda de frecuencias (0.54 - 1.18 Hertz)

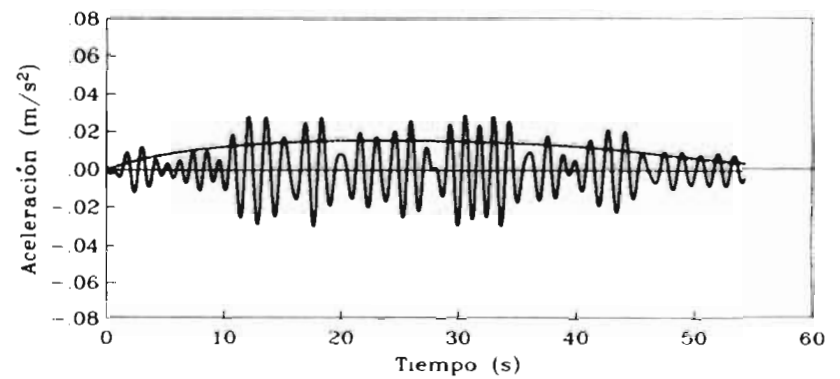


Banda de frecuencias (1.18 - 25.00 Hertz)

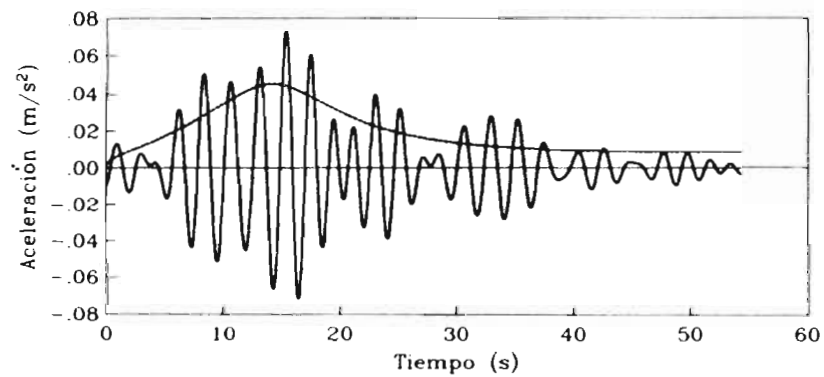
Figura 28.b.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación CU, dirección este-oeste.



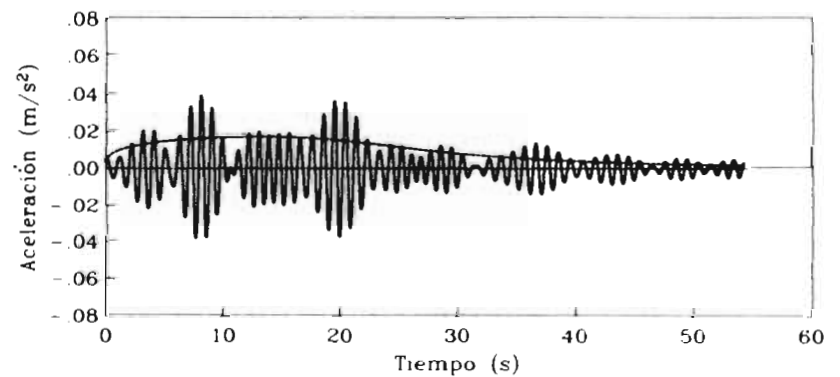
Banda de frecuencias (0.00 - 0.39 Hertz)



Banda de frecuencias (0.57 - 0.93 Hertz)

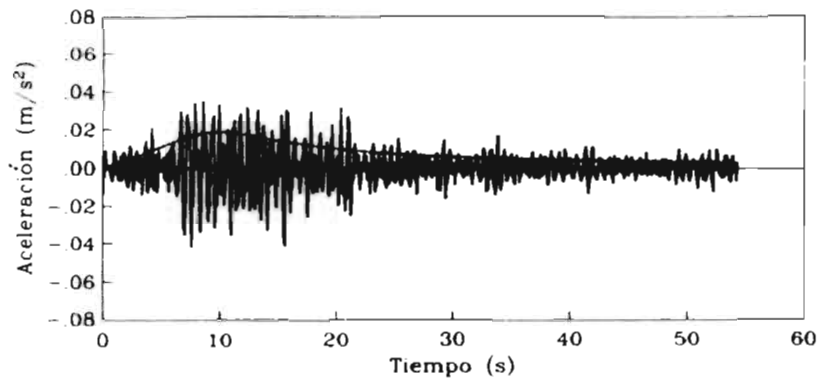


Banda de frecuencias (0.39 - 0.57 Hertz)



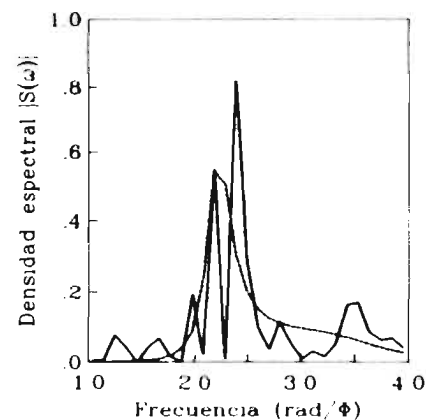
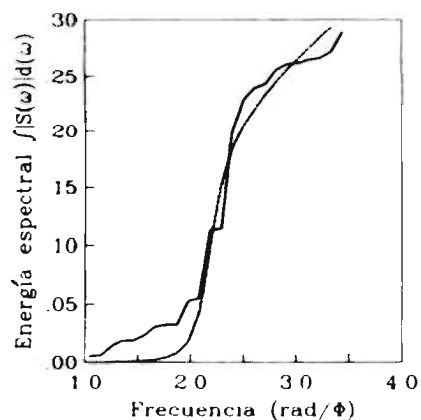
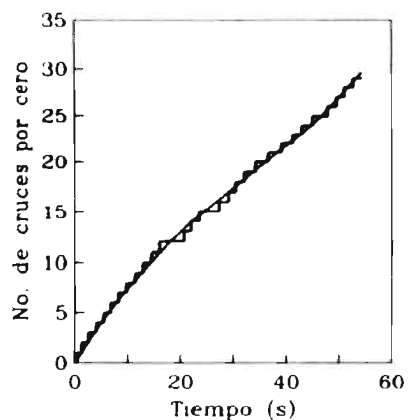
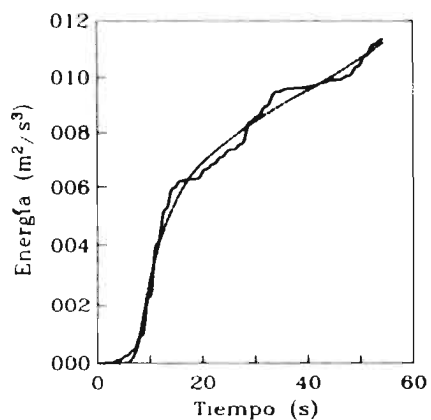
Banda de frecuencias (0.93 - 1.26 Hertz)

Figura 29.a.- Envoltentes de intensidad y componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación CU, dirección norte-sur.

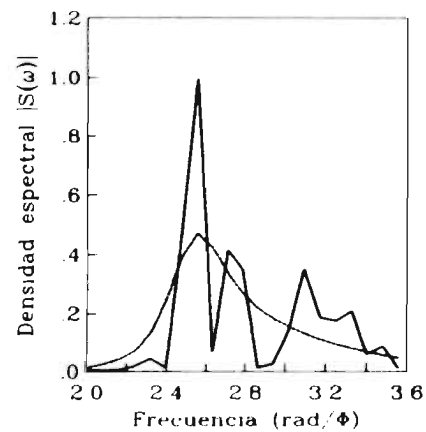
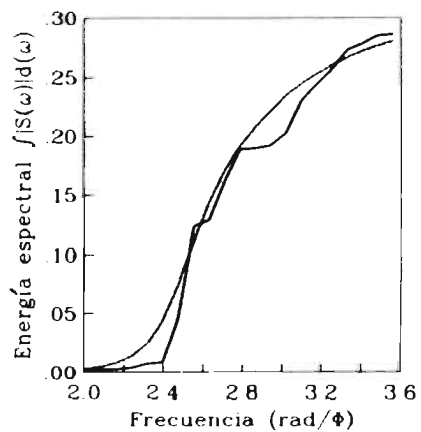
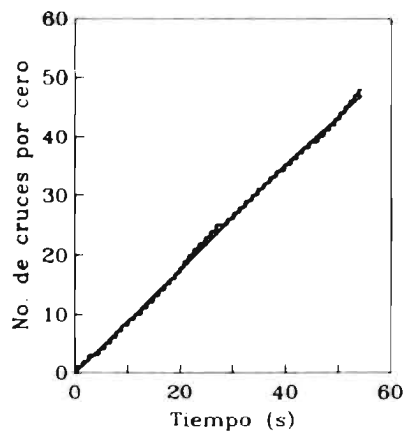
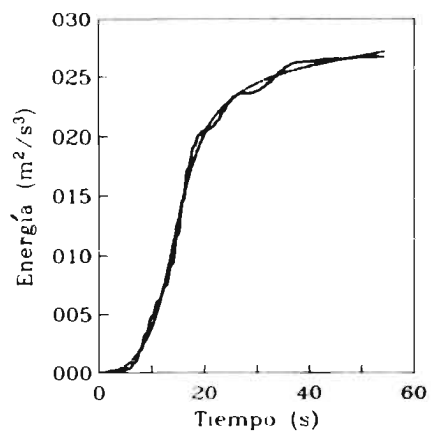


Banda de frecuencias (1.26 - 25.00 Hertz)

Figura 29.b.- Envolventes de intensidad y componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación CU, dirección norte-sur.

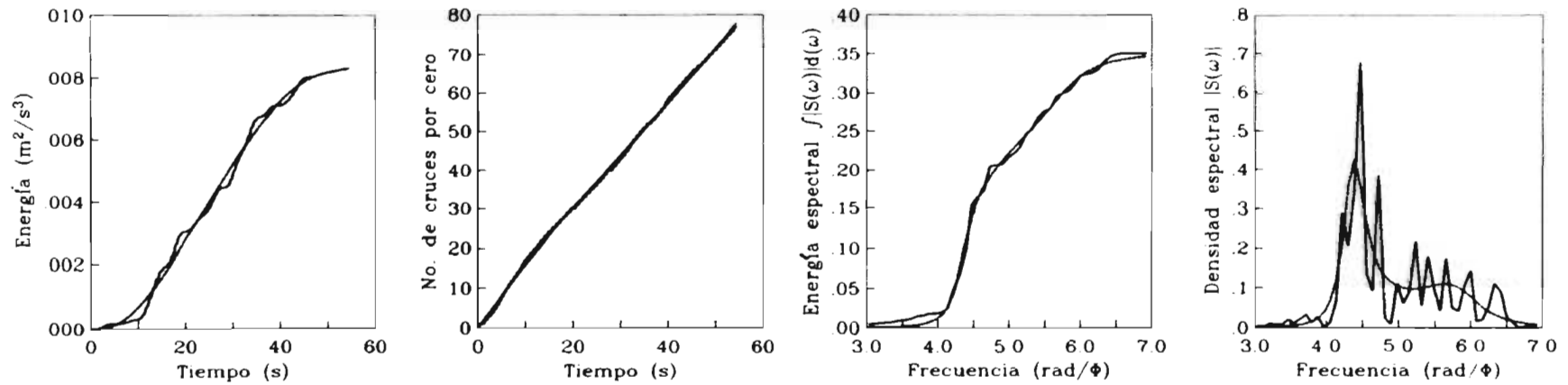


Banda de frecuencias (0.00 - 0.39 Hertz)

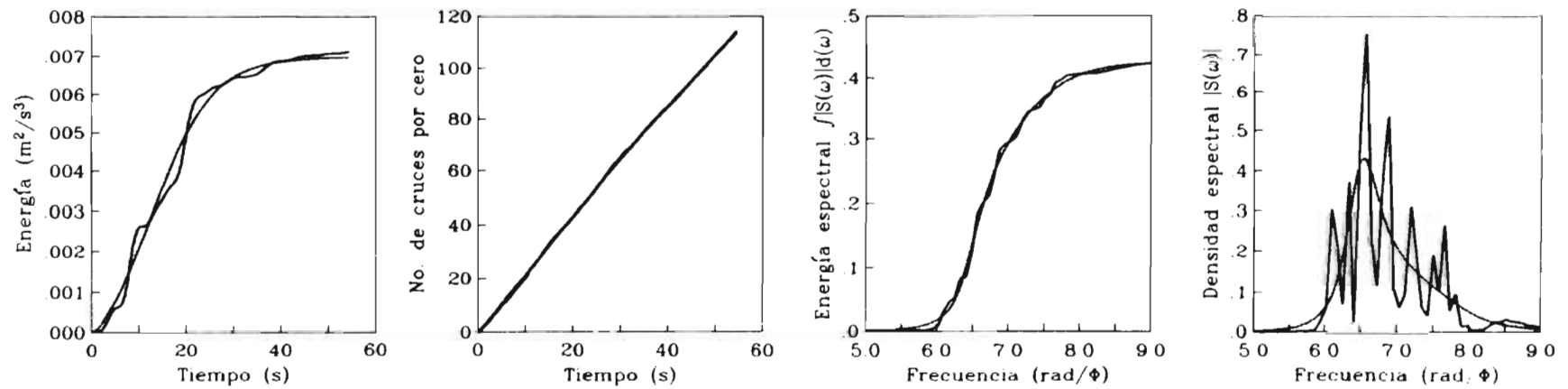


Banda de frecuencias (0.39 - 0.57 Hertz)

Figura 30 a.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación CU, dirección norte-sur.



Banda de frecuencias (0.57 - 0.93 Hertz)



Banda de frecuencias (0.93 - 1.26 Hertz)

Figura 30.b. - Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación CU, dirección norte sur.

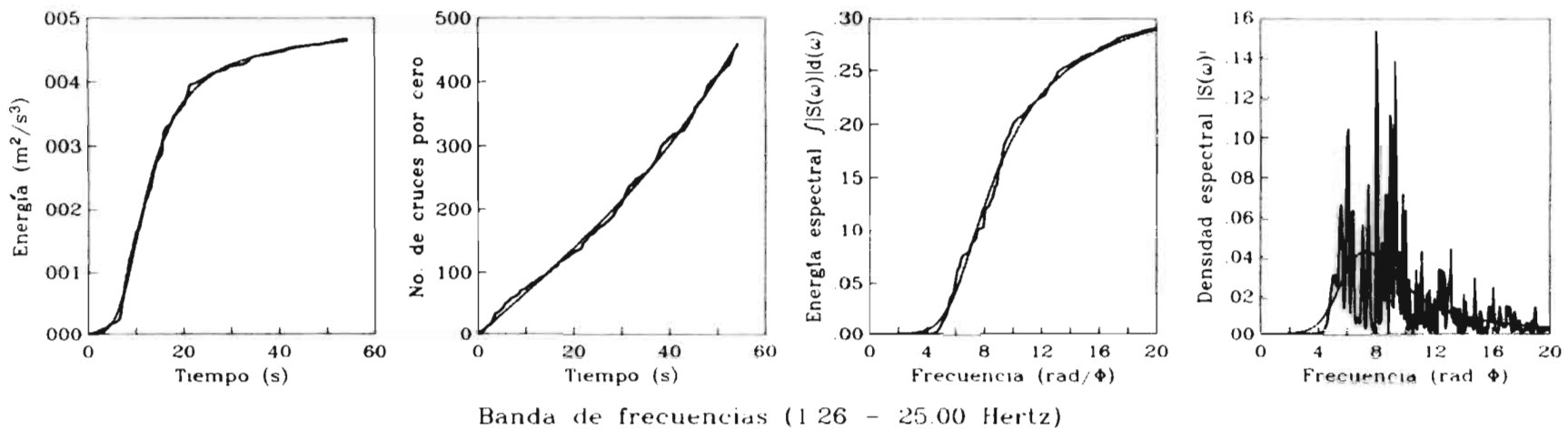
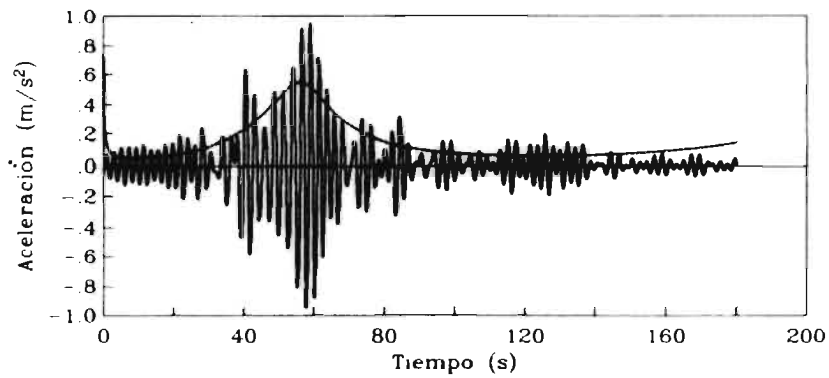
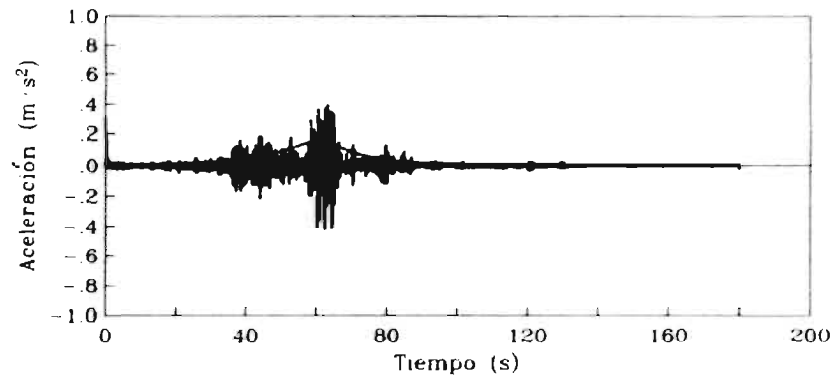


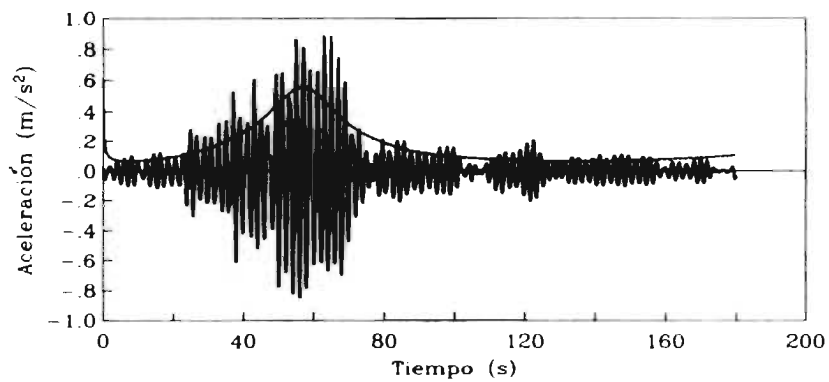
Figura 30.c.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componente del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación CU, dirección norte sur.



Banda de frecuencias (0.00 - 0.48 Hertz)

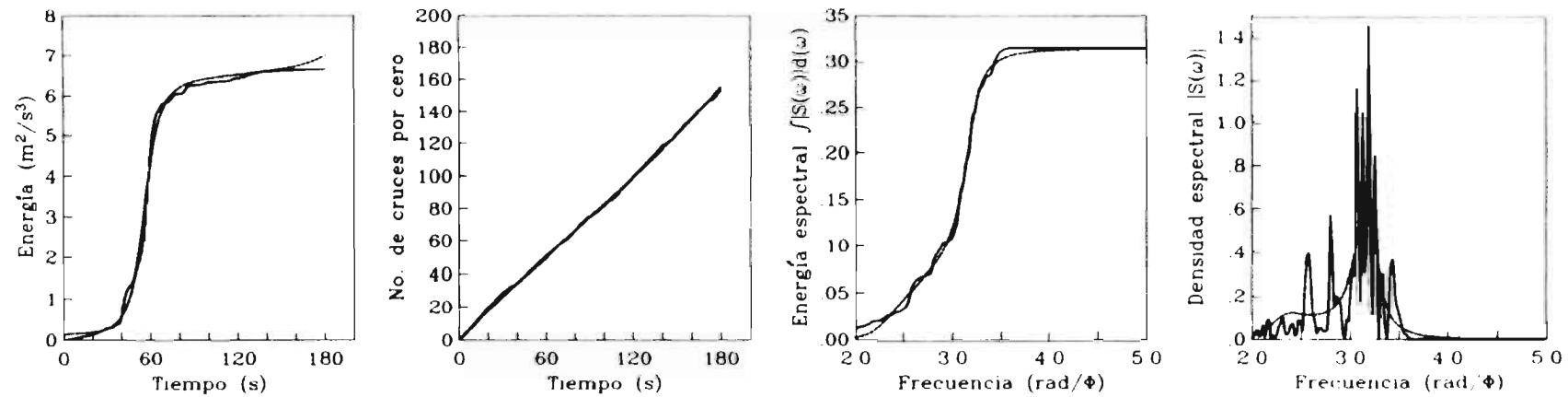


Banda de frecuencias (1.32 - 12.50 Hertz)

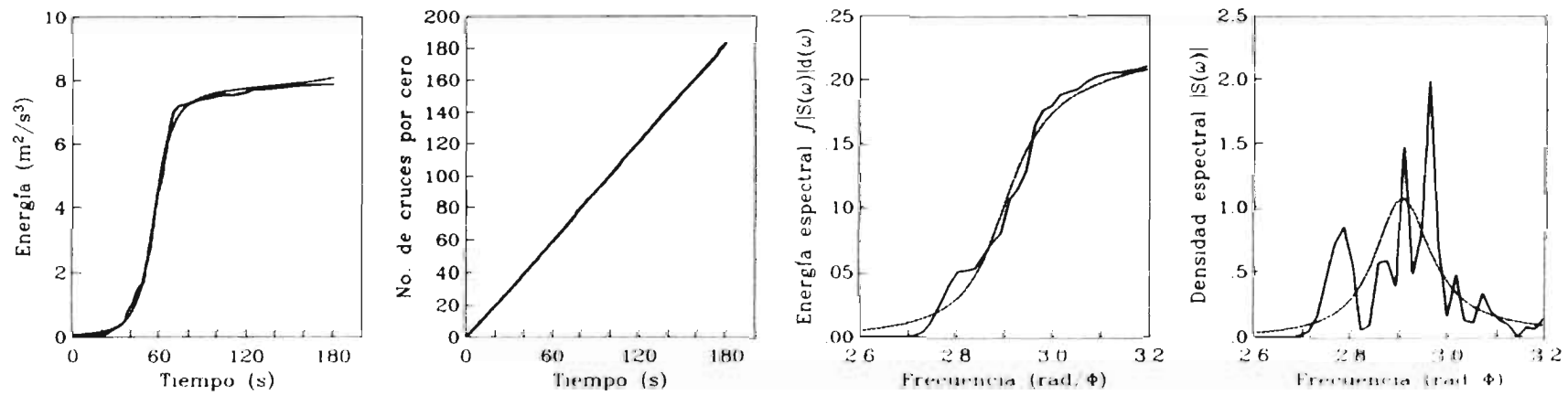


Banda de frecuencias (0.48 - 1.32 Hertz)

Figura 31.a.- Envoltentes de intensidad y componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación SCT, dirección este oeste



Banda de frecuencias (0.00 - 0.48 Hertz)



Banda de frecuencias (0.48 - 1.32 Hertz)

Figura 32.a - Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación SCT, dirección este-oeste.

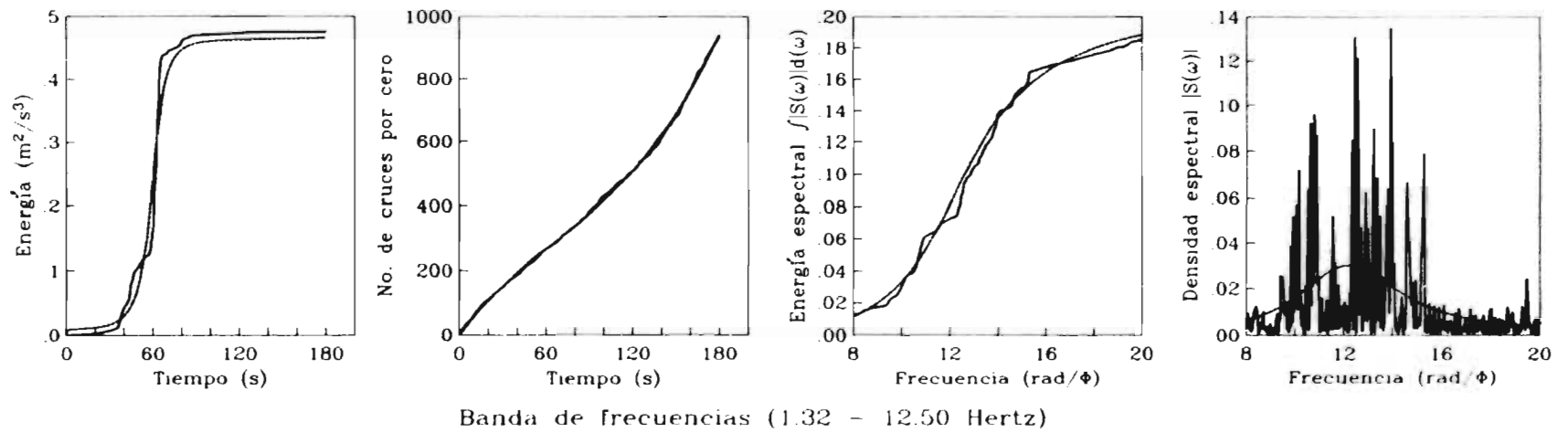
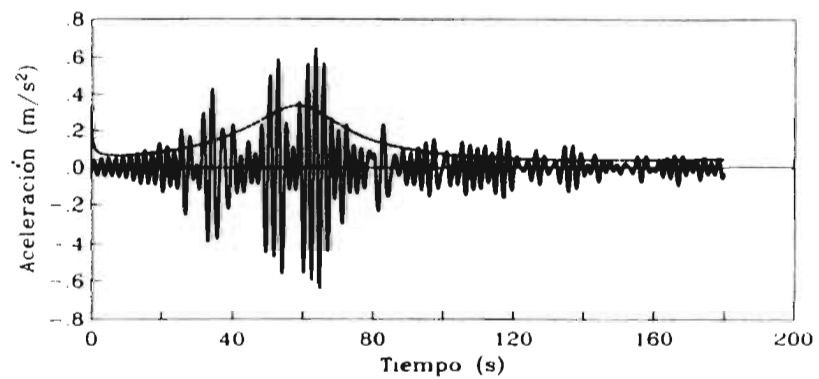
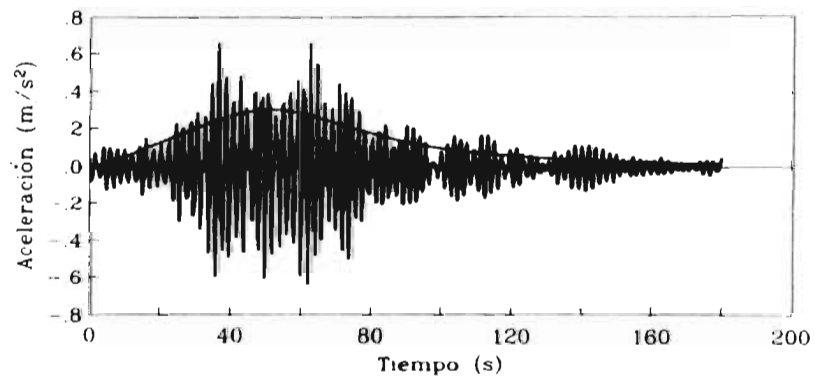


Figura 32.b.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componente del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación SCT, dirección este-oeste.

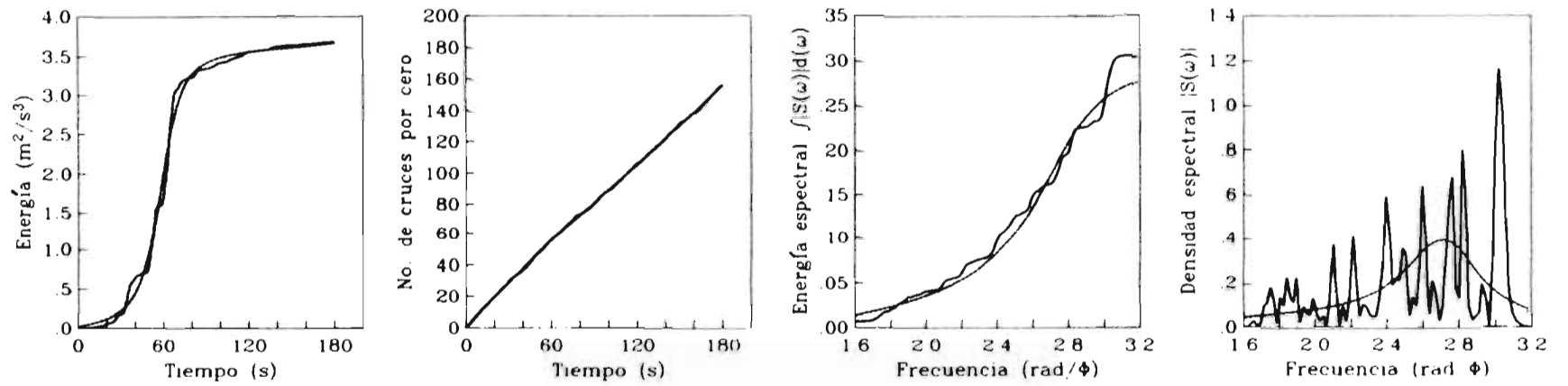


Banda de frecuencias (0.00 - 0.48 Hertz)

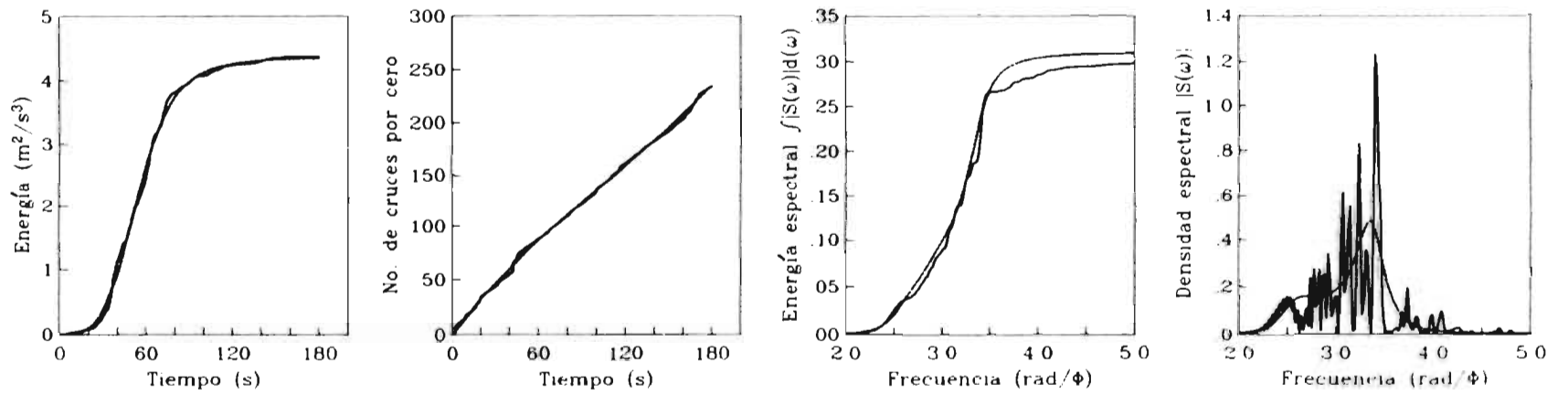


Banda de frecuencias (0.48 - 12.50 Hertz)

Figura 33.a.- Envoltentes de intensidad y componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación SCT, dirección norte sur

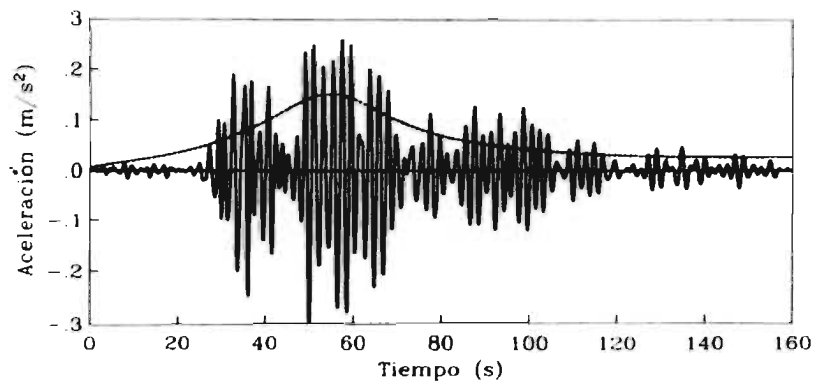


Banda de frecuencias (0.00 - 0.48 Hertz)

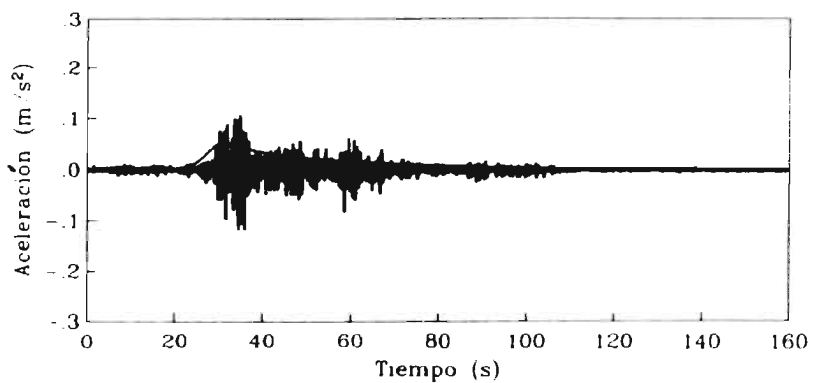


Banda de frecuencias (0.48 - 12.50 Hertz)

Figura 34.a.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación S.C.T. dirección norte sur.



Banda de frecuencias (0.00 - 1.00 Hertz)



Banda de frecuencias (1.00 - 12.50 Hertz)

Figura 35.a.- Envolturas de intensidad y componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación SCT, dirección este-oeste.

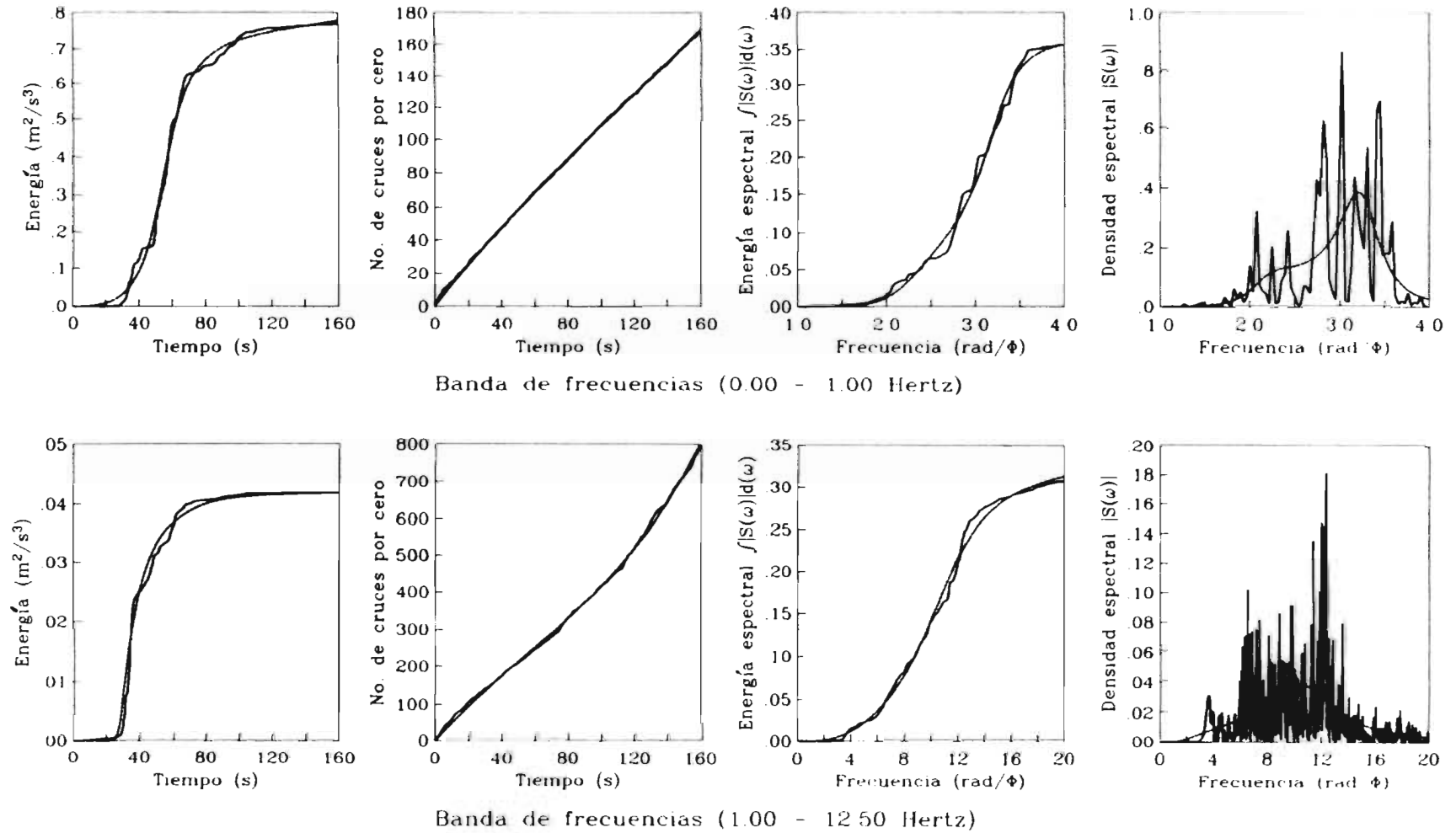
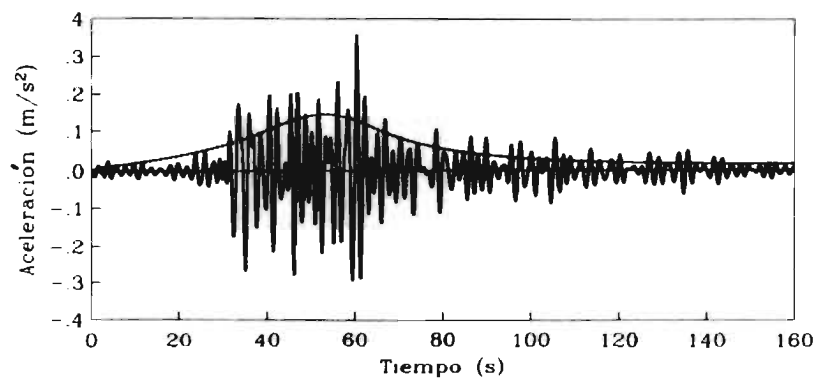
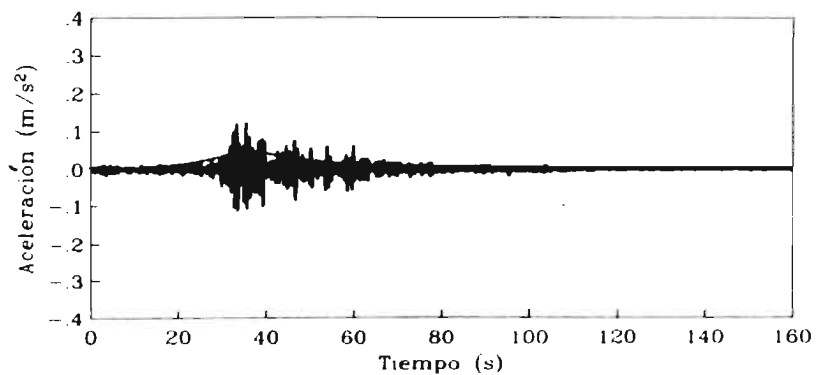


Figura 36.a.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación SCT, dirección este-oeste.

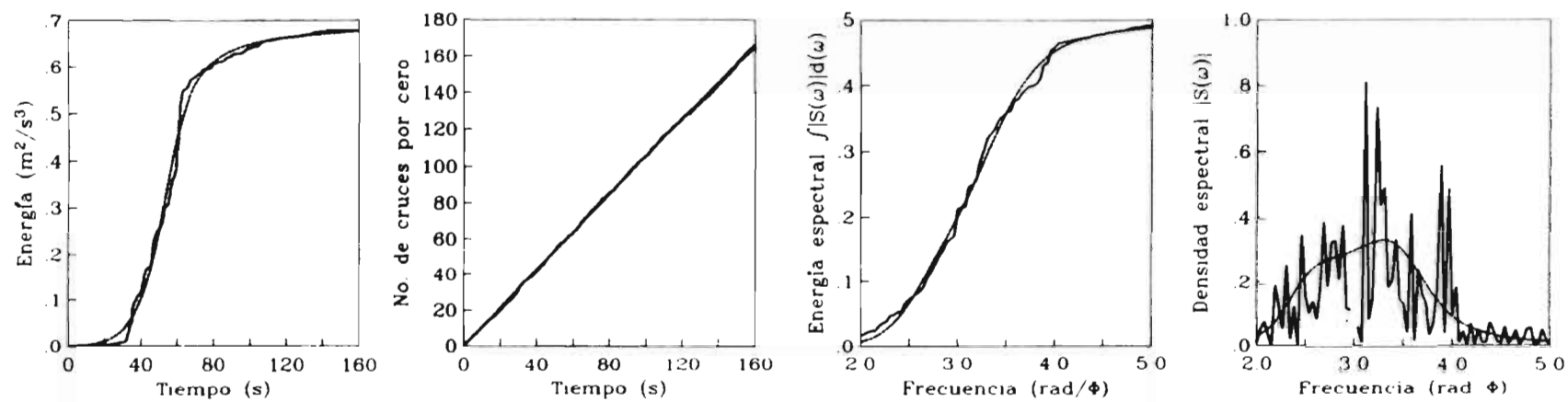


Banda de frecuencias (0.00 - 1.00 Hertz)

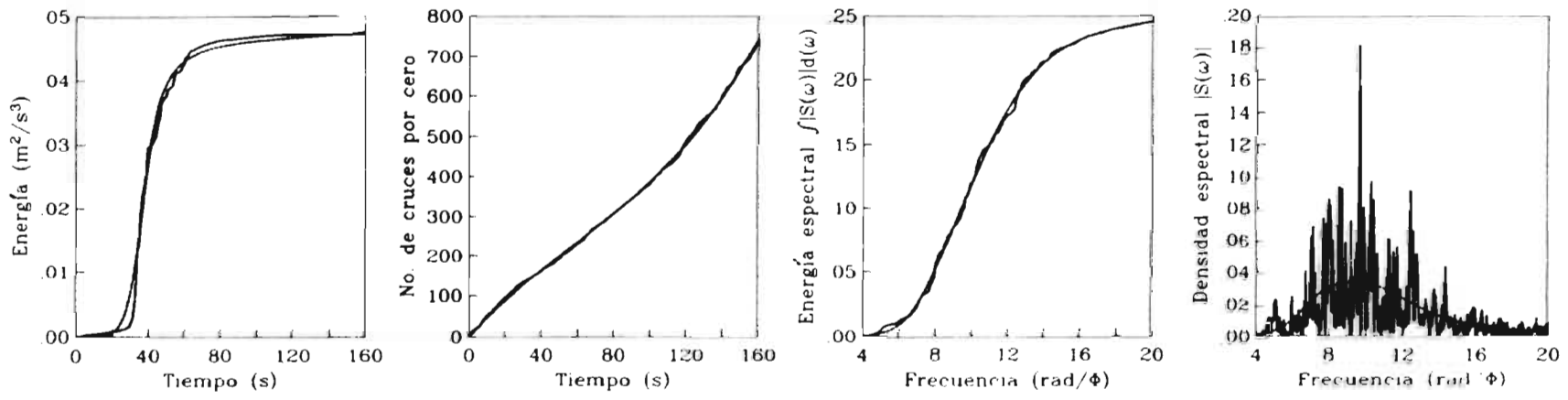


Banda de frecuencias (1.00 - 12.50 Hertz)

Figura 37 a.- Envolturas de intensidad y componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación SCT, dirección norte-sur

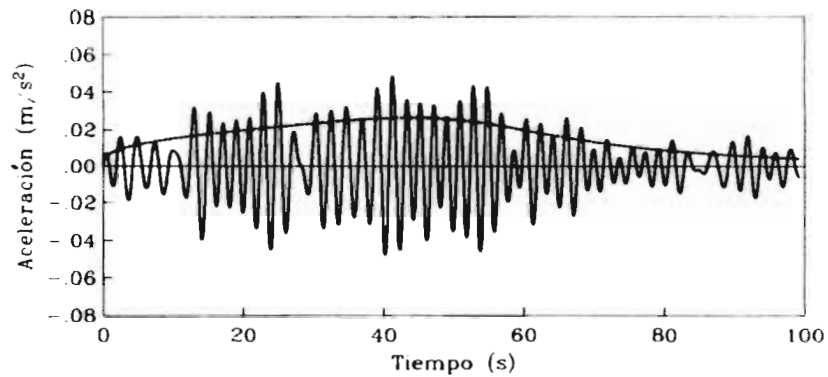


Banda de frecuencias (0.00 - 1.01 Hertz)

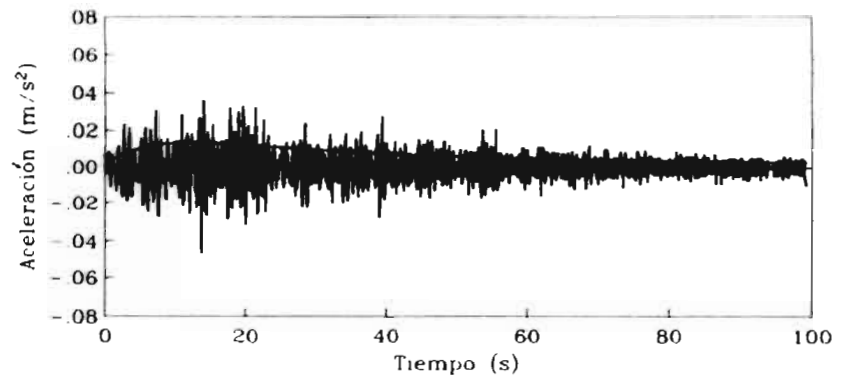


Banda de frecuencias (1.01 - 12.50 Hertz)

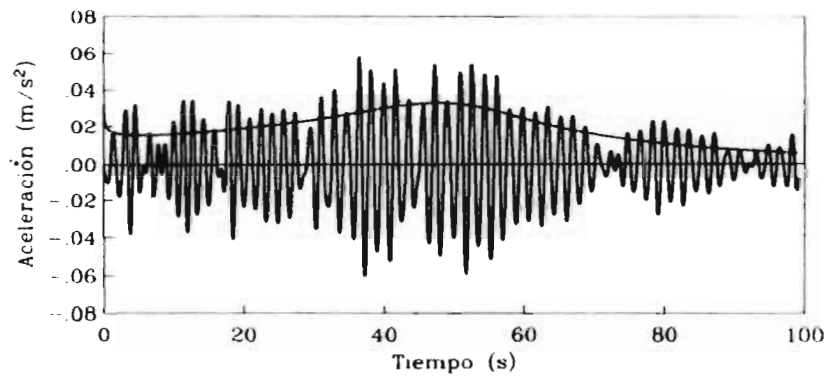
Figura 38.a.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación SCT, dirección norte sur.



Banda de frecuencias (0.00 - 0.55 Hertz)

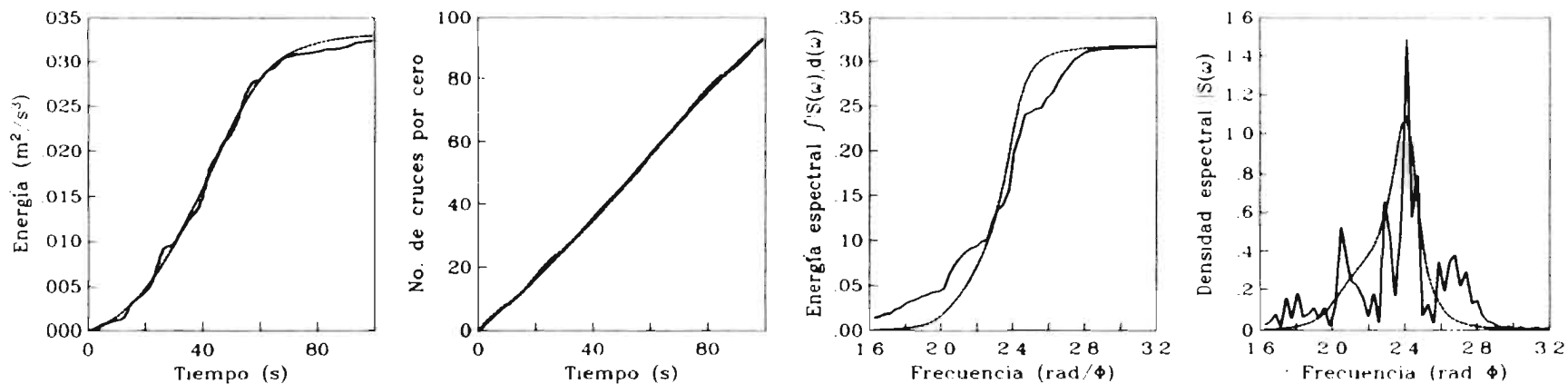


Banda de frecuencias (1.49 - 25.00 Hertz)

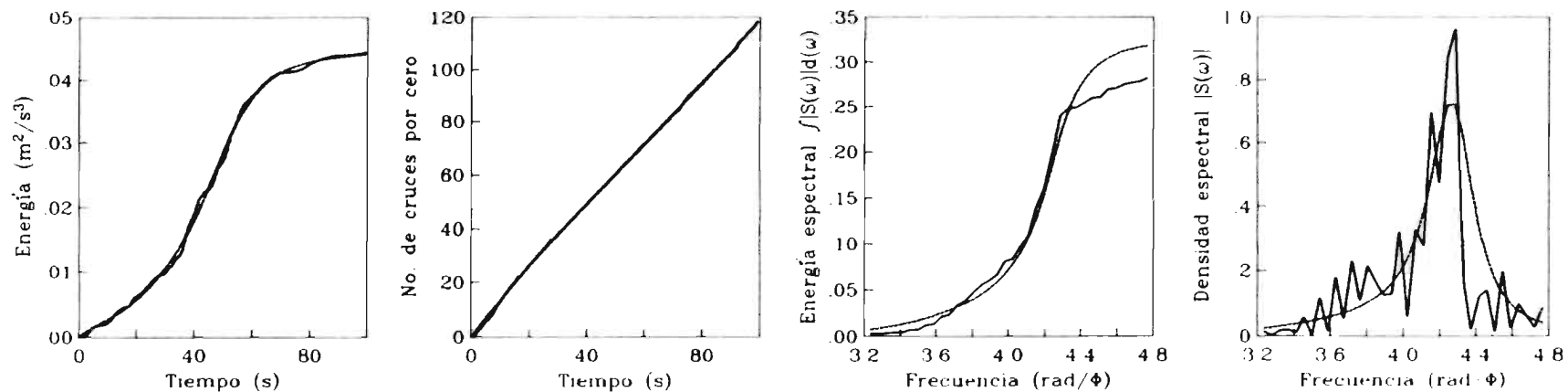


Banda de frecuencias (0.55 - 1.49 Hertz)

Figura 39.a.-- Envolventes de intensidad y componentes del acelerograma del 24 de octubre de 1993 en estación SCT, dirección este-oeste.



Banda de frecuencias (0.00 - 0.55 Hertz)



Banda de frecuencias (0.55 - 1.49 Hertz)

Figura 40.a. - Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 24 de octubre de 1993 en estación SCT, dirección este oeste.

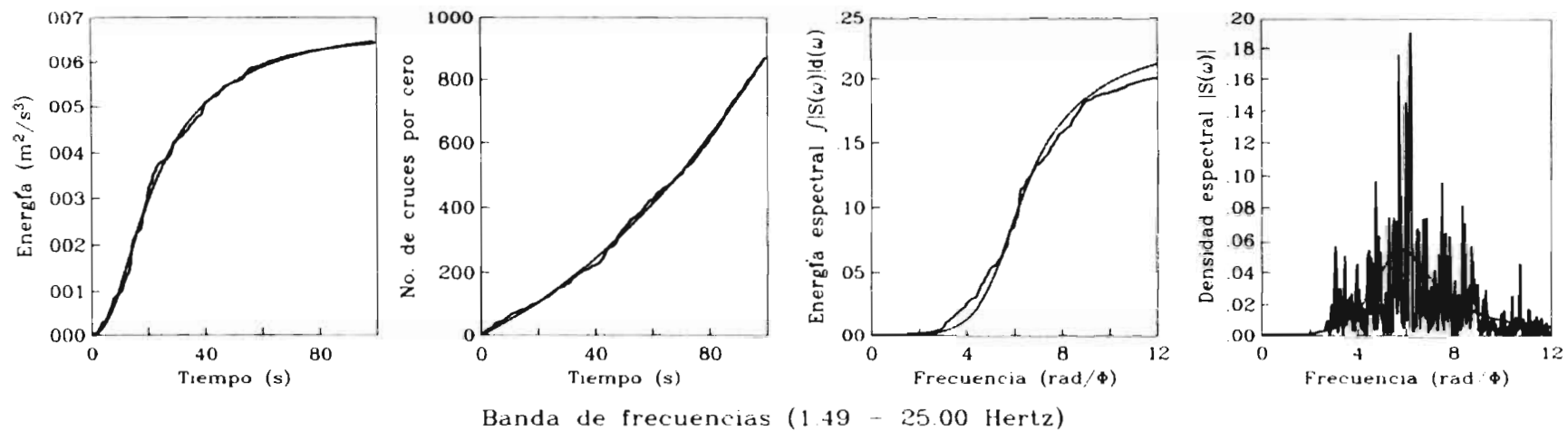
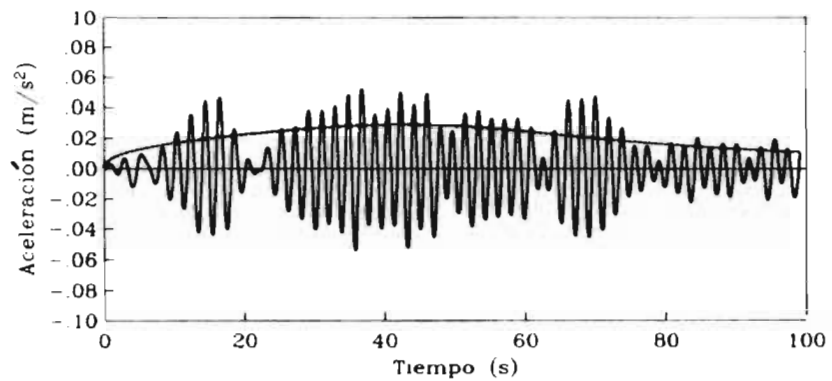
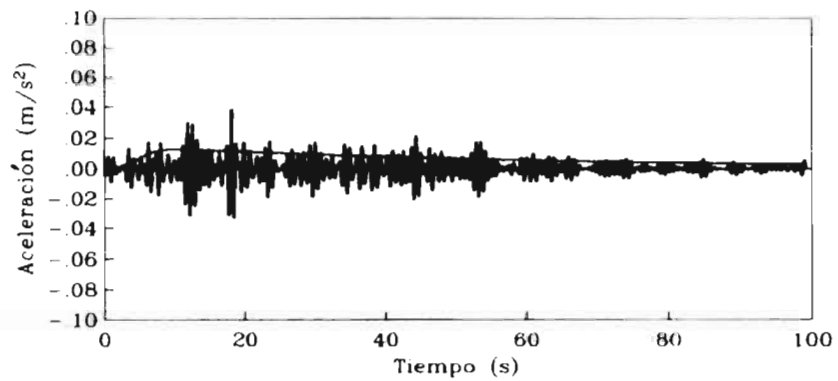


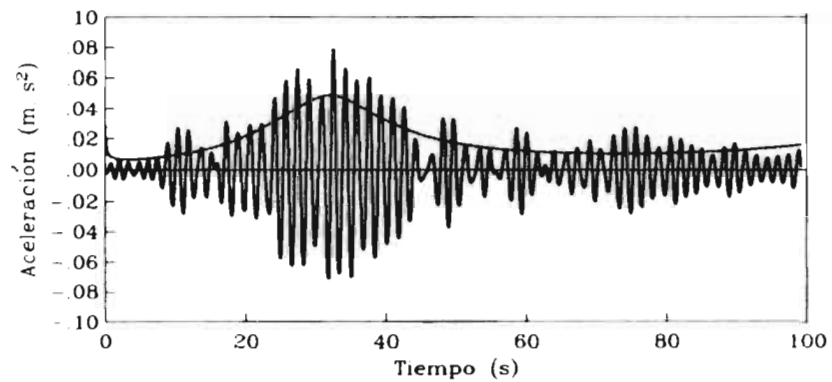
Figura 40.b. - Ajuste de funciones de modulaci3n y filtro de componentes del acelerograma del 24 de octubre de 1993 en estaci3n SCT, direcci3n este-oeste.



Banda de frecuencias (0.00 - 0.56 Hertz)



Banda de frecuencias (1.00 - 1.91 Hertz)



Banda de frecuencias (0.56 - 1.00 Hertz)

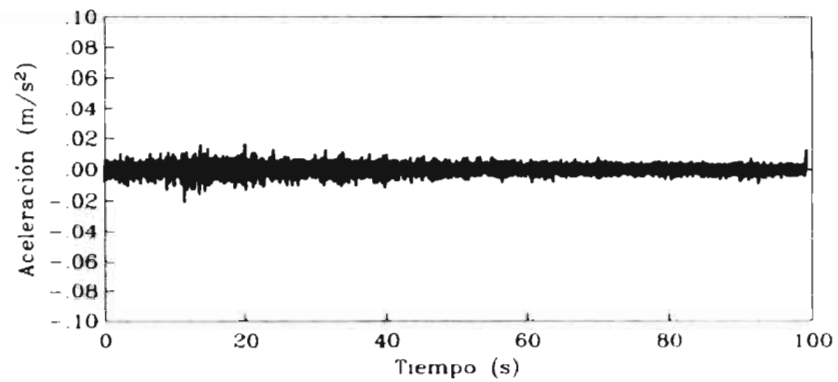
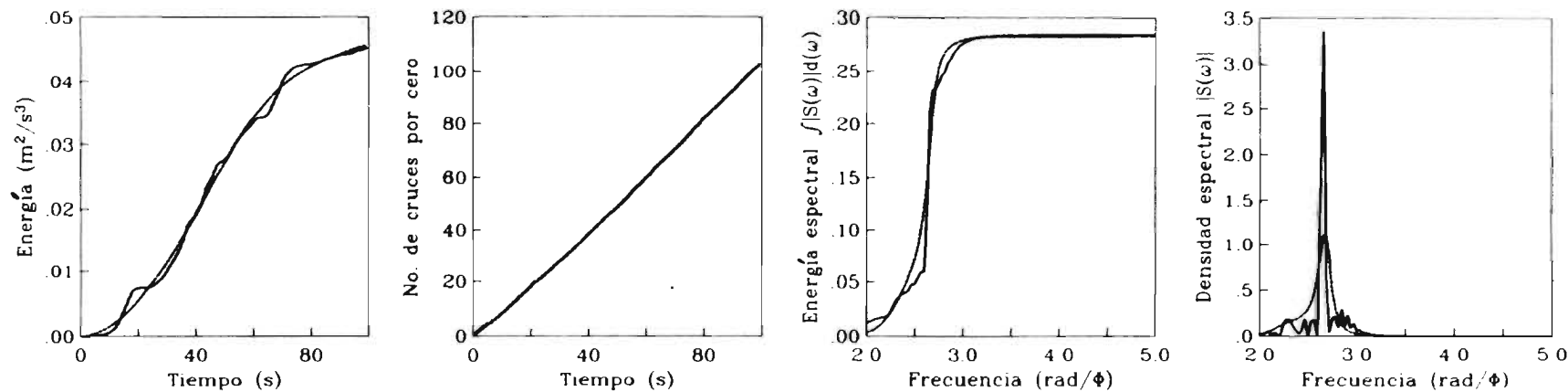
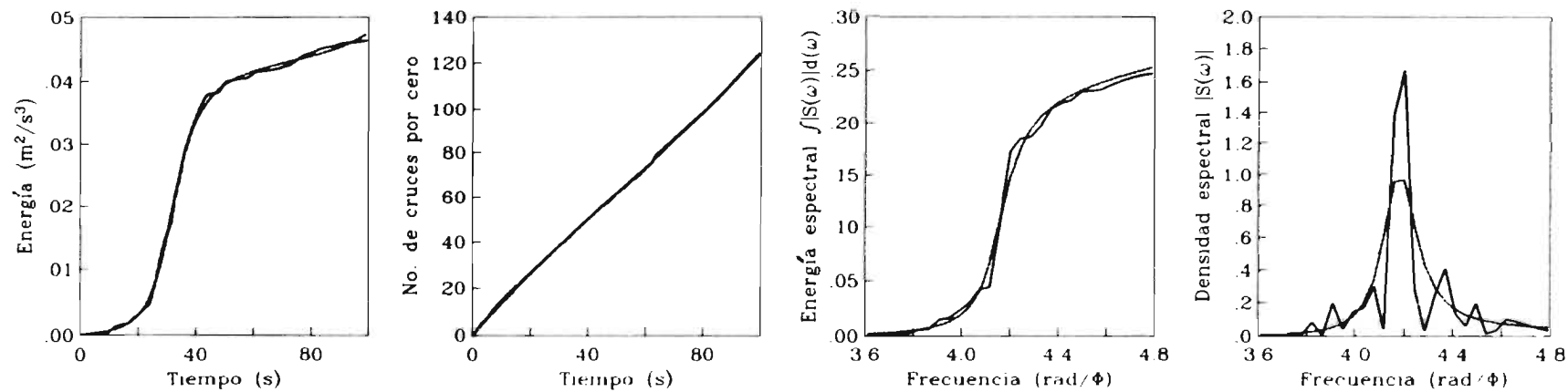


Figura 41.a.- Envoltentes de intensidad y componentes del acelerograma del 24 de octubre de 1993 en estación SCT, dirección norte-sur.

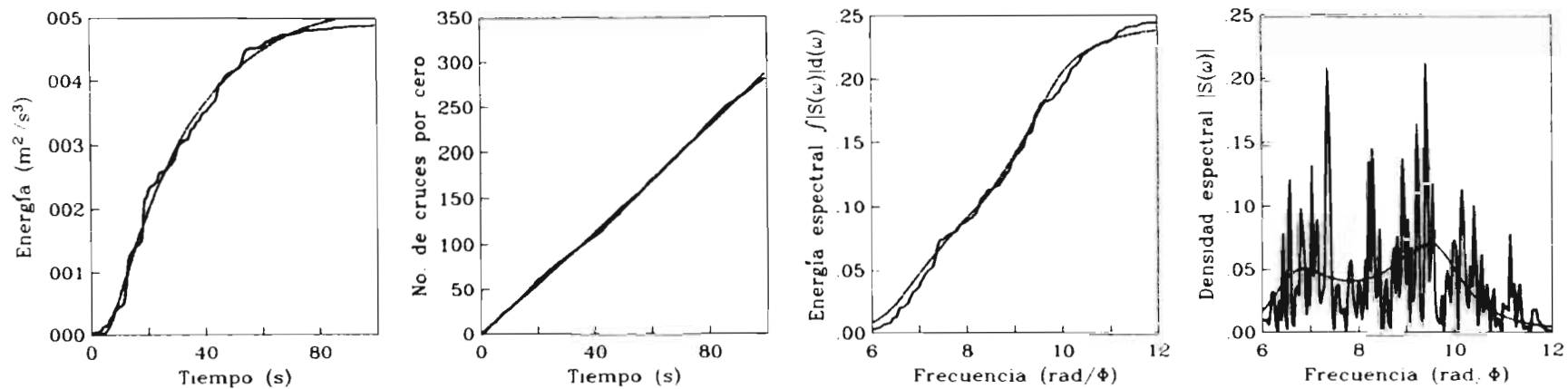


Banda de frecuencias (0.00 - 0.56 Hertz)

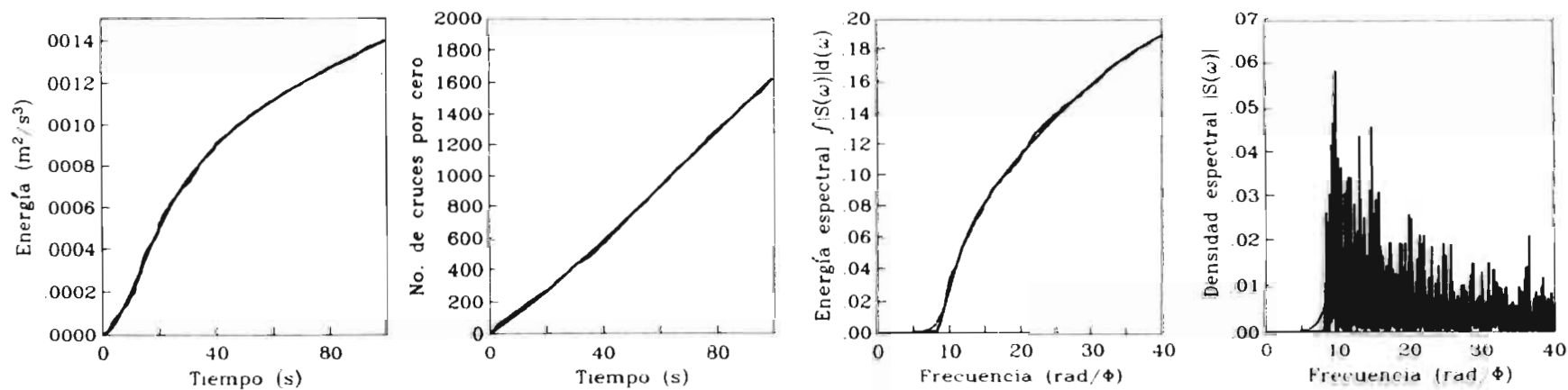


Banda de frecuencias (0.56 - 1.00 Hertz)

Figura 42.a. Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 24 de octubre de 1993 en estación SCT, dirección norte sur

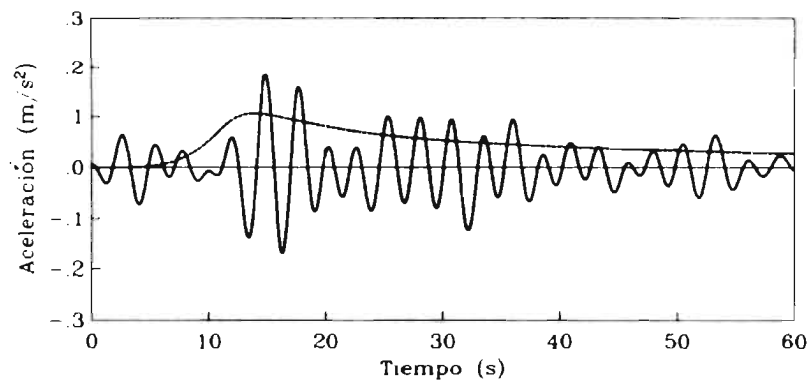


Banda de frecuencias (1.00 - 1.91 Hertz)

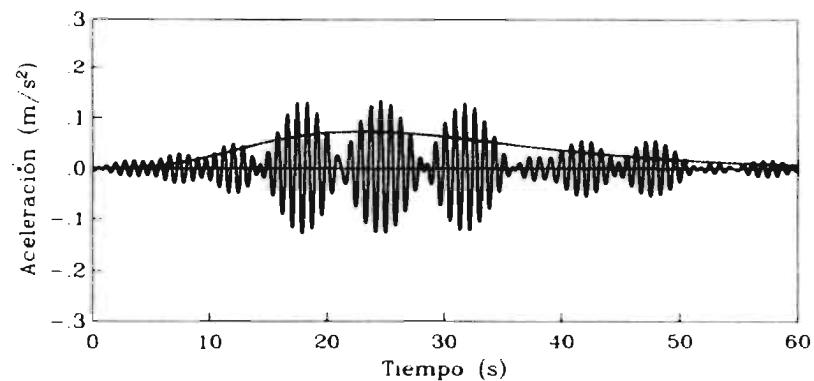


Banda de frecuencias (1.91 - 25.00 Hertz)

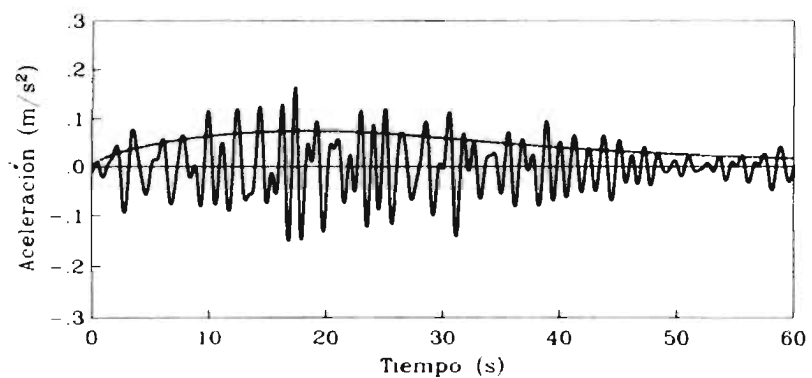
Figura 42.b. Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 24 de octubre de 1993 en estación SCT, dirección norte-sur.



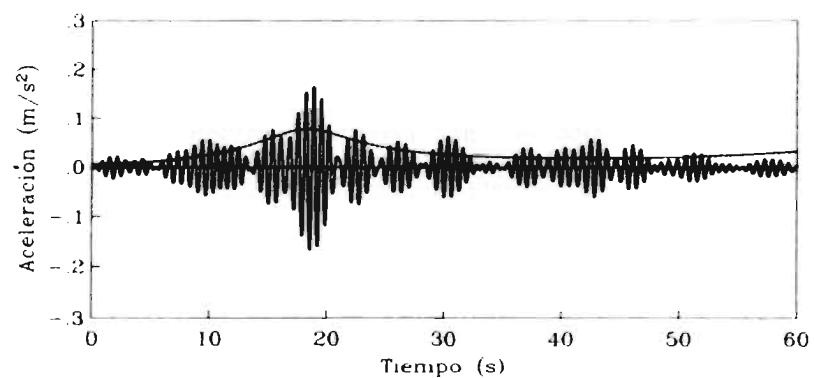
Banda de frecuencias (0.00 - 0.43 Hertz)



Banda de frecuencias (1.08 - 1.33 Hertz)

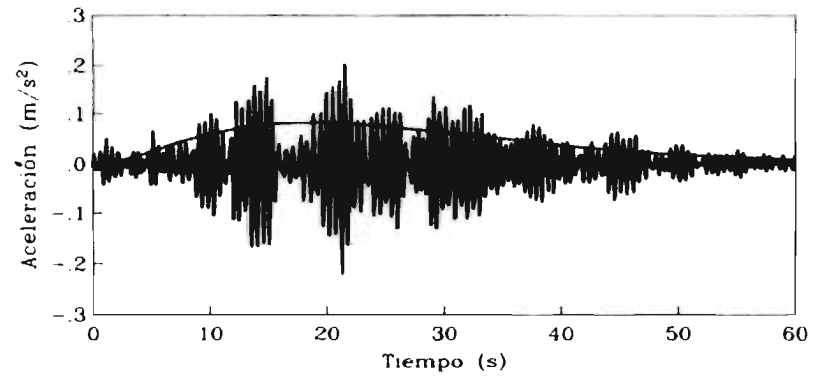


Banda de frecuencias (0.43 - 1.08 Hertz)



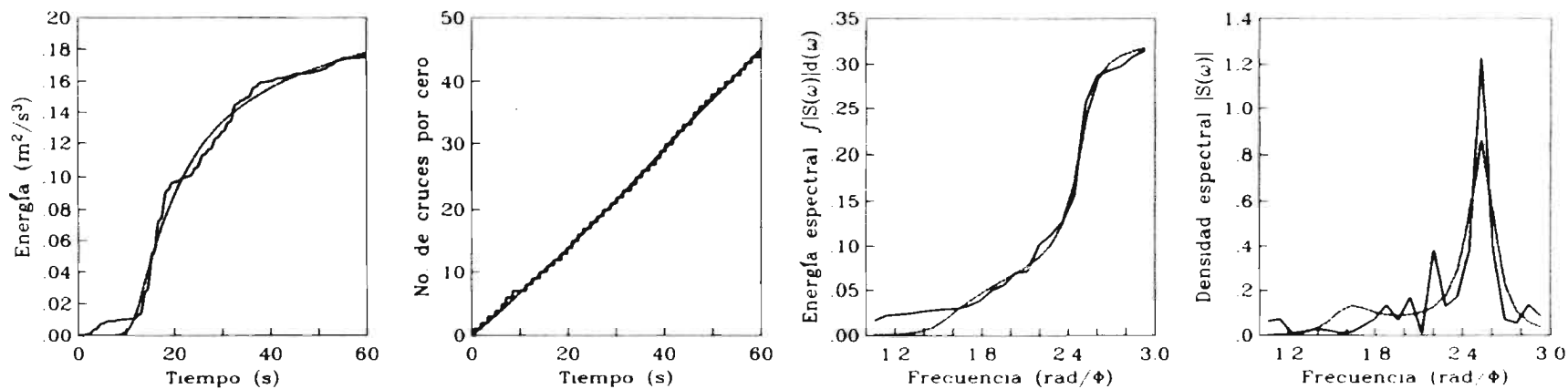
Banda de frecuencias (1.33 - 1.74 Hertz)

Figura 43.a.- Envolventes de intensidad y componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación Viveros, dirección este-oeste.

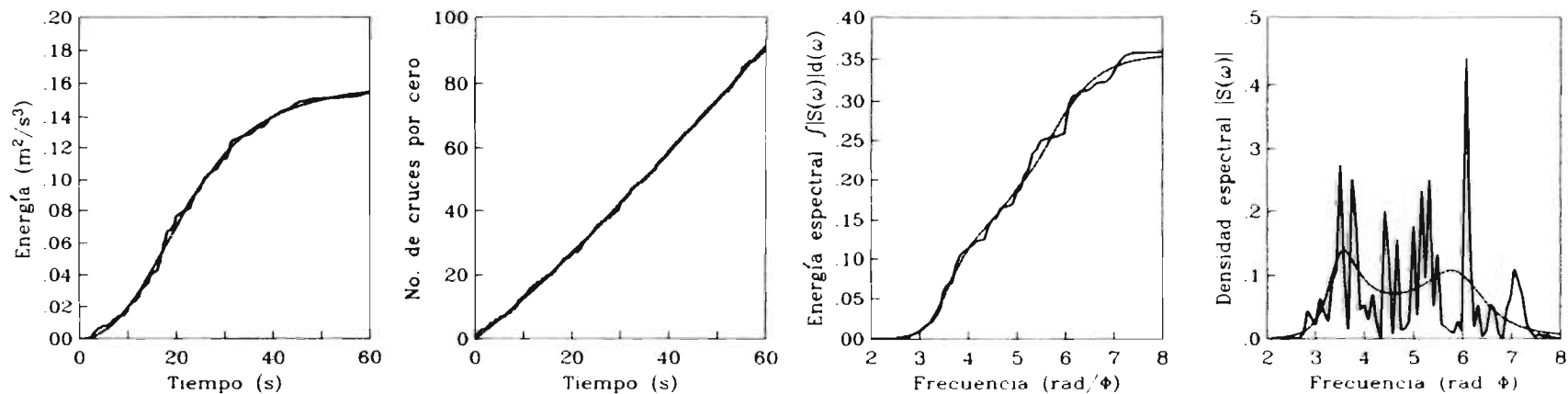


Banda de frecuencias (1.74 - 25.00 Hertz)

Figura 43.b.- Envoltura de intensidad y componente del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación Viveros, dirección este-oeste.

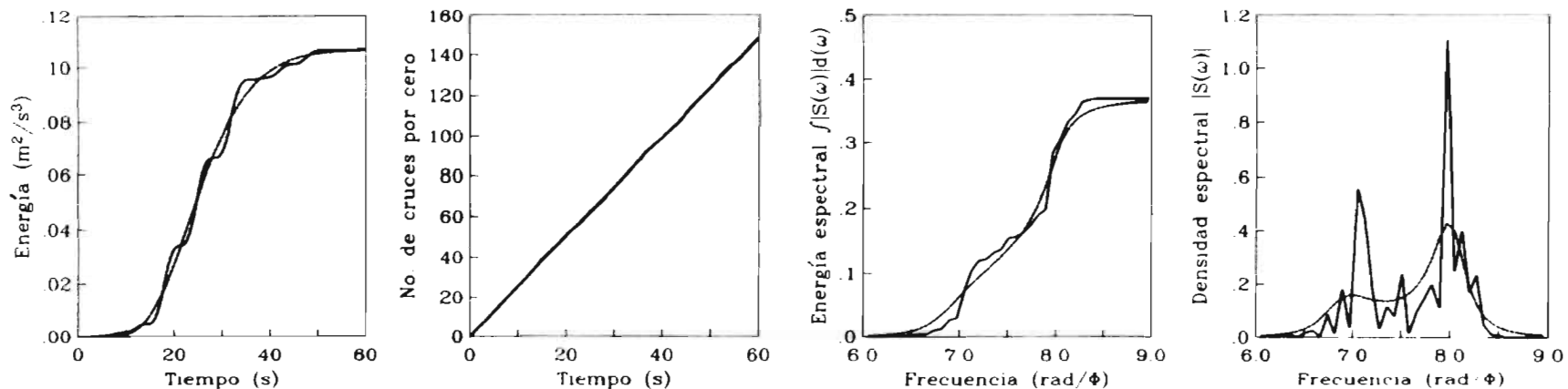


Banda de frecuencias (0.00 - 0.43 Hertz)

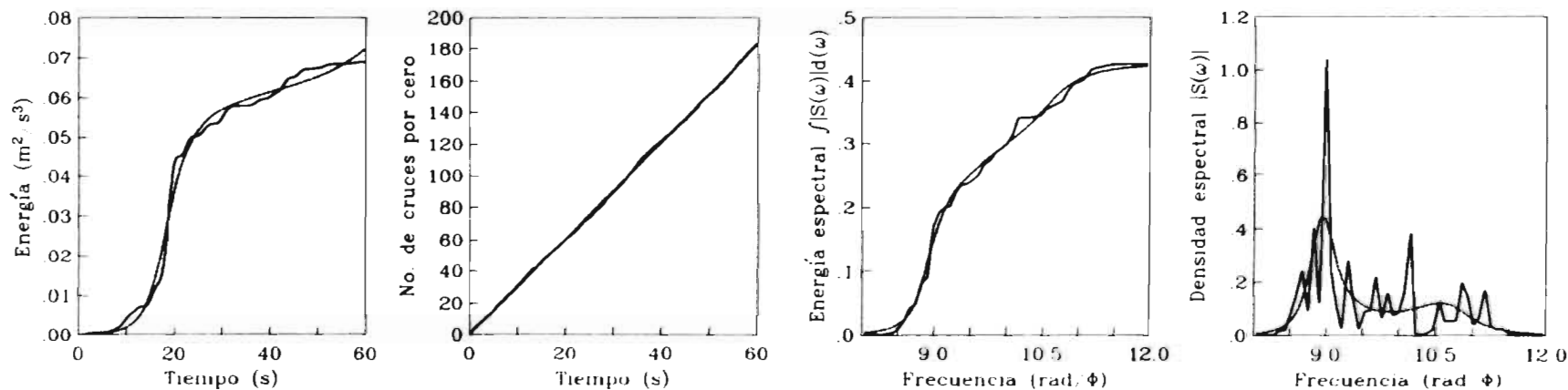


Banda de frecuencias (0.43 - 1.08 Hertz)

Figura 44.a.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación Viveros, dirección este-este.



Banda de frecuencias (1.08 - 1.33 Hertz)



Banda de frecuencias (1.33 - 1.74 Hertz)

Figura 44.b.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación Viveros, dirección este oeste.

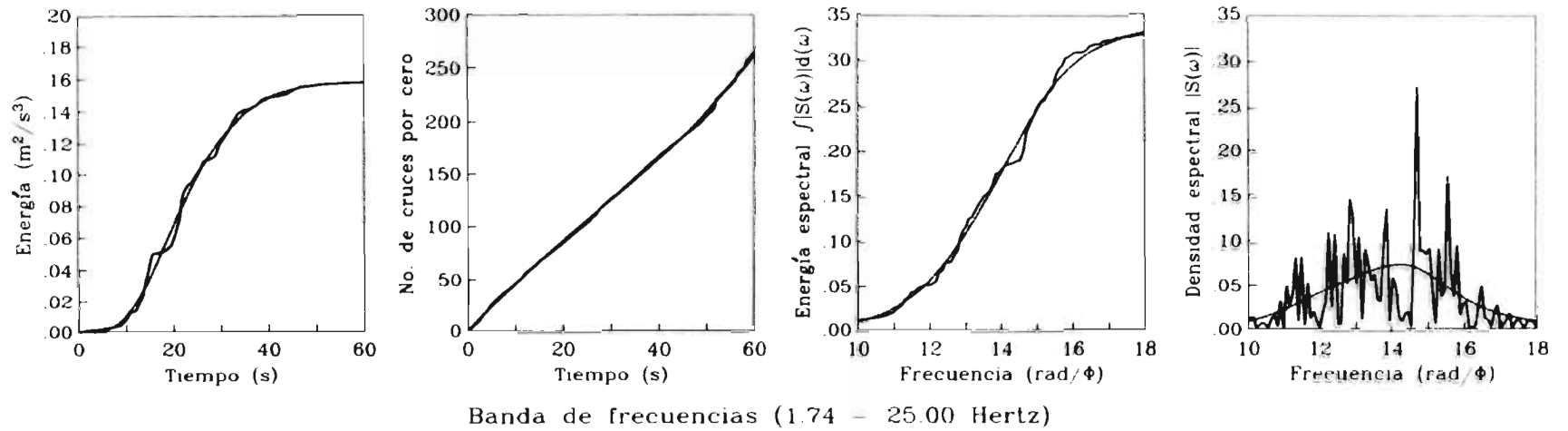
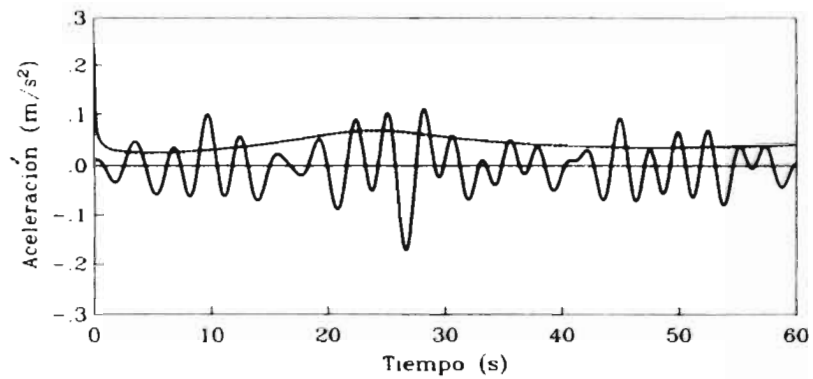
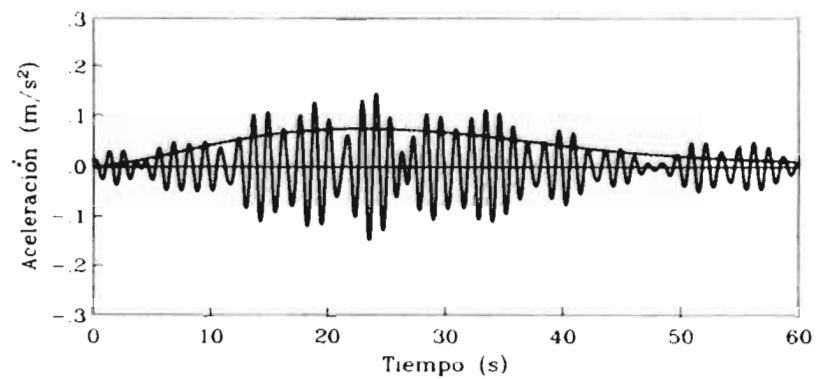


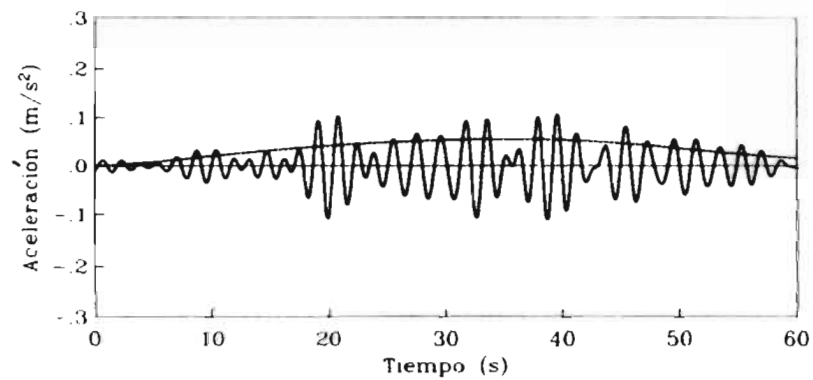
Figura 44.c.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación Viveros, dirección este-oeste.



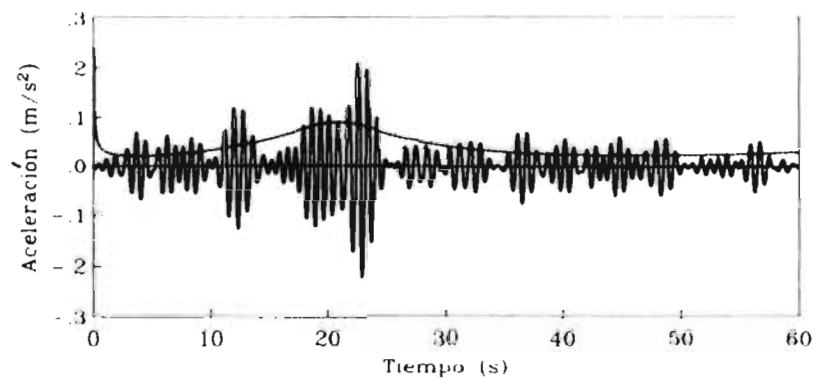
Banda de frecuencias (0.00 - 0.43 Hertz)



Banda de frecuencias (0.70 - 0.98 Hertz)

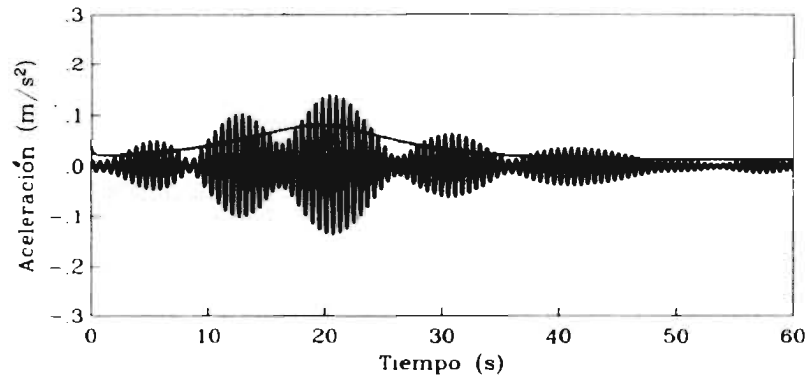


Banda de frecuencias (0.43 - 0.70 Hertz)

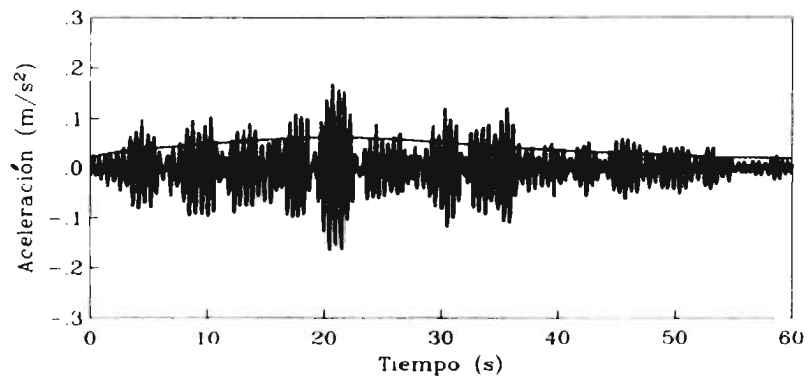


Banda de frecuencias (0.98 - 1.59 Hertz)

Figura 45.a.- Envolturas de intensidad y componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación Viveros, dirección norte sur

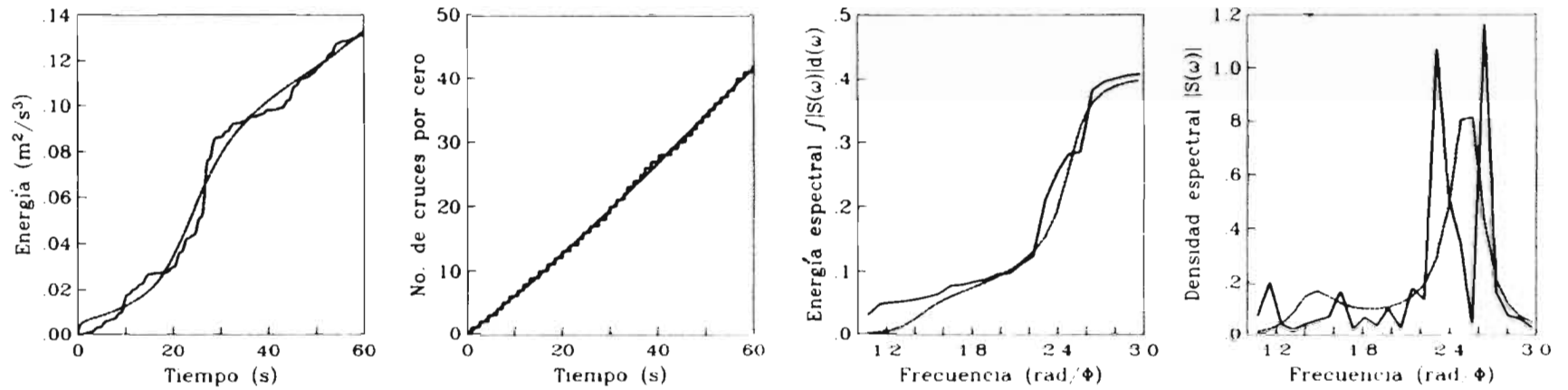


Banda de frecuencias (1.59 - 1.79 Hertz)

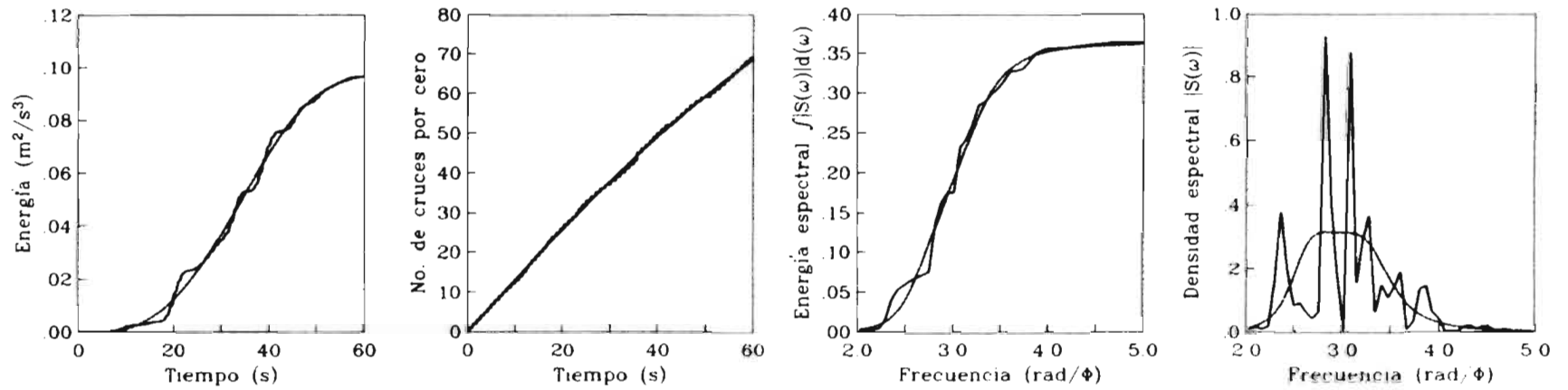


Banda de frecuencias (1.79 - 25.00 Hertz)

Figura 45.b.- Envoltentes de intensidad y componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación Viveros, dirección norte-sur.

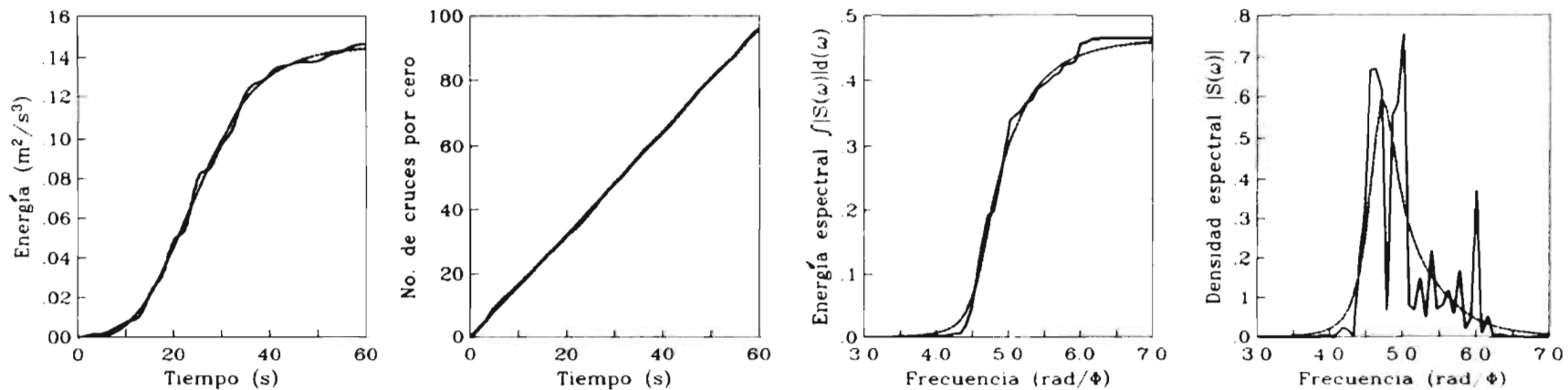


Banda de frecuencias (0.00 - 0.43 Hertz)

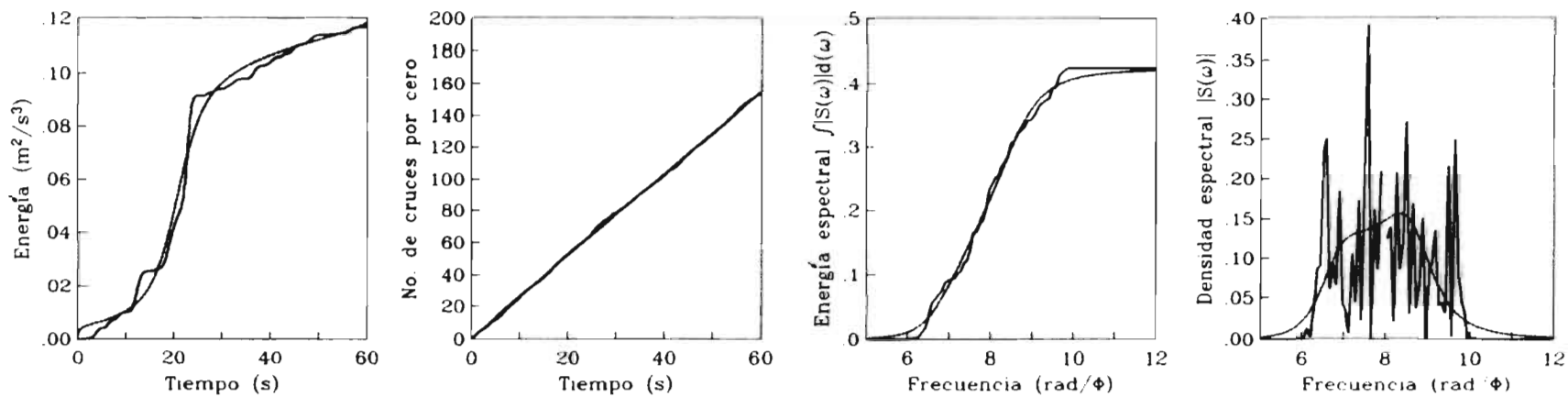


Banda de frecuencias (0.43 - 0.70 Hertz)

Figura 46 a.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación Viveros, dirección norte-sur.

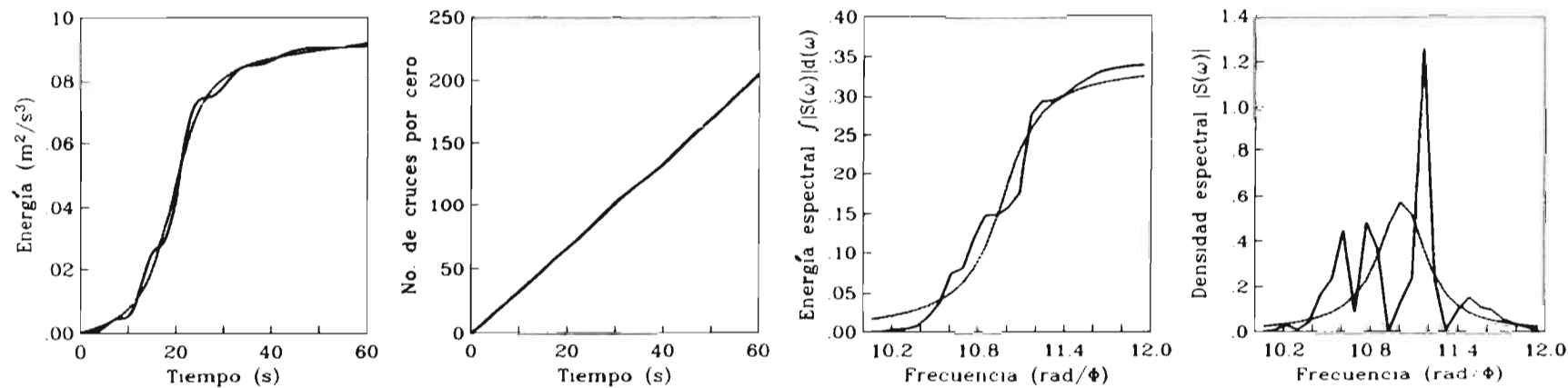


Banda de frecuencias (0.70 - 0.98 Hertz)

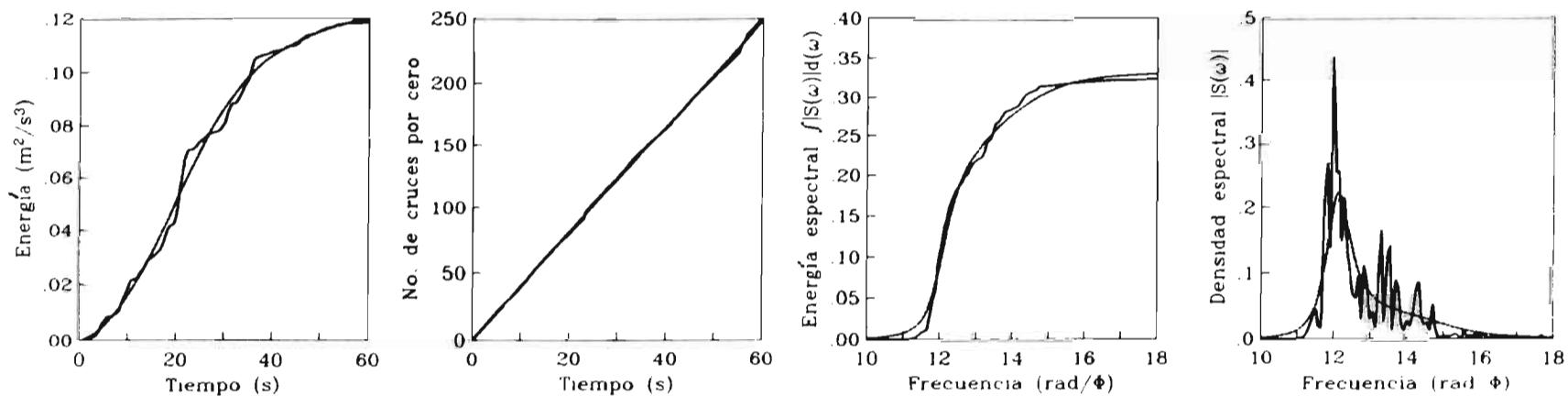


Banda de frecuencias (0.98 - 1.59 Hertz)

Figura 46.b.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación Viveros, dirección norte-sur.

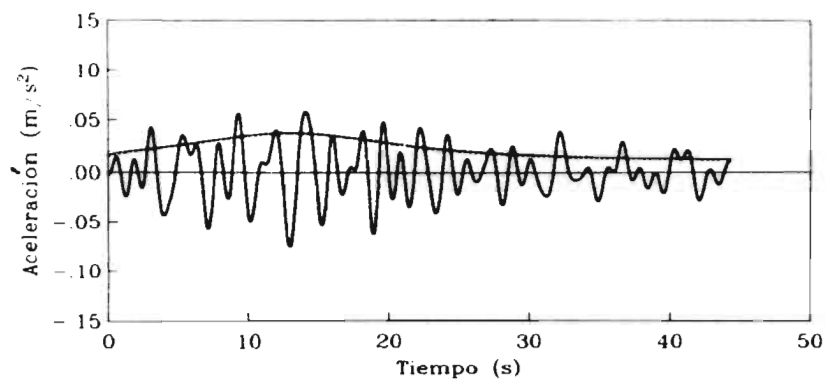


Banda de frecuencias (1.59 - 1.79 Hertz)

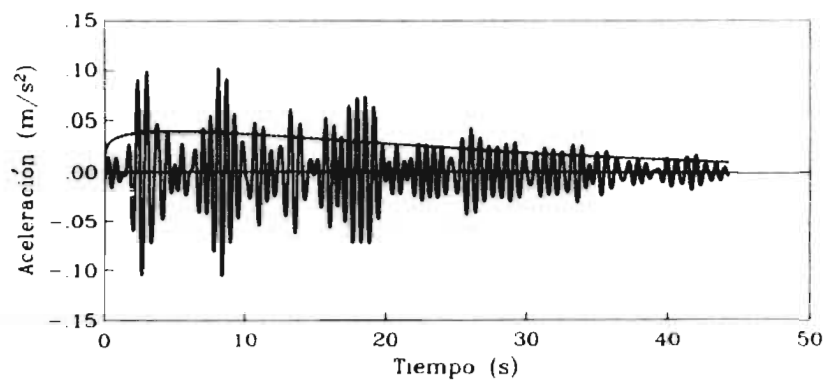


Banda de frecuencias (1.79 - 25.00 Hertz)

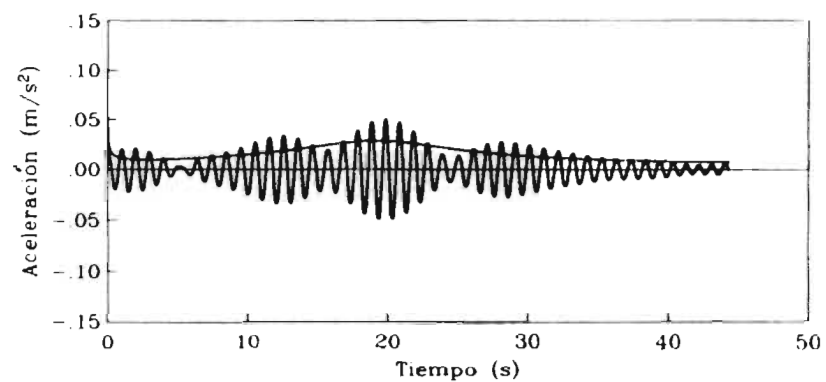
Figura 46.c.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 19 de septiembre de 1985 en estación Viveros, dirección norte-sur.



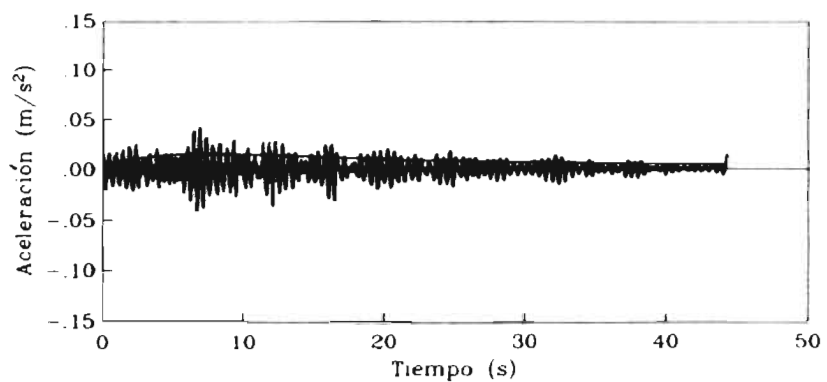
Banda de frecuencias (0.00 - 0.92 Hertz)



Banda de frecuencias (1.14 - 2.00 Hertz)



Banda de frecuencias (0.92 - 1.14 Hertz)



Banda de frecuencias (2.00 - 50.00 Hertz)

Figura 47.a.- Envolturas de intensidad y componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación Viveros, dirección este-oeste.

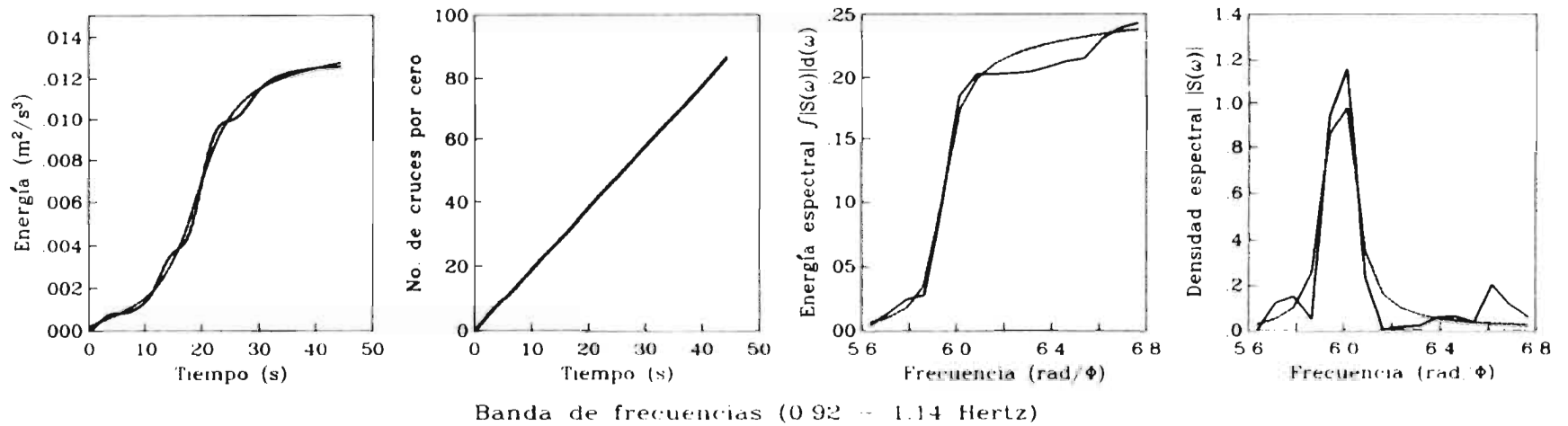
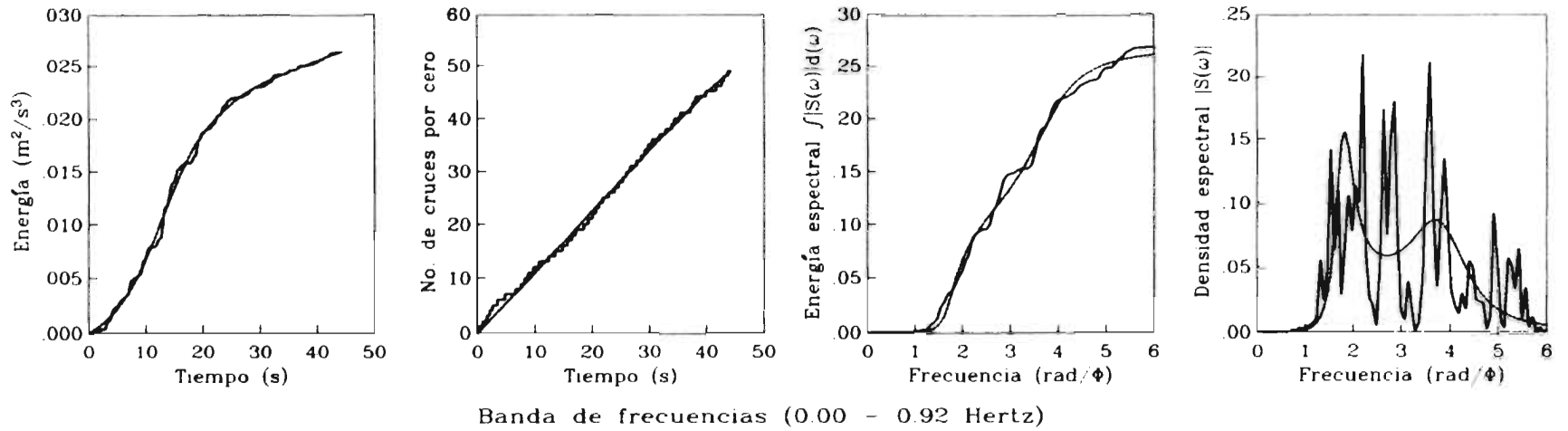
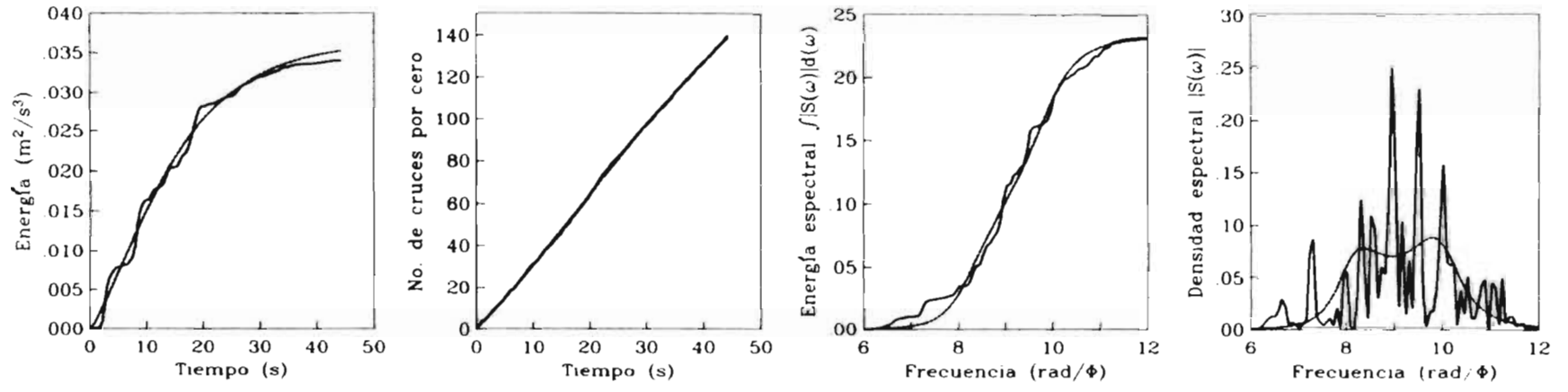
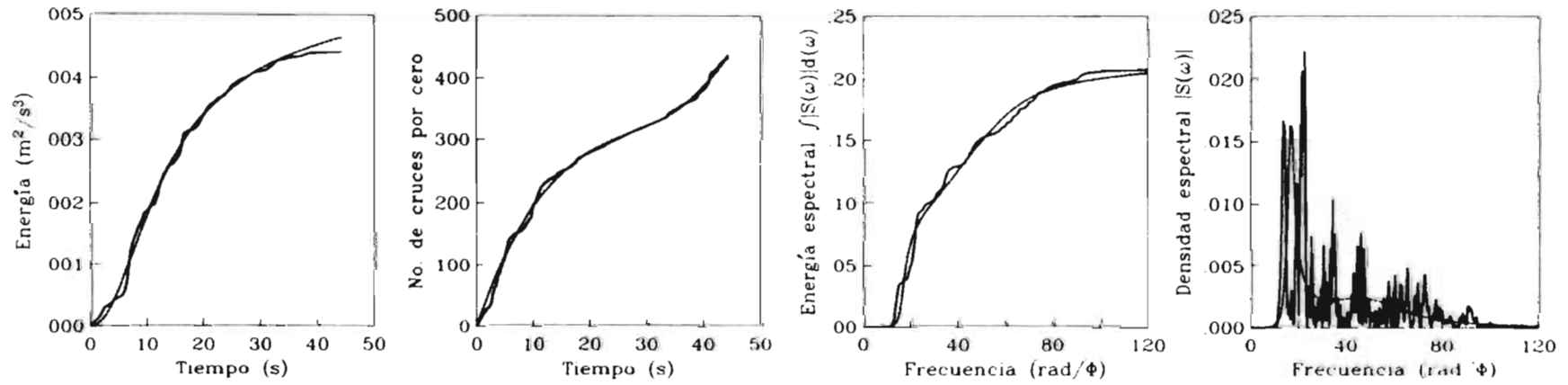


Figura 48.a.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación Viveros, dirección este oeste.

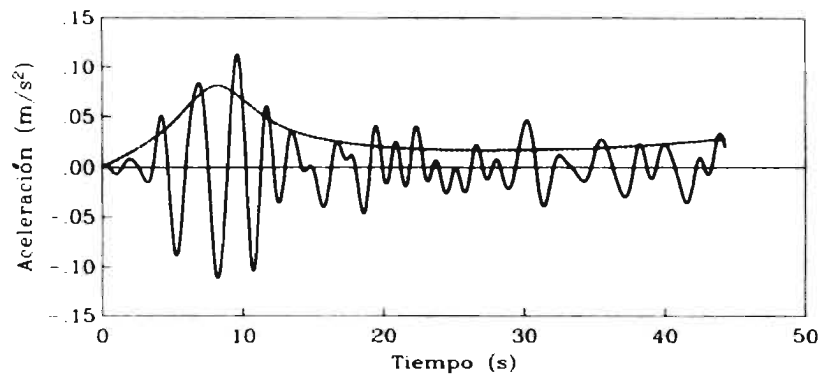


Banda de frecuencias (1.14 - 2.00 Hertz)

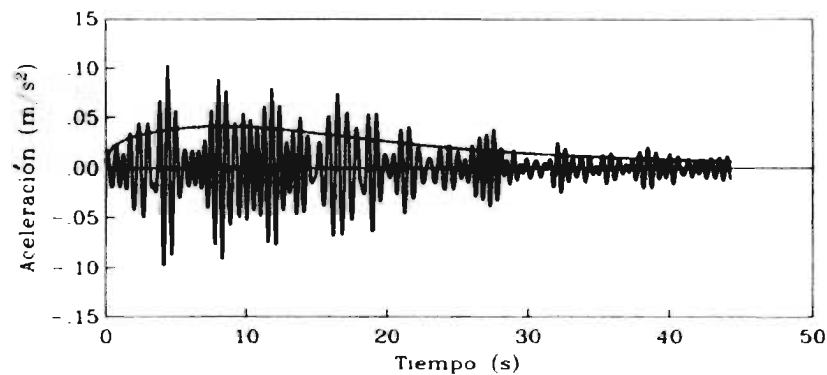


Banda de frecuencias (2.00 - 50.00 Hertz)

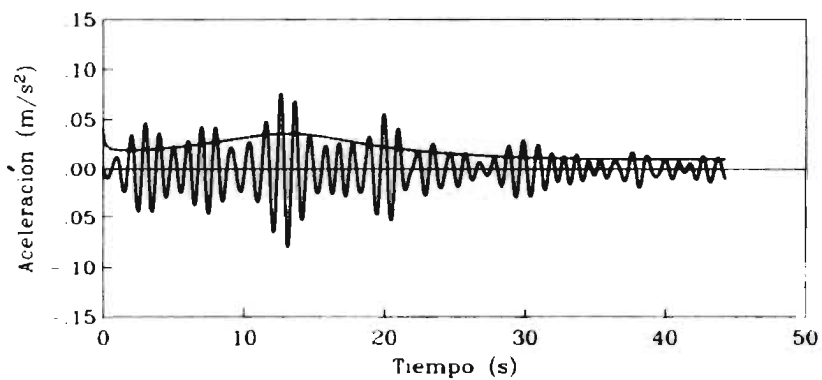
Figura 48.b.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación Viveros, dirección este-oeste.



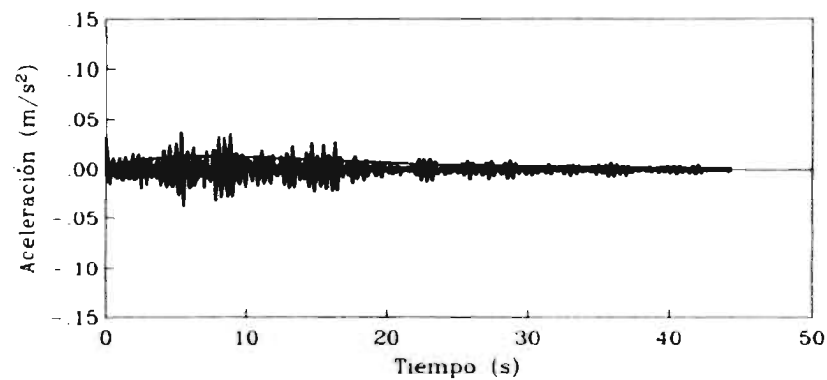
Banda de frecuencias (0.00 - 0.75 Hertz)



Banda de frecuencias (1.25 - 2.25 Hertz)



Banda de frecuencias (0.75 - 1.25 Hertz)



Banda de frecuencias (2.25 - 50.00 Hertz)

Figura 49.a.- Envoltentes de intensidad y componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación Viveros, dirección norte-sur.

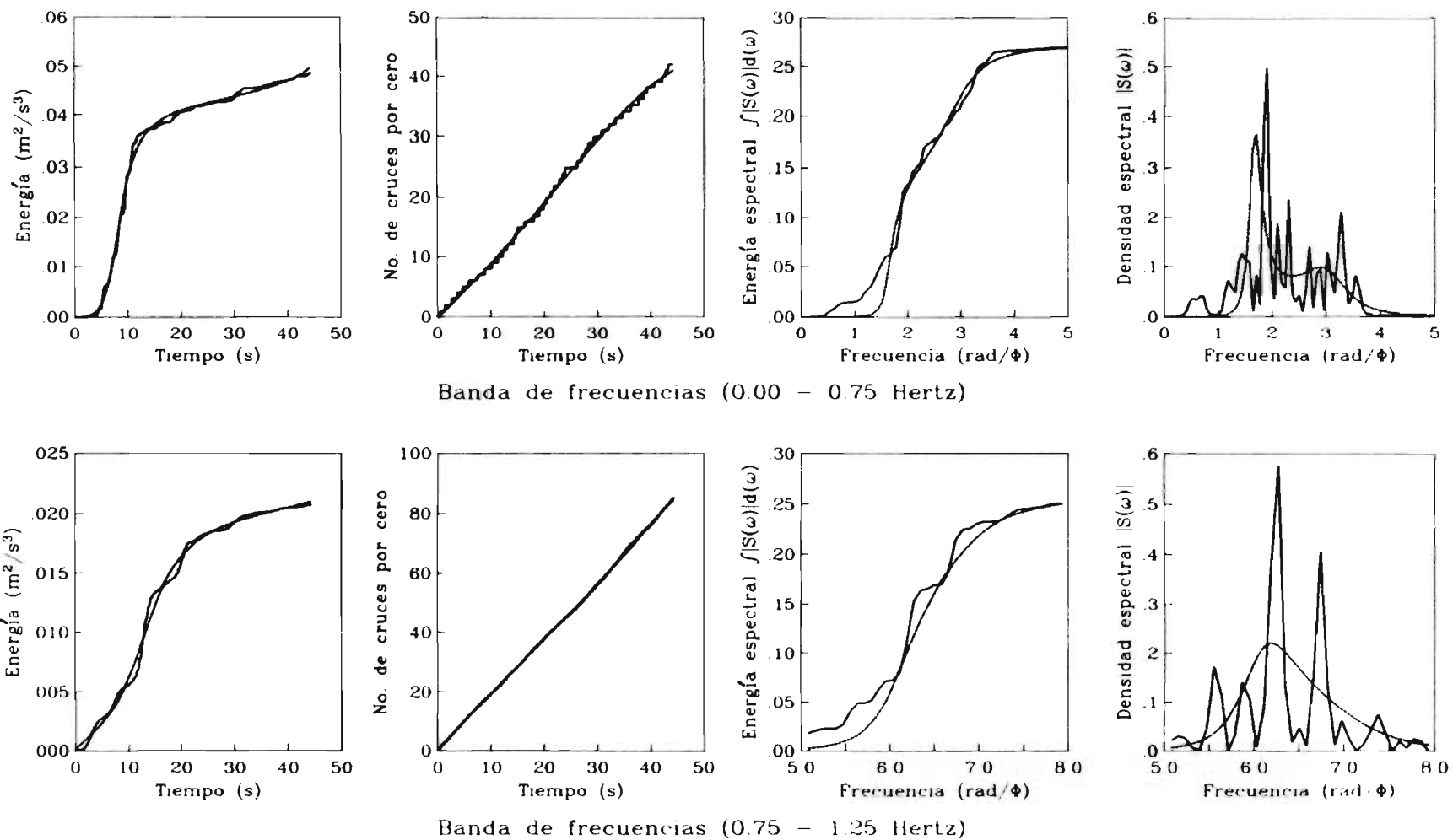


Figura 50.a.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación Viveros, dirección norte-sur.

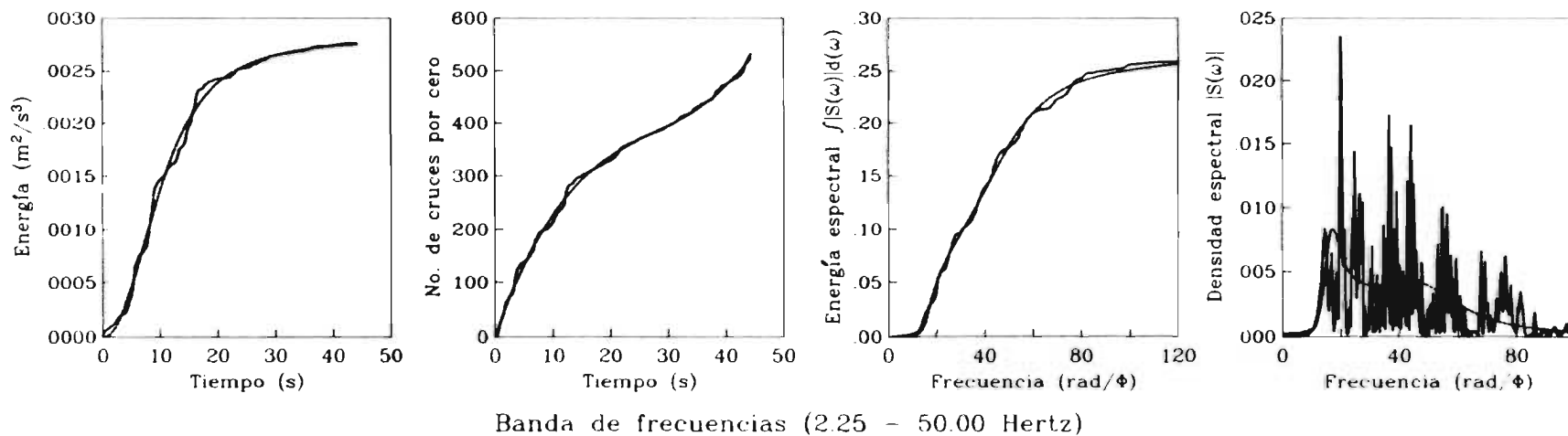
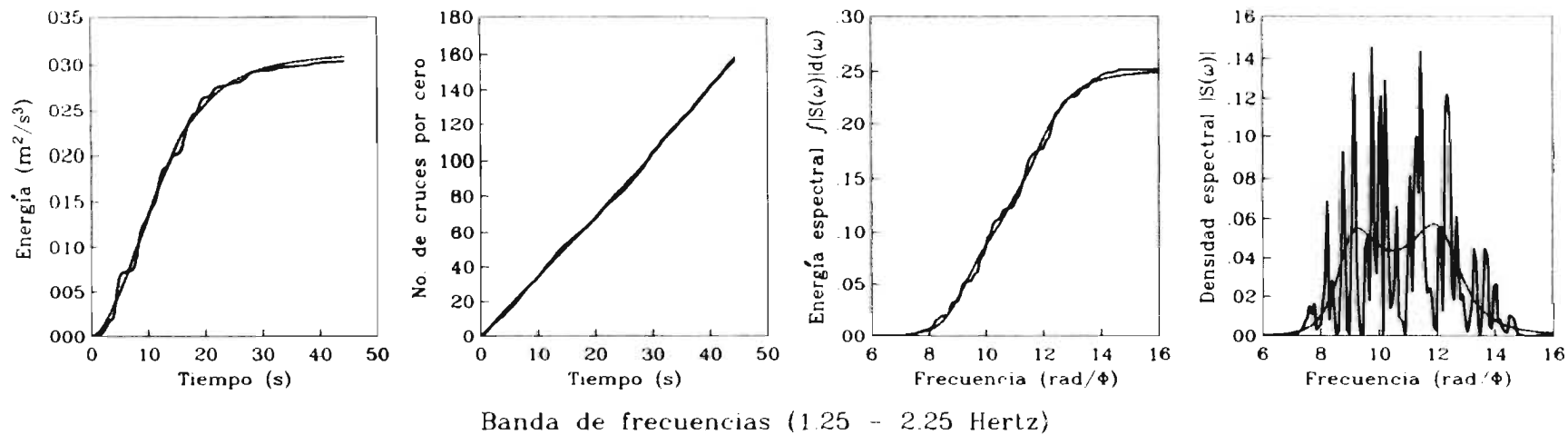
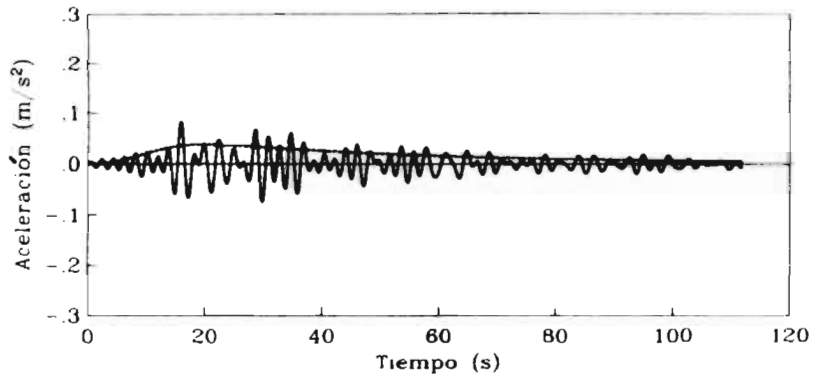
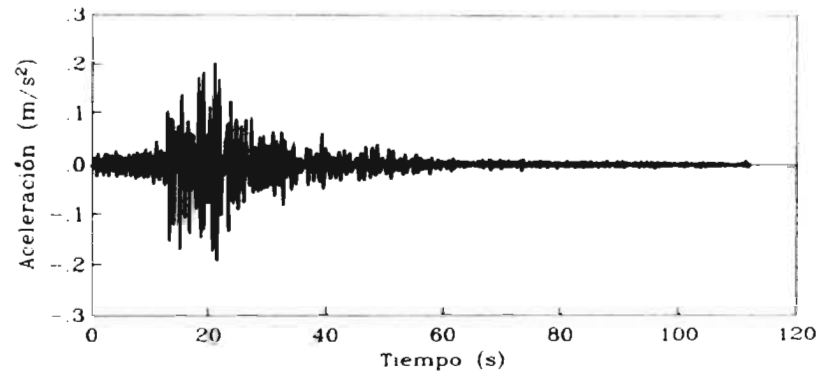


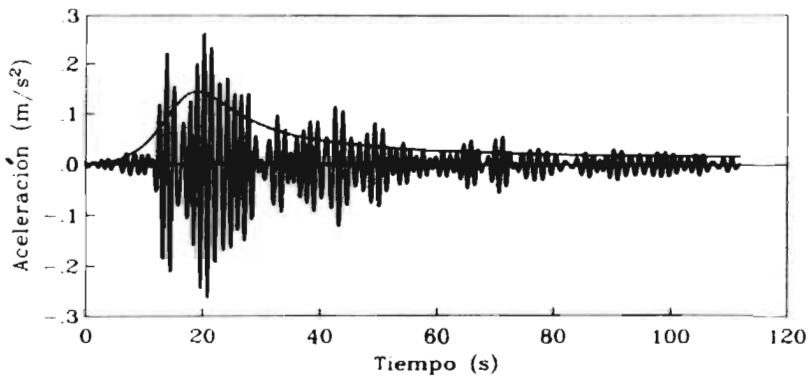
Figura 50.b.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación Viveros, dirección norte-sur.



Banda de frecuencias (0.00 - 0.54 Hertz)

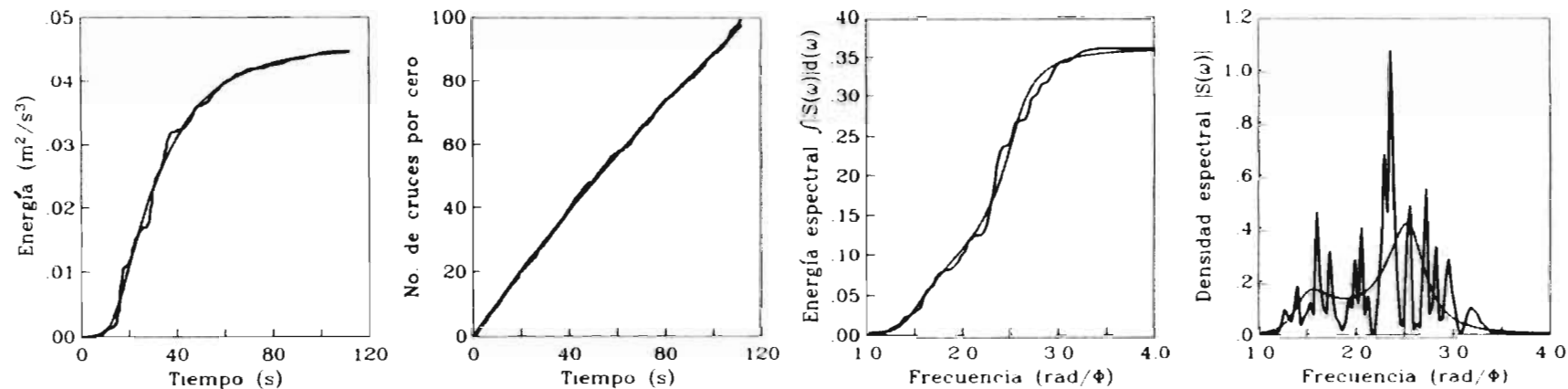


Banda de frecuencias (1.01 - 25.00 Hertz)

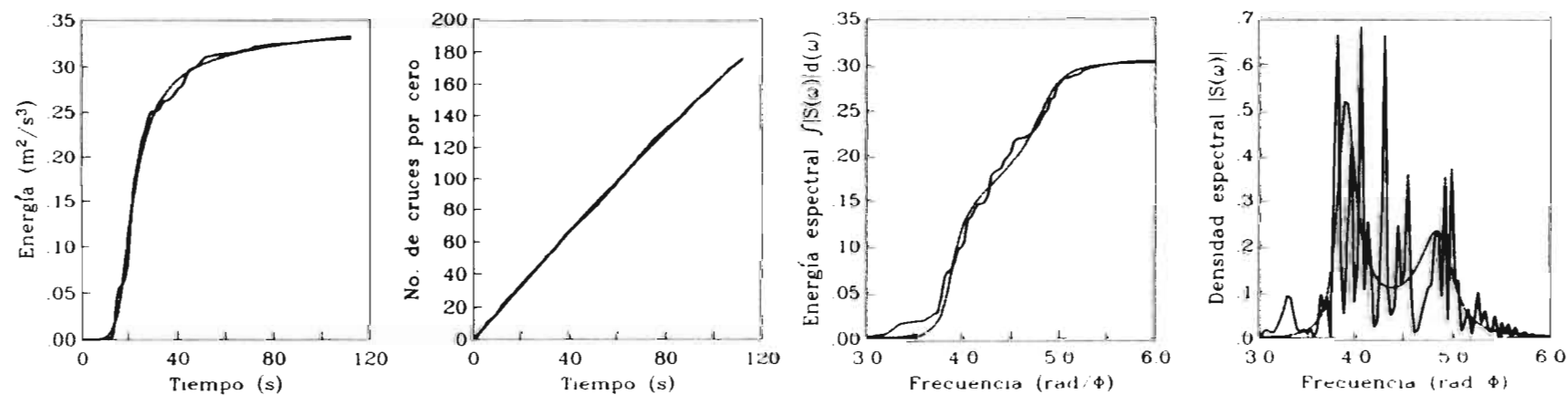


Banda de frecuencias (0.54 - 1.01 Hertz)

Figura 51 a.- Envoltentes de intensidad y componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación 44, dirección este-oeste.

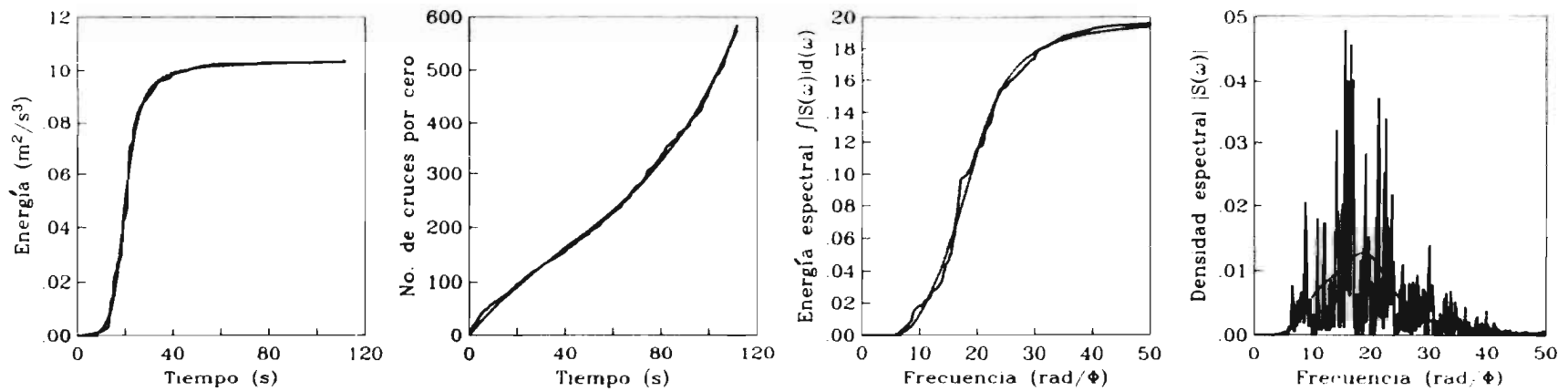


Banda de frecuencias (0.00 - 0.54 Hertz)



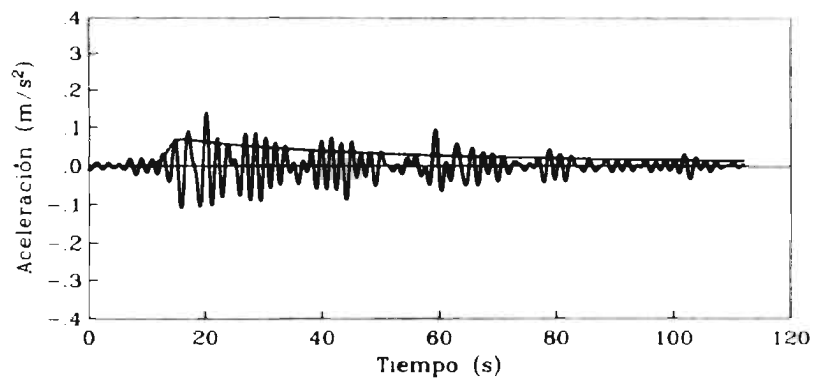
Banda de frecuencias (0.54 - 1.01 Hertz)

Figura 52.a.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación 44, dirección este-oeste.

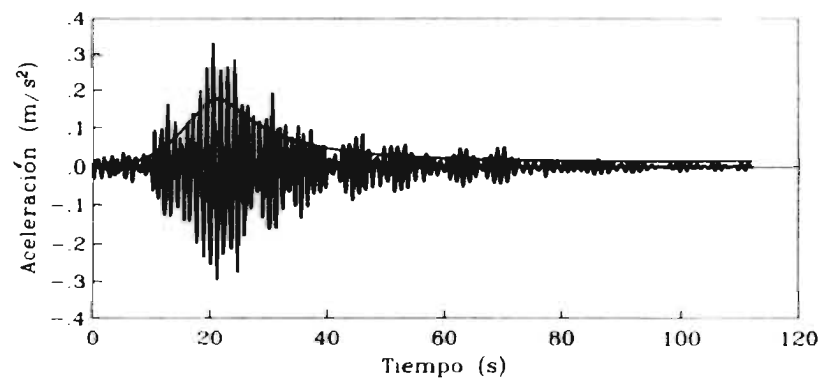


Banda de frecuencias (1.01 - 25.00 Hertz)

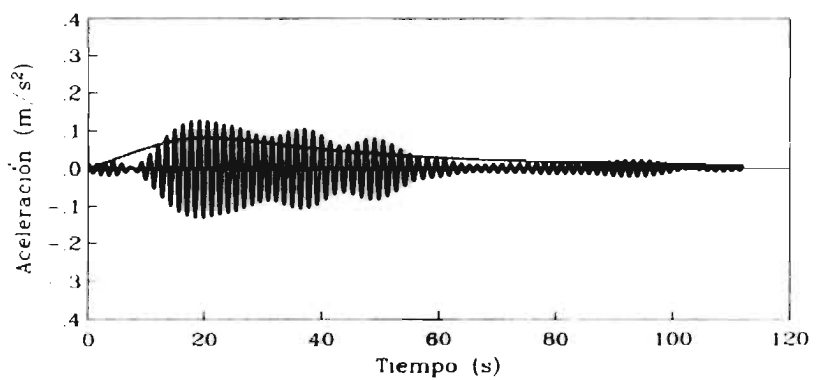
Figura 52.b.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación 44, dirección este oeste.



Banda de frecuencias (0.00 - 0.63 Hertz)

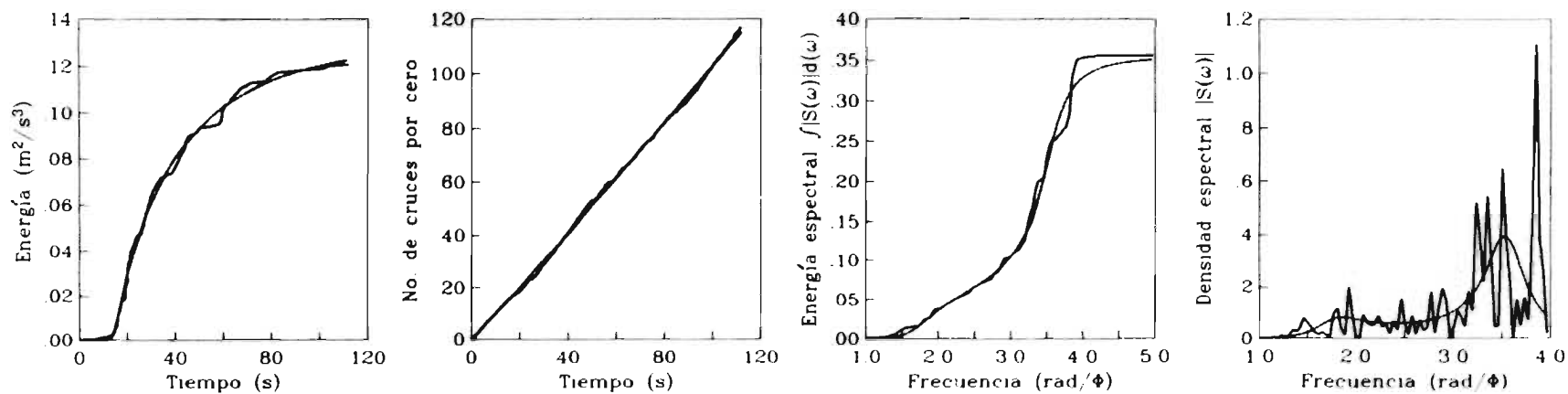


Banda de frecuencias (0.75 - 25.00 Hertz)

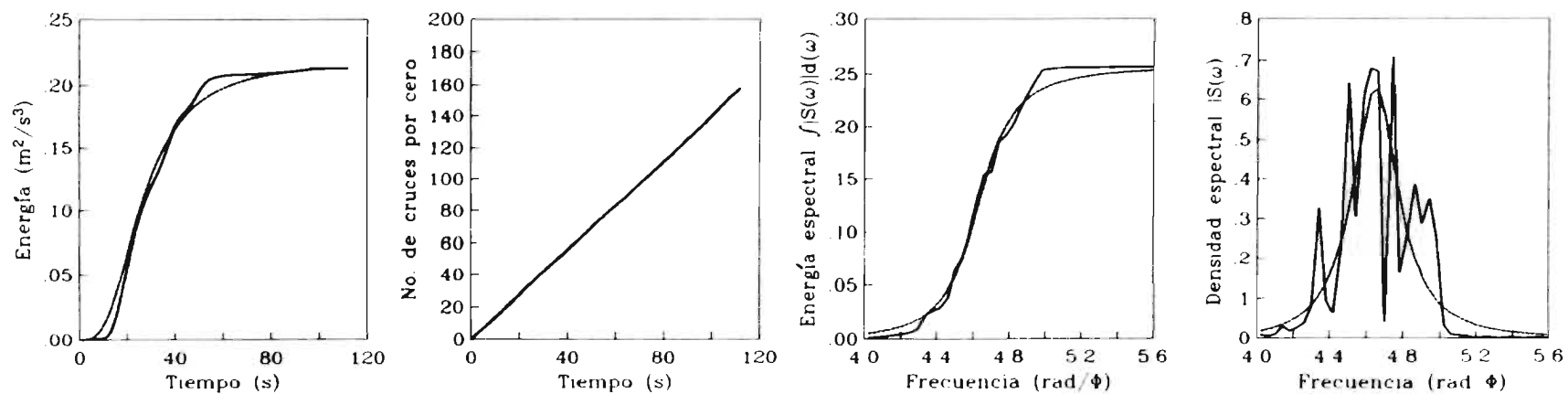


Banda de frecuencias (0.63 - 0.75 Hertz)

Figura 53.a.- Envolturas de intensidad y componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación 44, dirección norte-sur.



Banda de frecuencias (0.00 - 0.63 Hertz)



Banda de frecuencias (0.63 - 0.75 Hertz)

Figura 54.a. - Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación 44, dirección norte sur

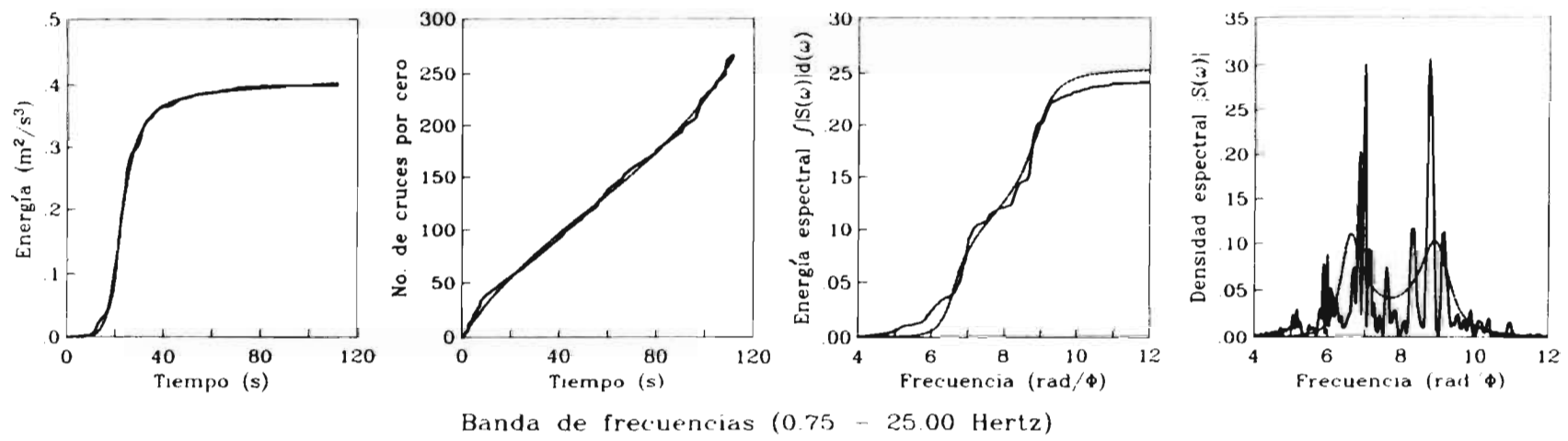
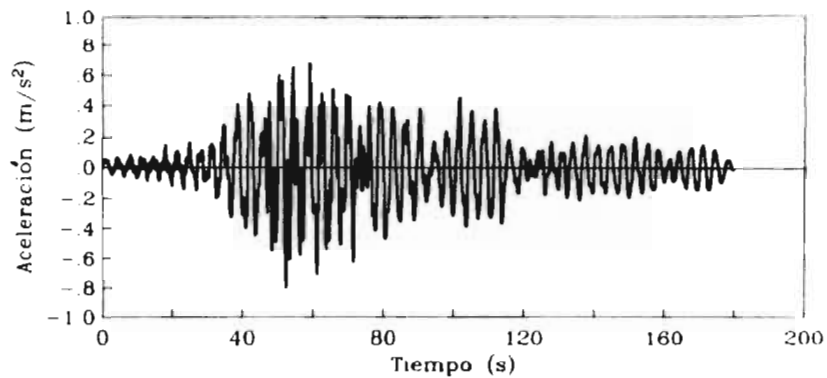
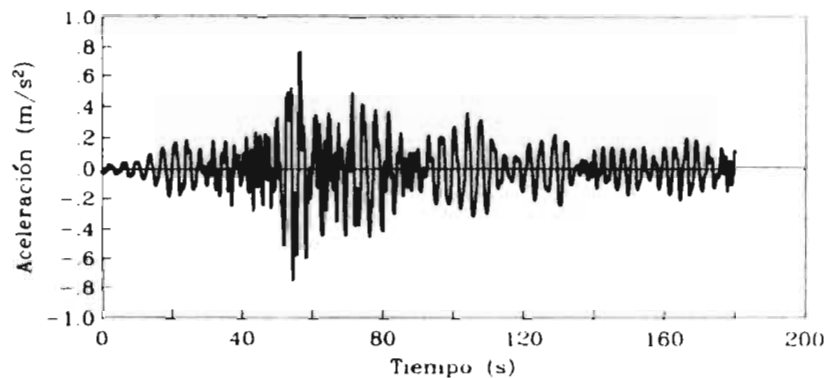


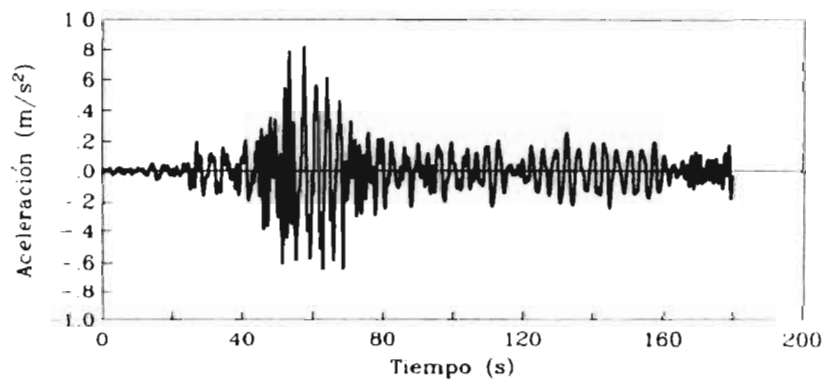
Figura 54.b.- Ajuste de funciones de modulación y filtro de componentes del acelerograma del 25 de abril de 1989 en estación 44, dirección norte-sur



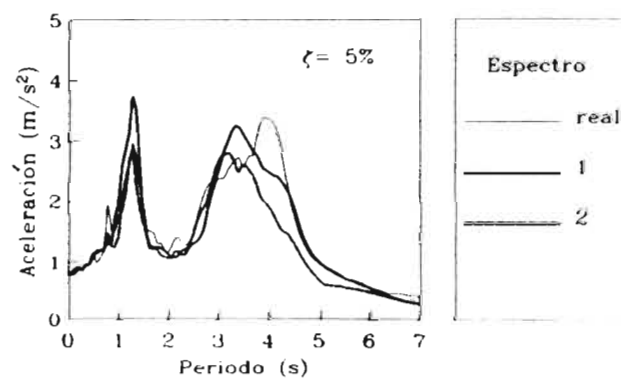
Accelerograma real



Accelerograma simulado 2

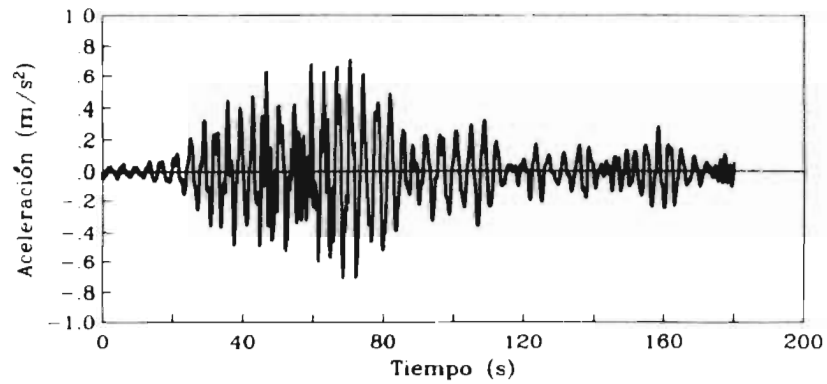


Accelerograma simulado 1

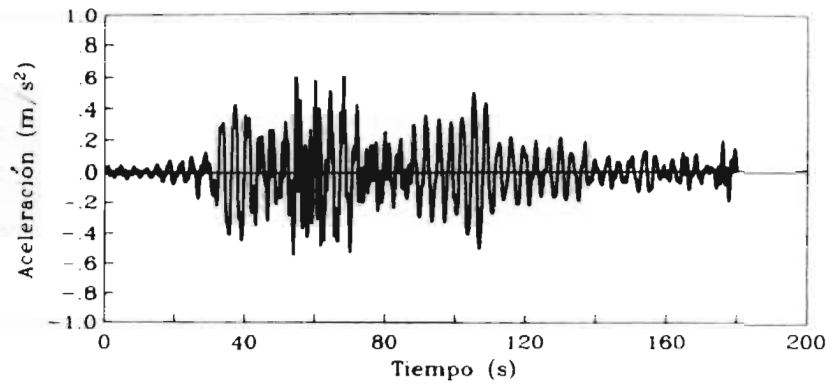


Espectros elásticos

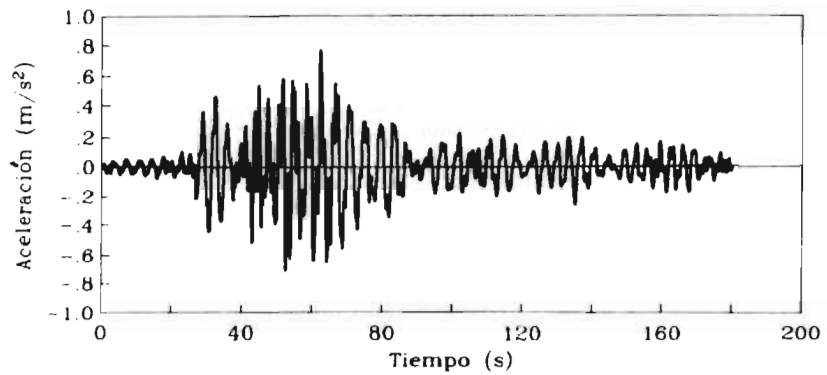
Figura 55.a.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección este-oeste.



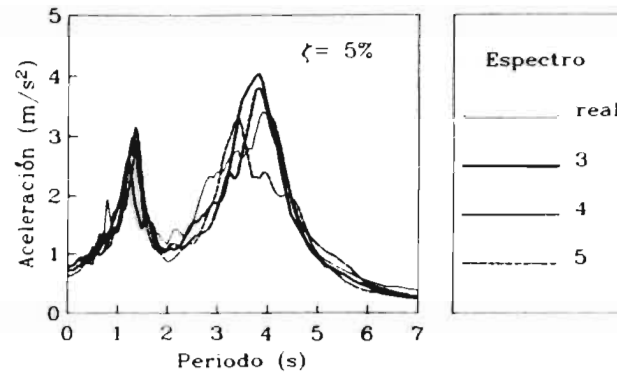
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

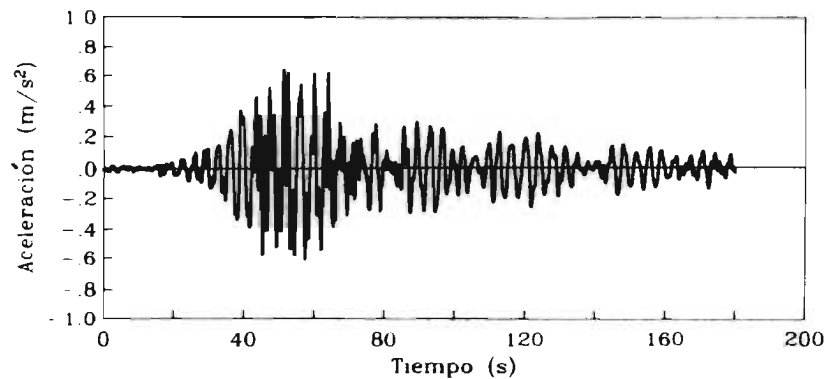


Acelerograma simulado 4

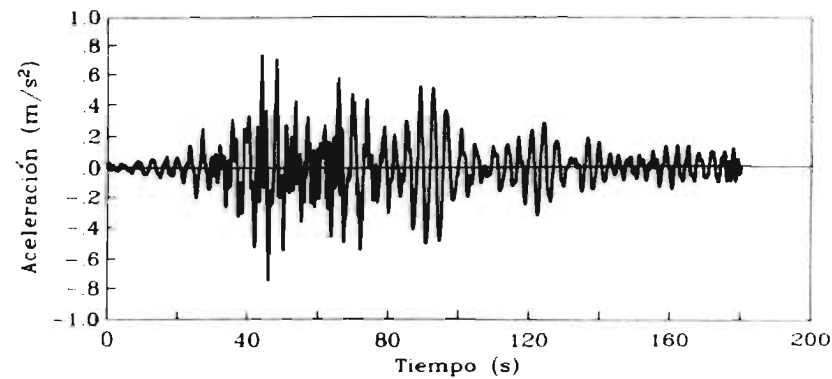


Espectros elásticos

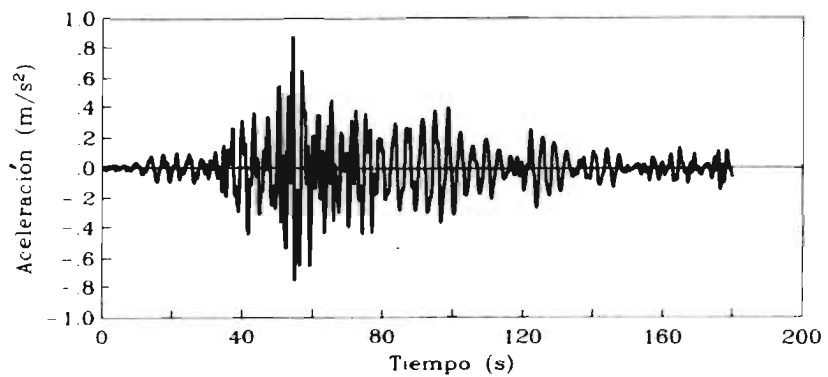
Figura 55.b - Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección este-oeste.



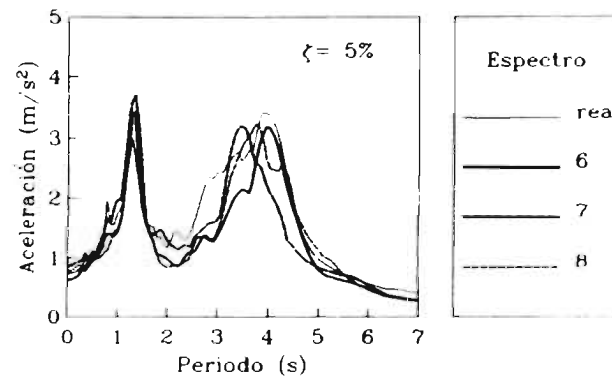
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

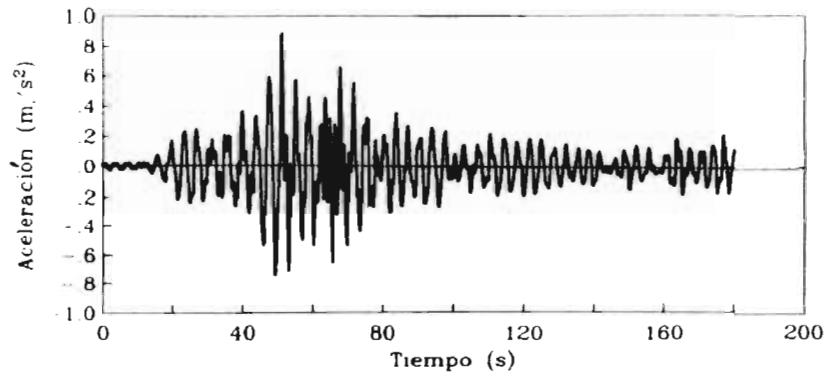


Acelerograma simulado 7

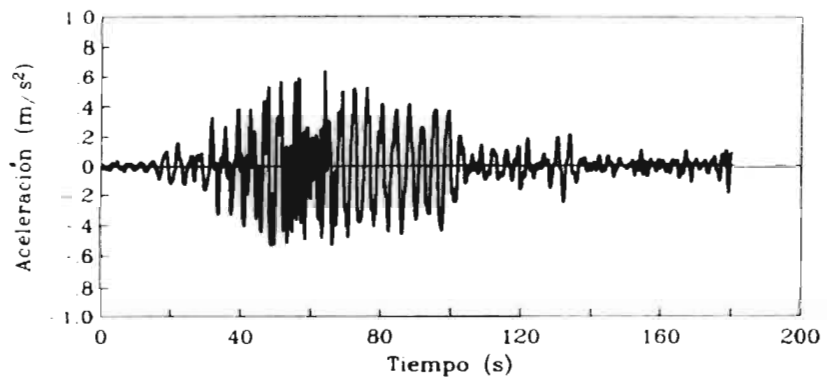


Espectros elásticos

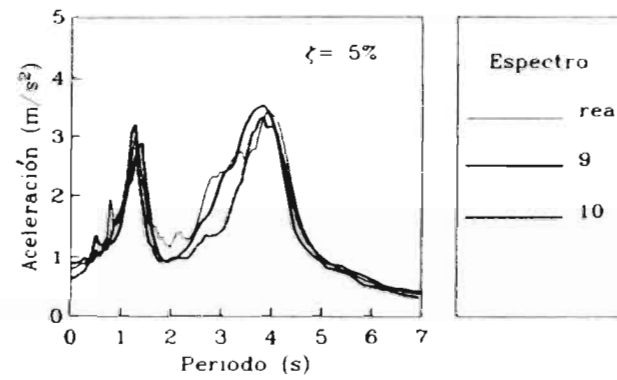
Figura 55.c.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección este-oeste.



Acelerograma simulado 9

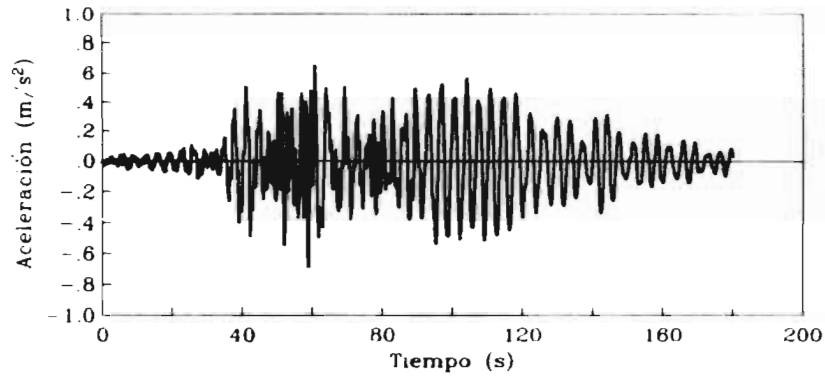


Acelerograma simulado 10

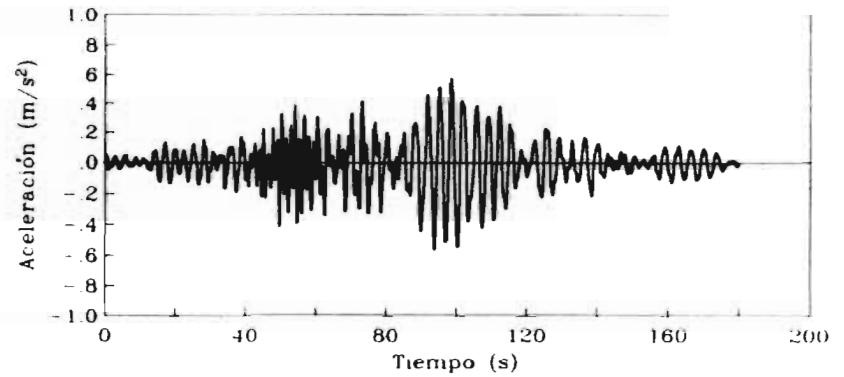


Espectros elásticos

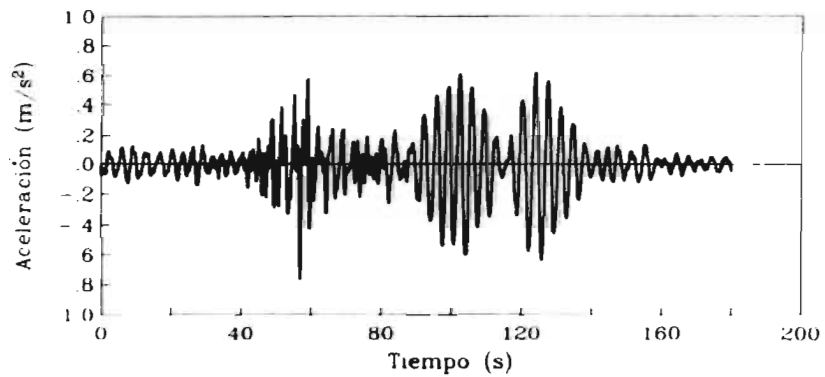
Figura 55.d.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección este-oeste.



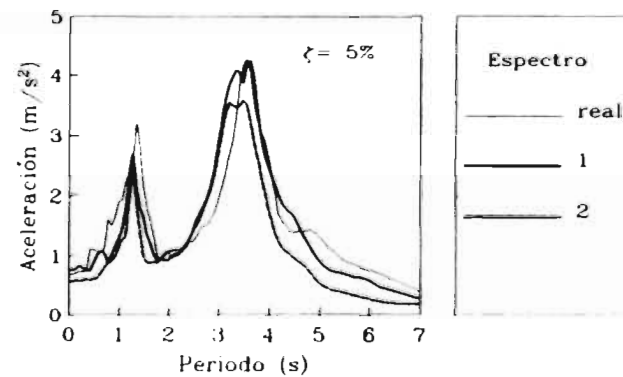
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

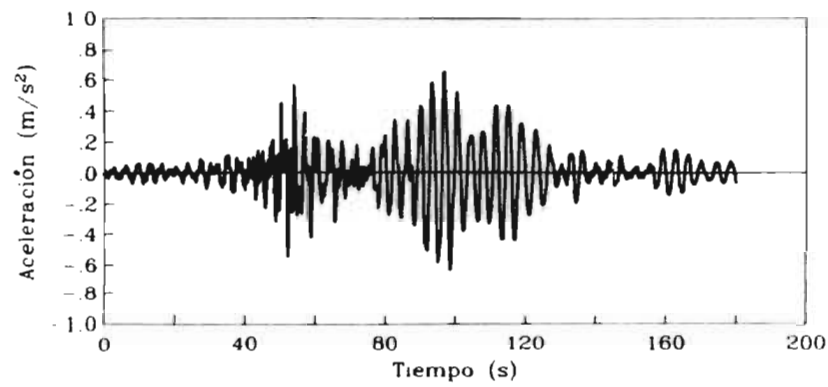


Acelerograma simulado 1

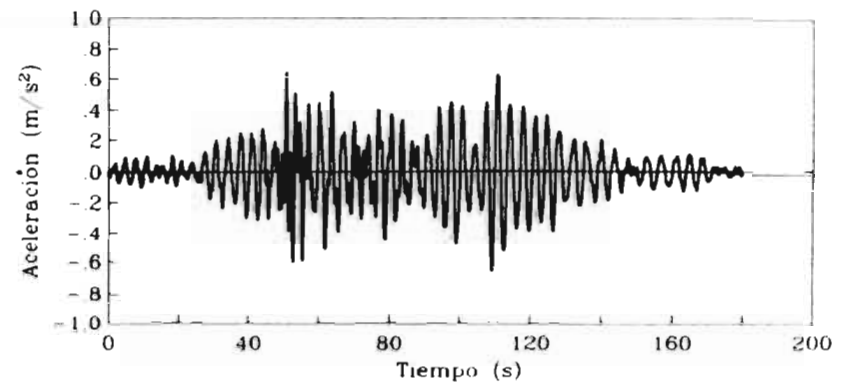


Espectros elásticos

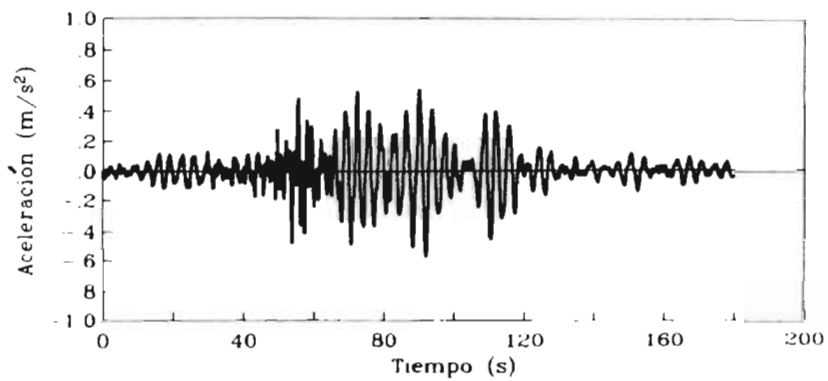
Figura 56.a.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.



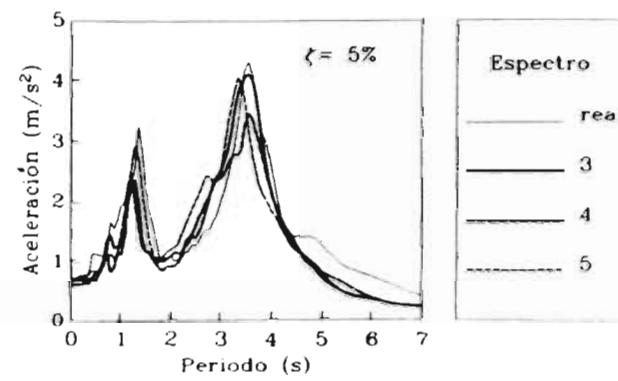
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

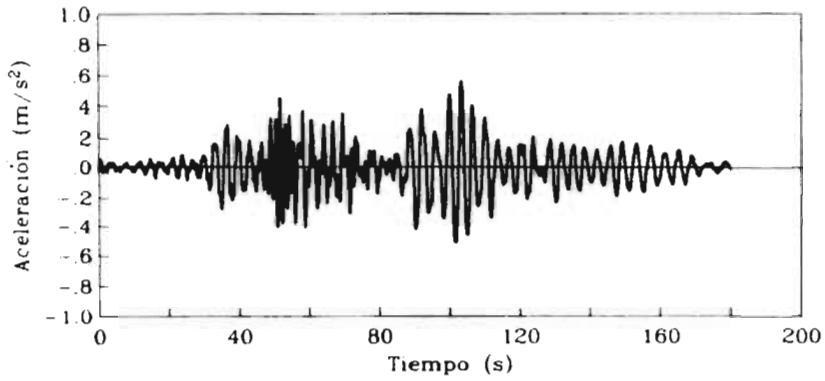


Acelerograma simulado 4

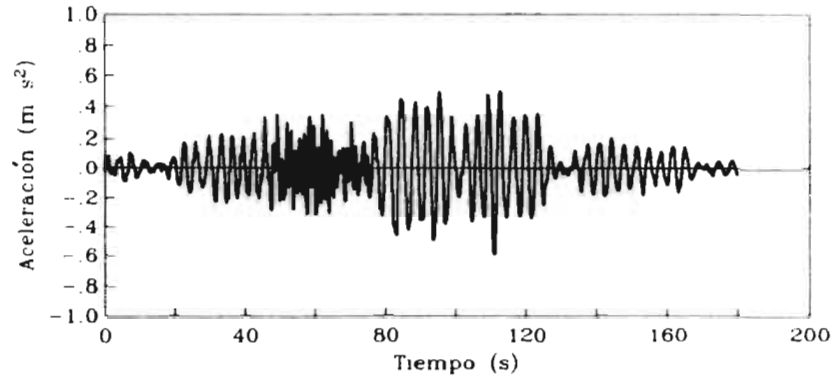


Espectros elásticos

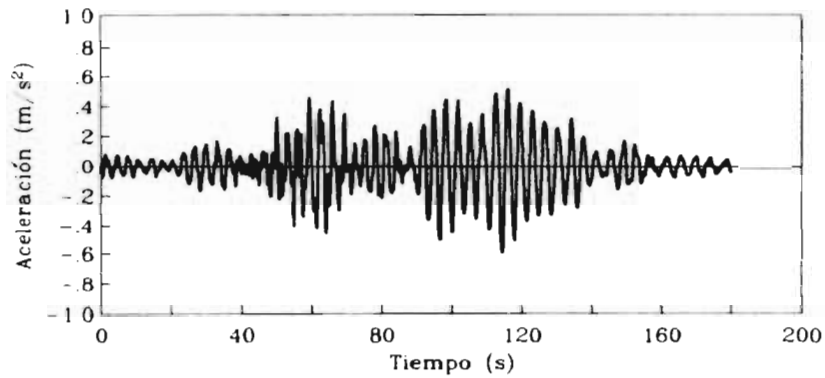
Figura 56.b.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.



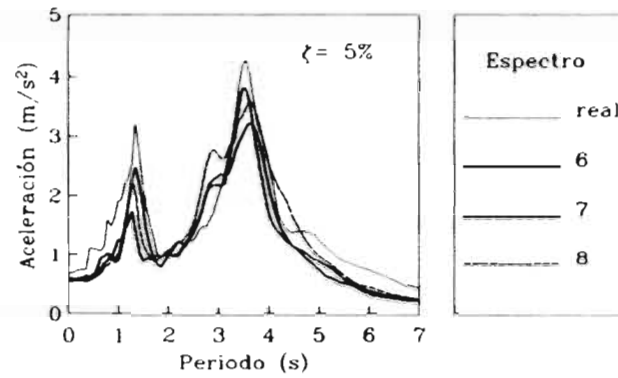
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8



Acelerograma simulado 7



Espectros elásticos

Figura 56 c. - Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.

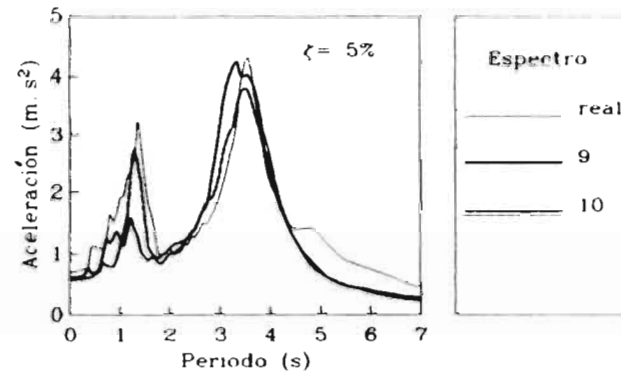
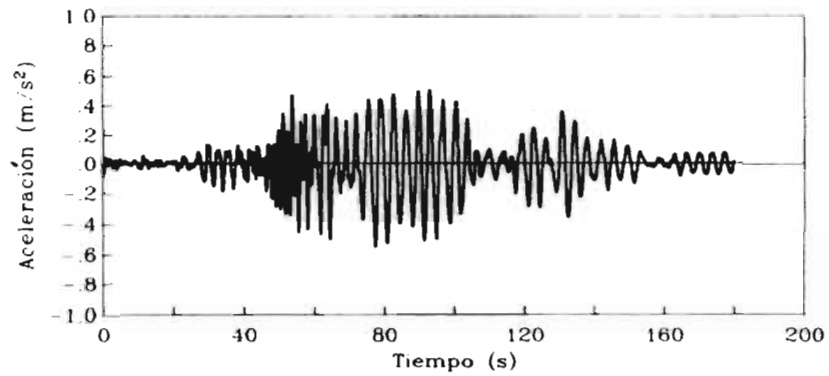
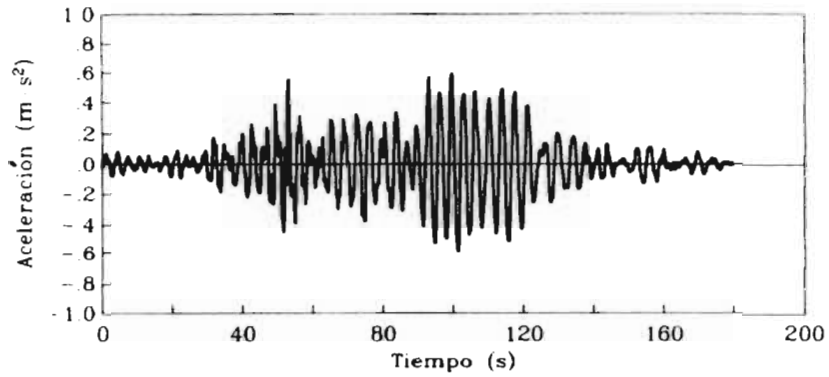
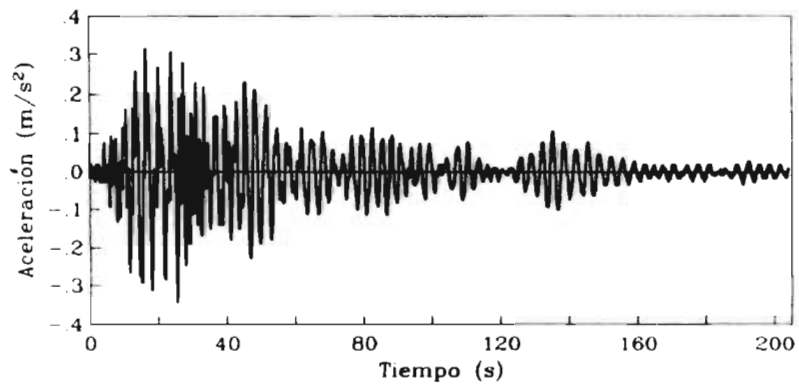
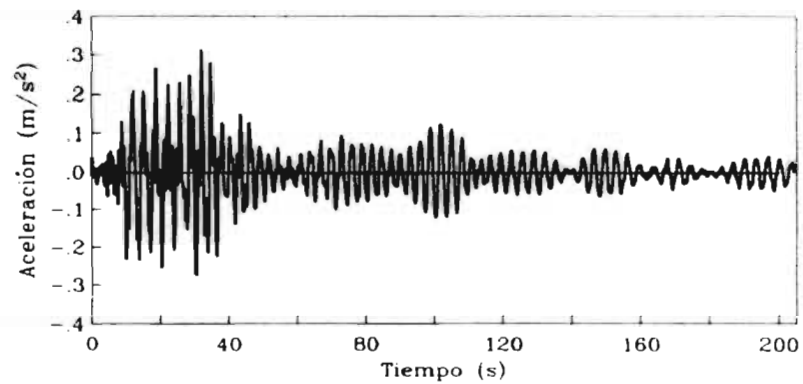


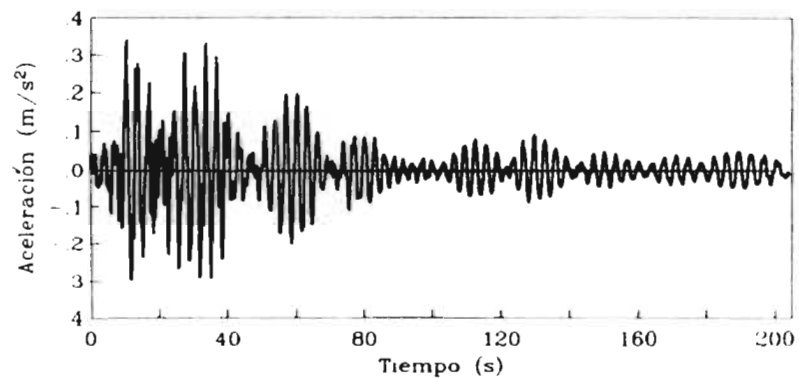
Figura 56.d.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.



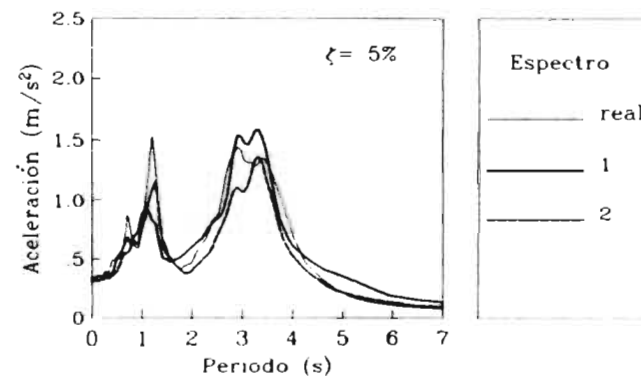
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

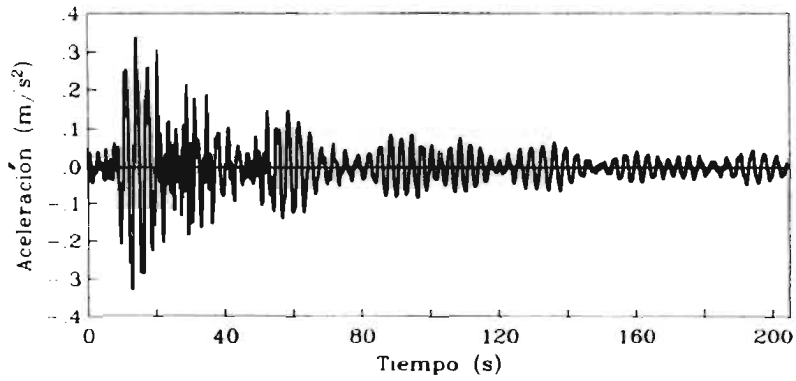


Acelerograma simulado 1

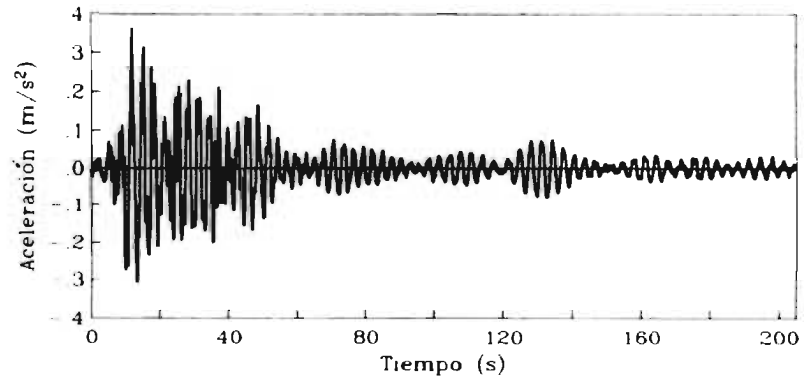


Espectros elásticos

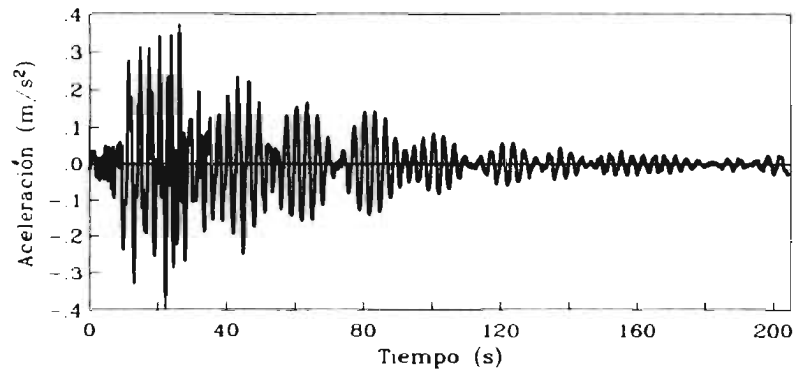
Figura 57 a.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección este-oeste



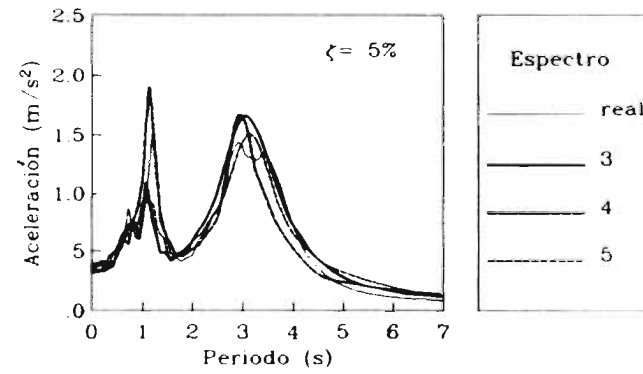
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

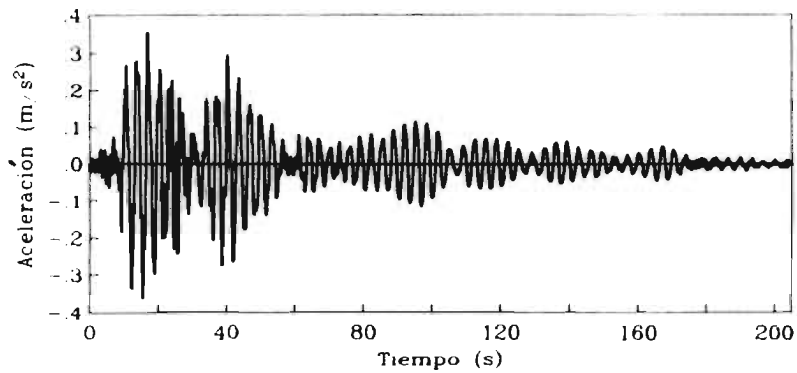


Acelerograma simulado 4

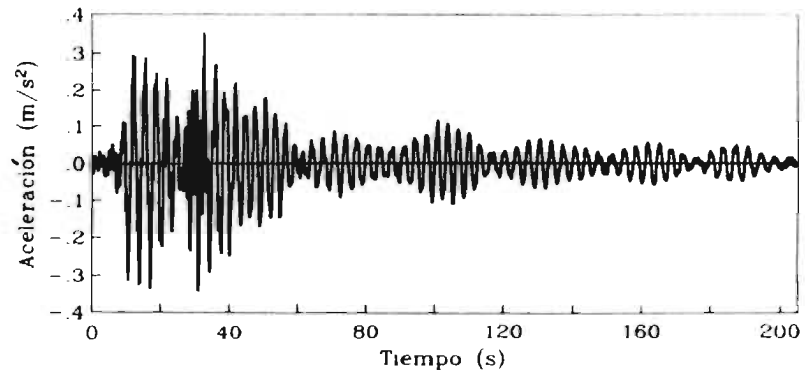


Espectros elásticos

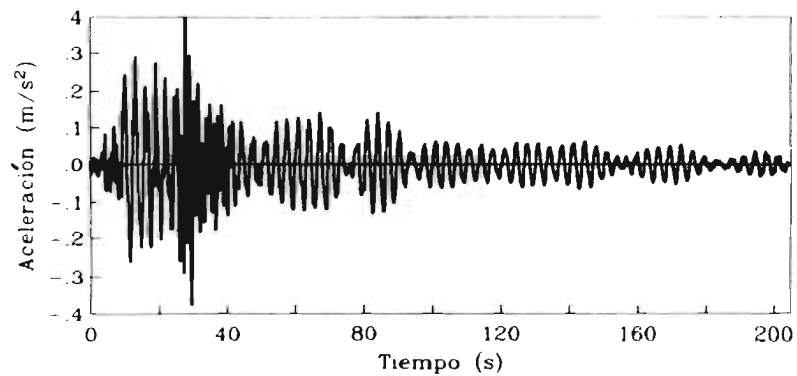
Figura 57.b.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección este-oeste.



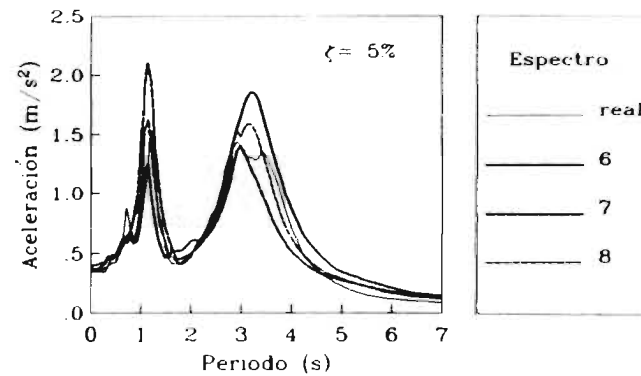
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

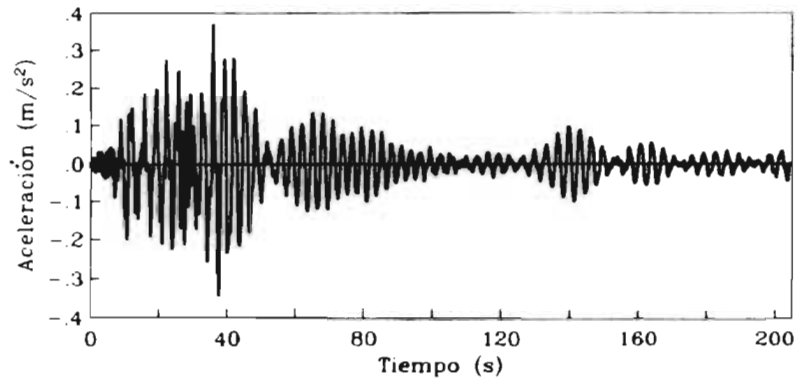


Acelerograma simulado 7

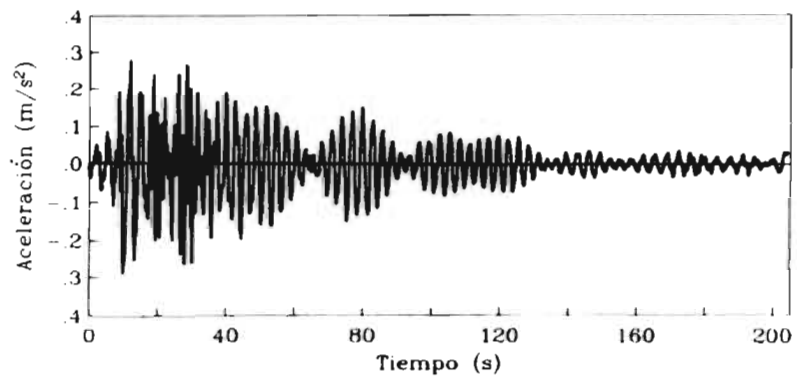


Espectros elásticos

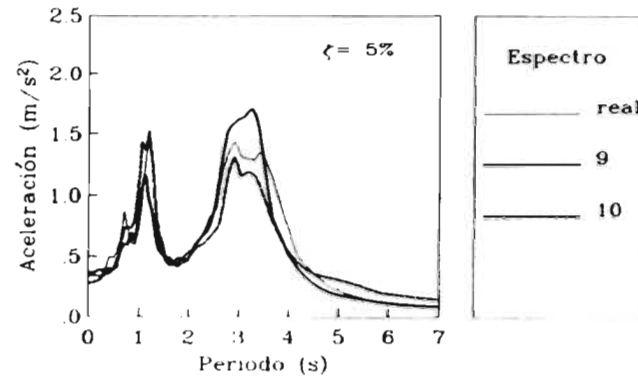
Figura 57.c.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección este-oeste.



Acelerograma simulado 9

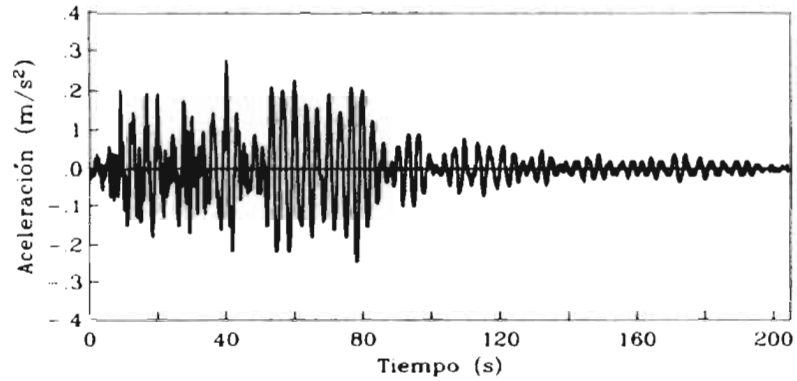


Acelerograma simulado 10

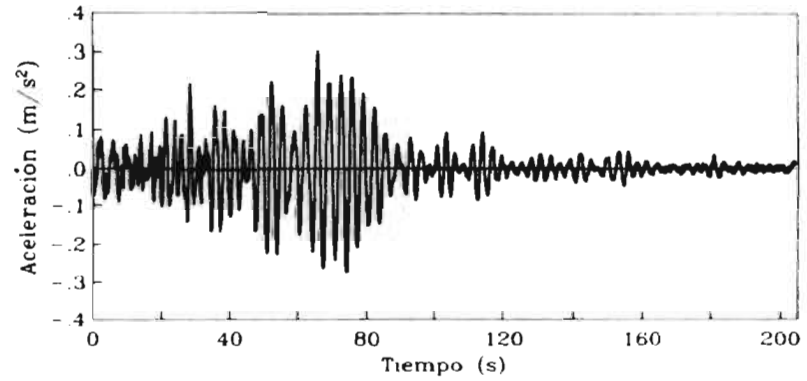


Espectros elásticos

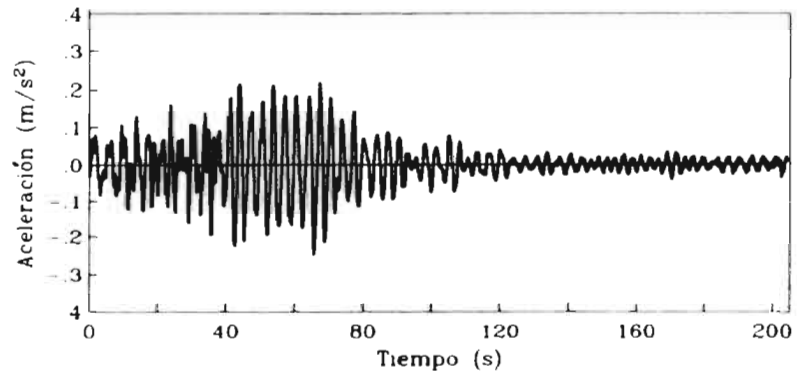
Figura 57.d.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección este-oeste.



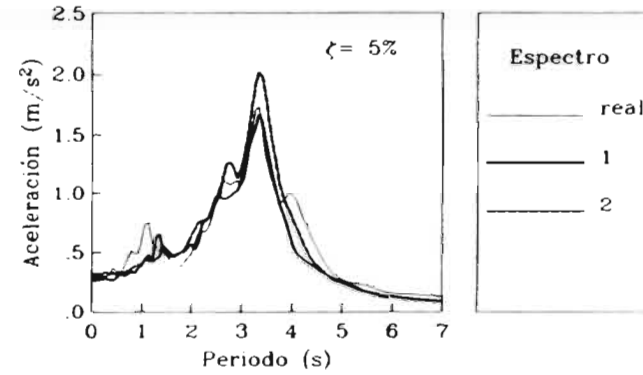
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

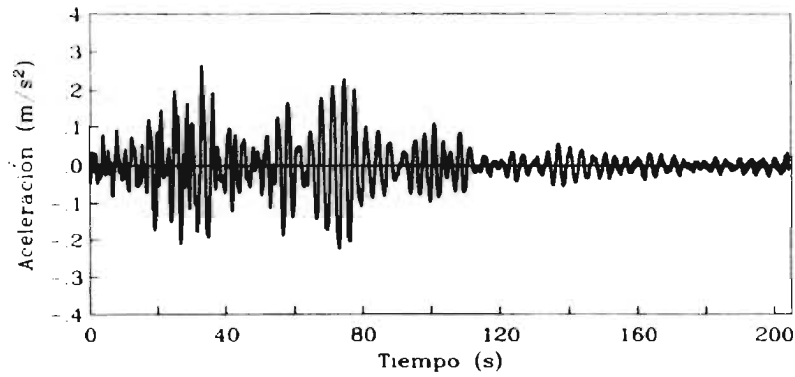


Acelerograma simulado 1

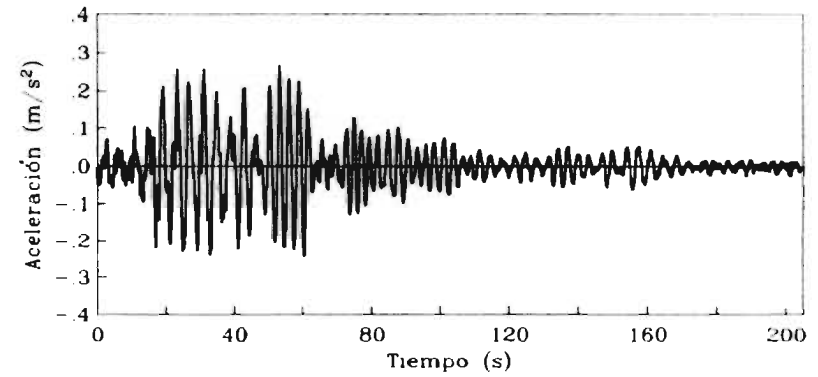


Espectros elásticos

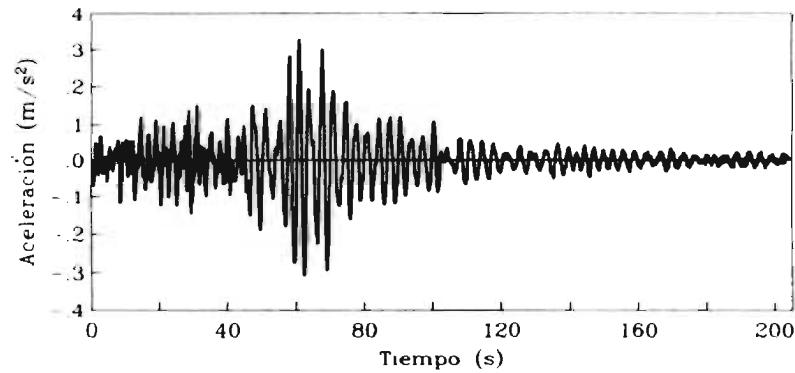
Figura 58.a.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección norte-sur



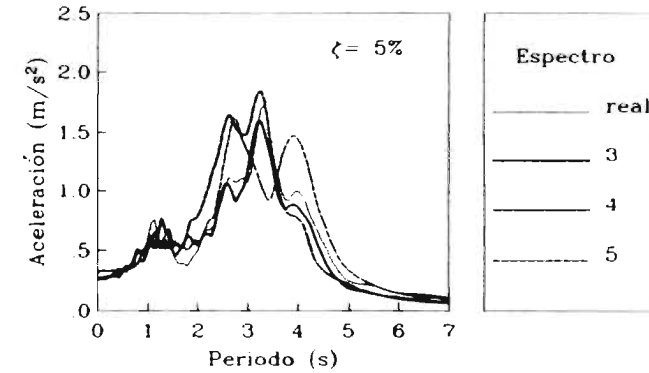
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

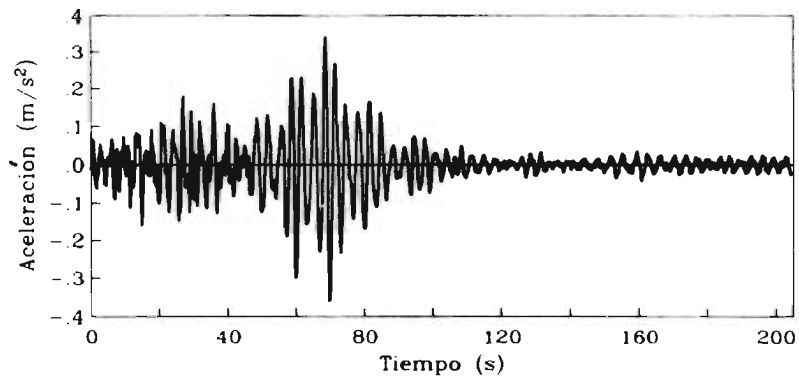


Acelerograma simulado 4

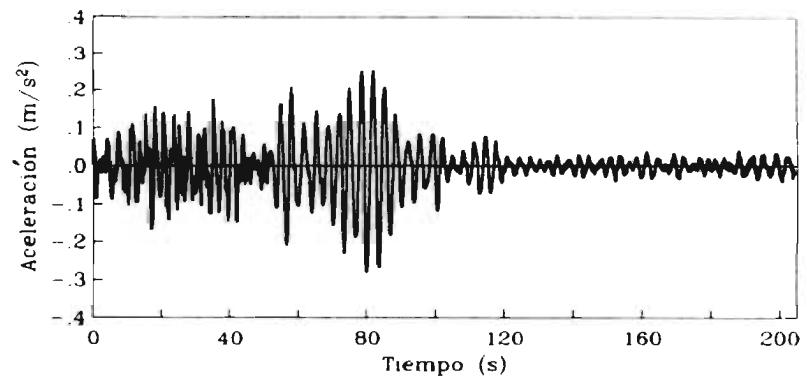


Espectros elásticos

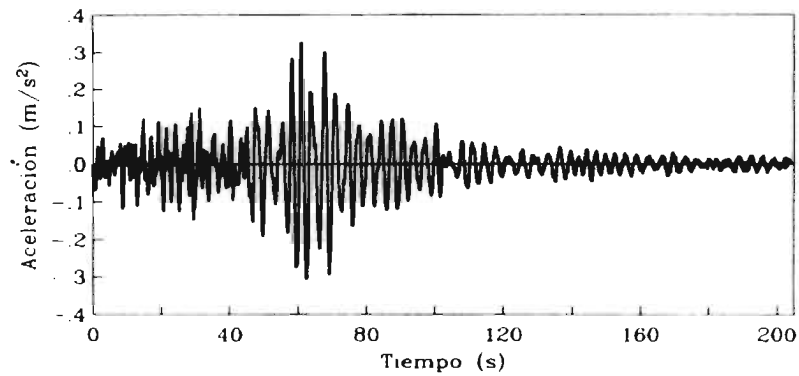
Figura 58.b.— Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.



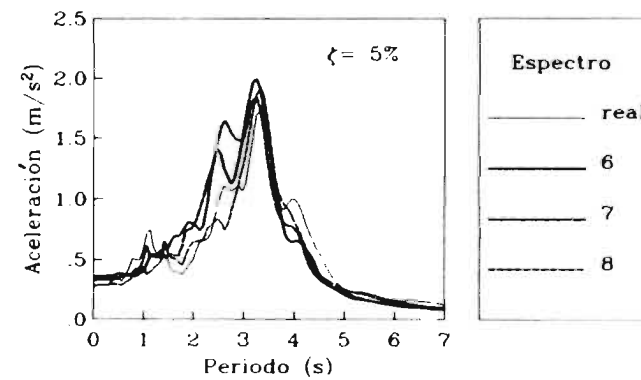
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

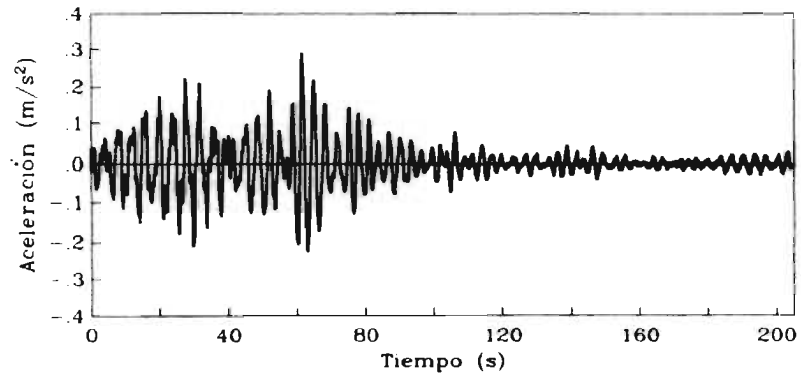


Acelerograma simulado 7

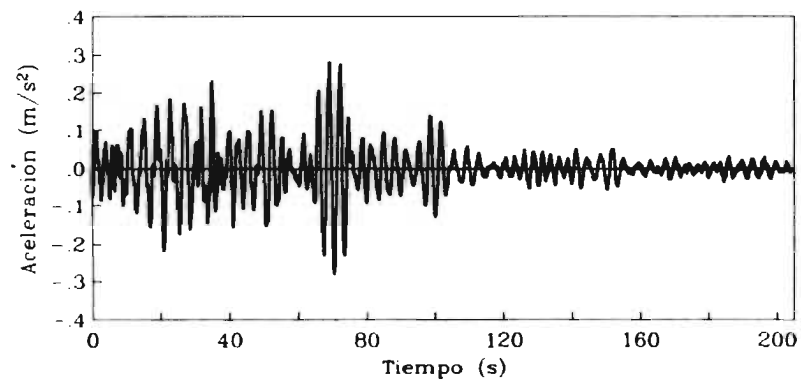


Espectros elásticos

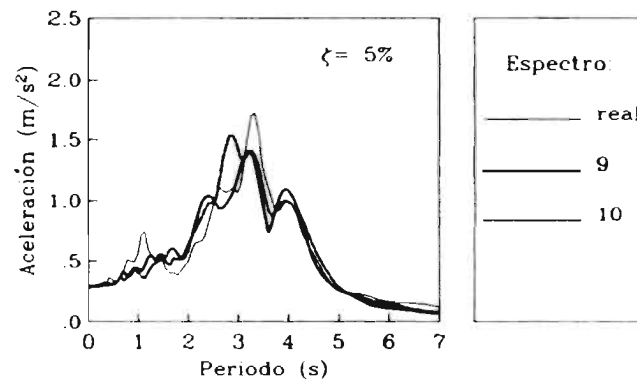
Figura 58.c.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.



Acelerograma simulado 9

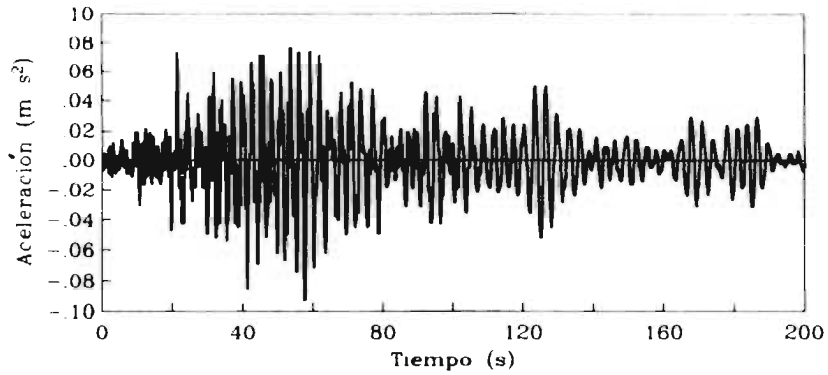


Acelerograma simulado 10

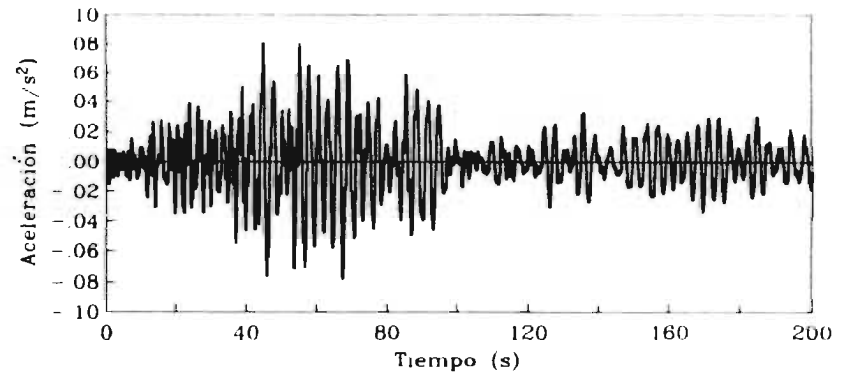


Espectros elásticos

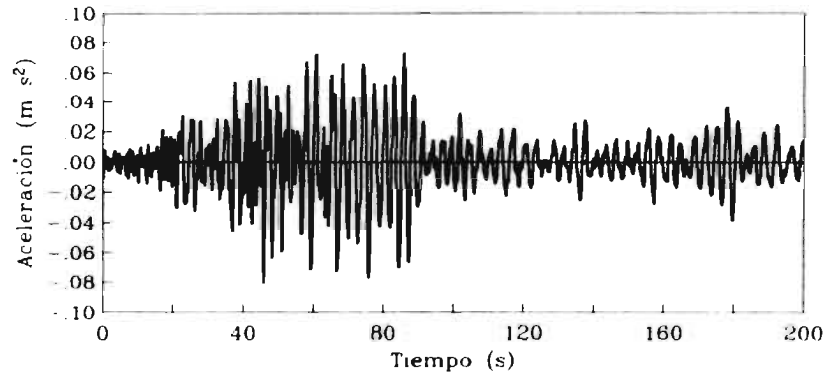
Figura 58.d.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.



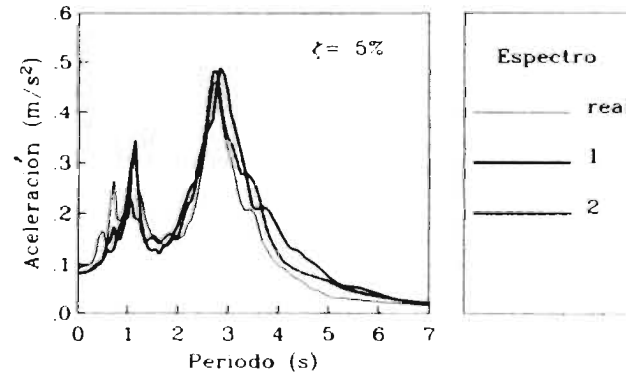
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

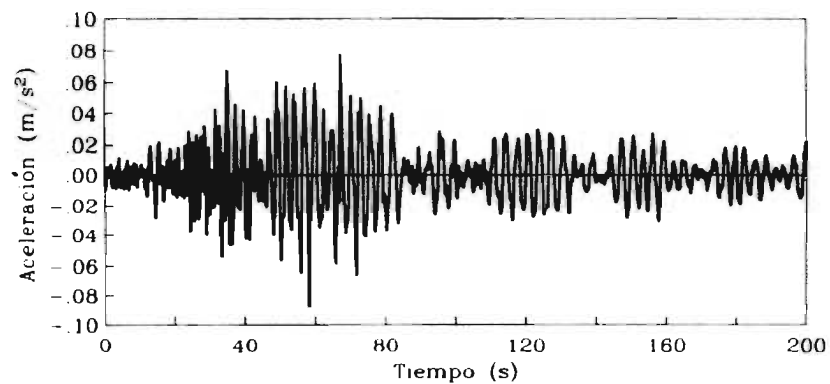


Acelerograma simulado 1

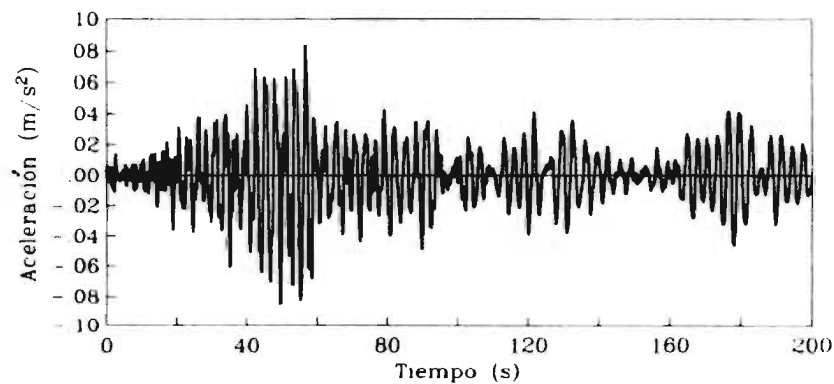


Espectros elásticos

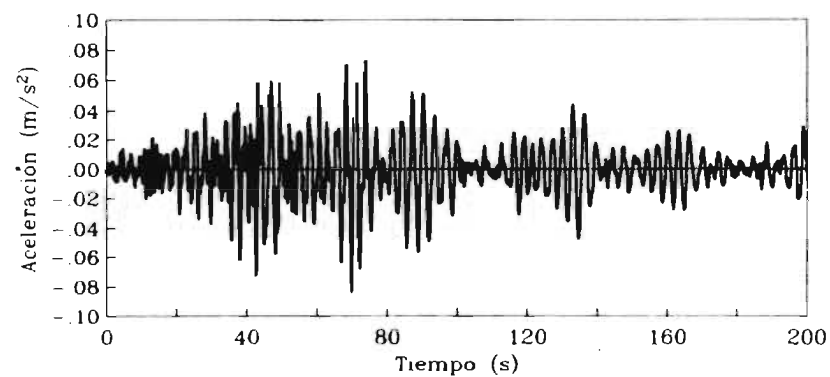
Figura 59.a.- Registros simulados del sismo del 24 de octubre de 1993 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección este-oeste.



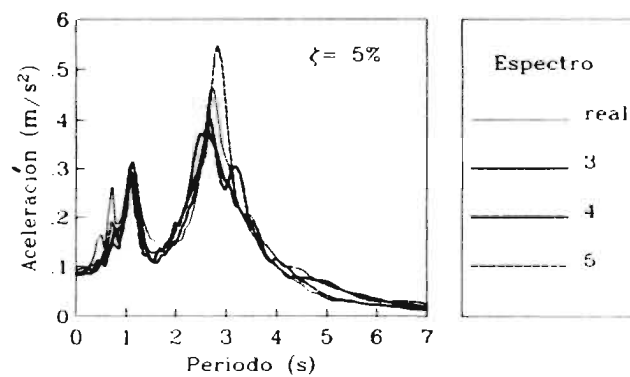
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

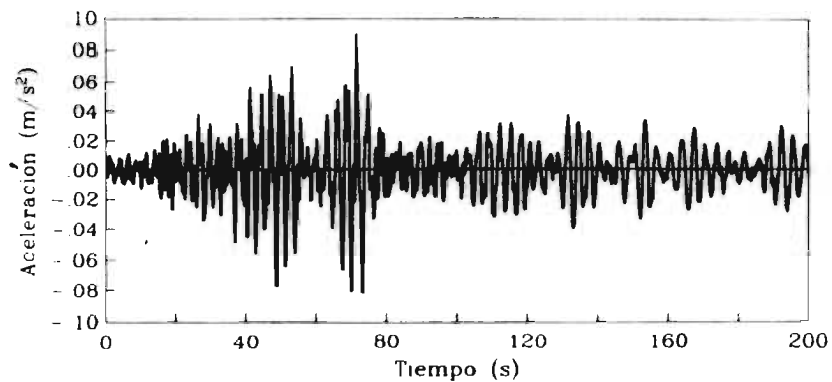


Acelerograma simulado 4

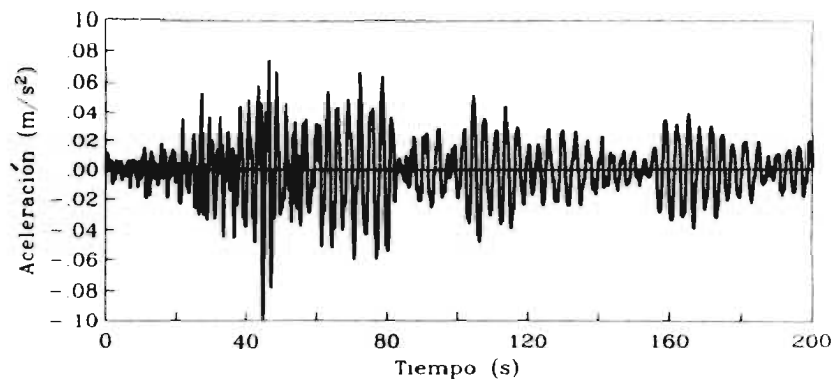


Espectros elásticos

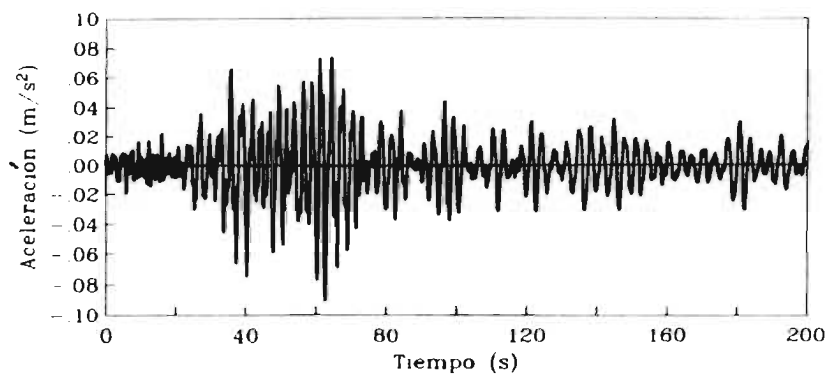
Figura 59.b.- Registros simulados del sismo del 24 de octubre de 1993 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección este-oeste



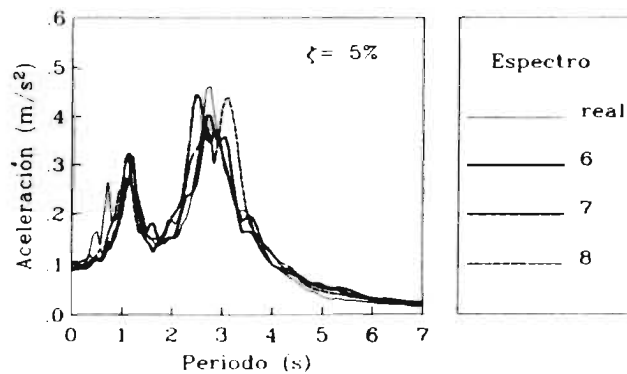
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

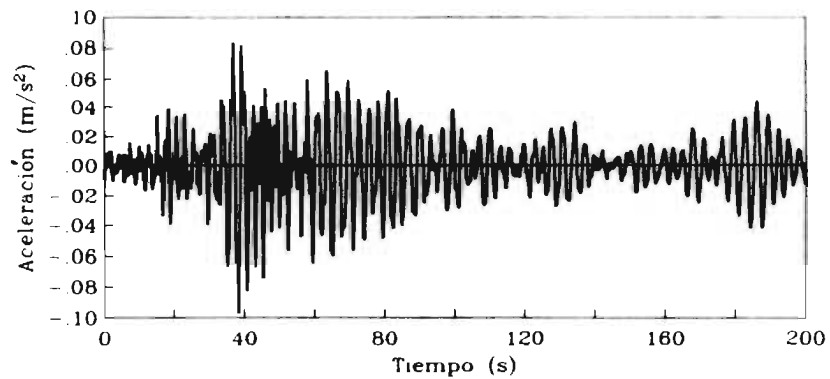


Acelerograma simulado 7

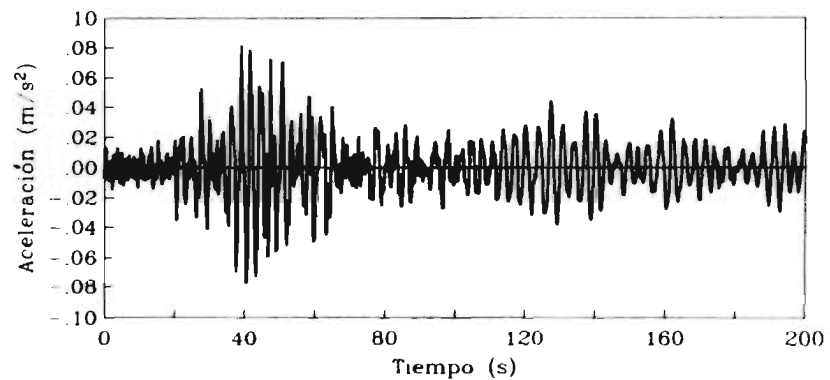


Espectros elásticos

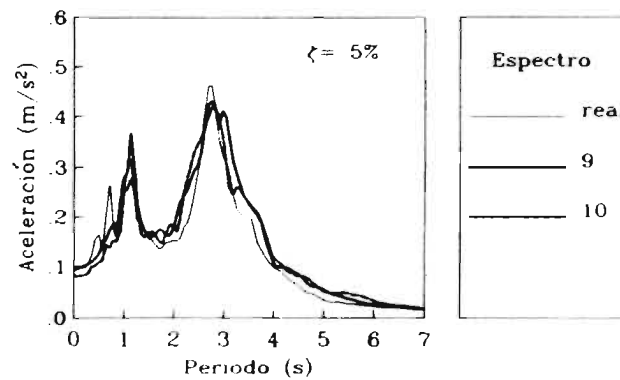
Figura 59 c.- Registros simulados del sismo del 24 de octubre de 1993 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección este-oeste.



Acelerograma simulado 9

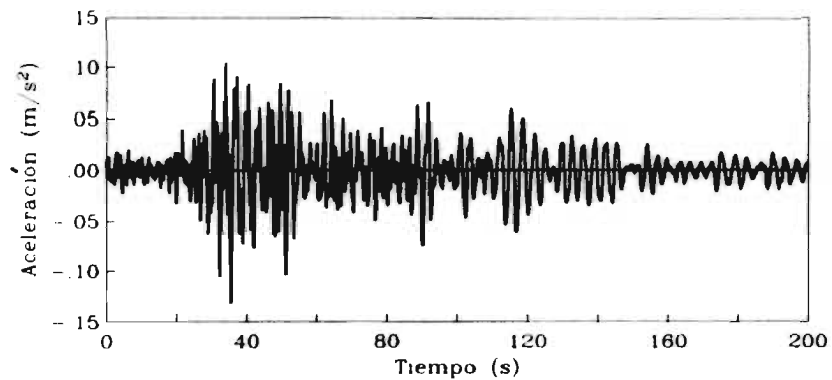


Acelerograma simulado 10

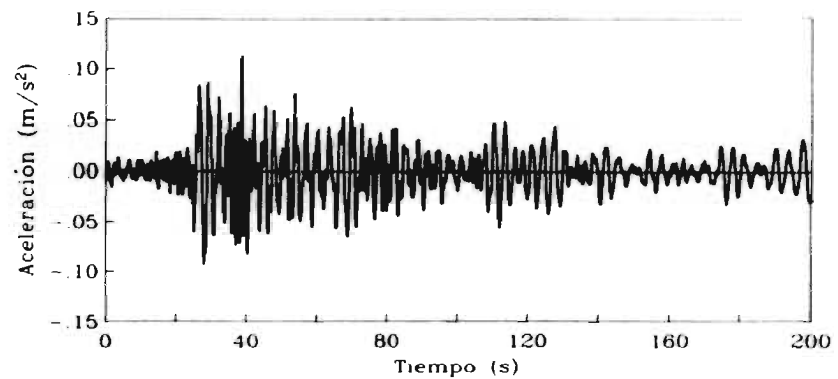


Espectros elásticos

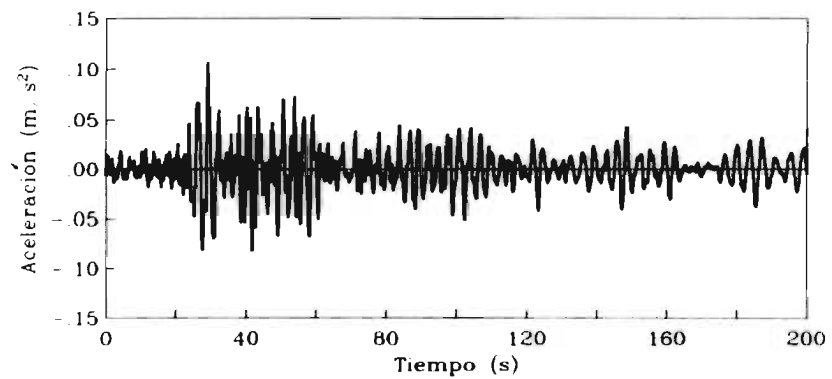
Figura 59.d: Registros simulados del sismo del 24 de octubre de 1993 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección este-oeste.



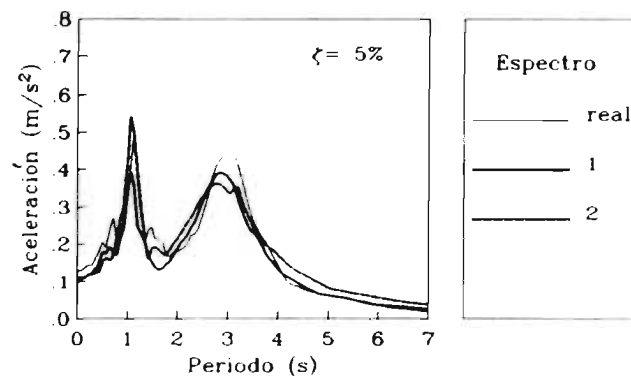
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

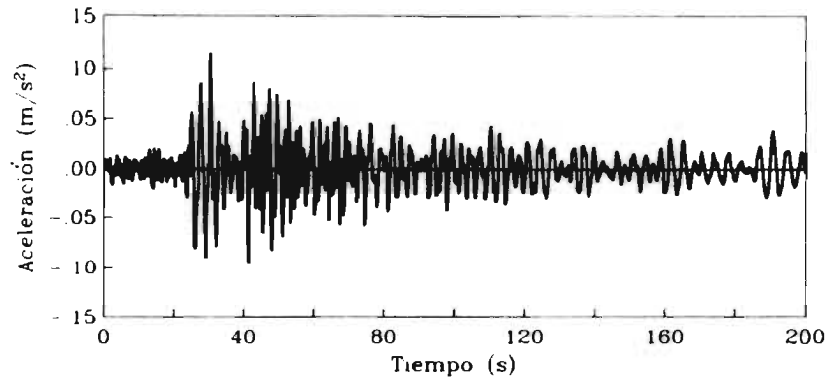


Acelerograma simulado 1

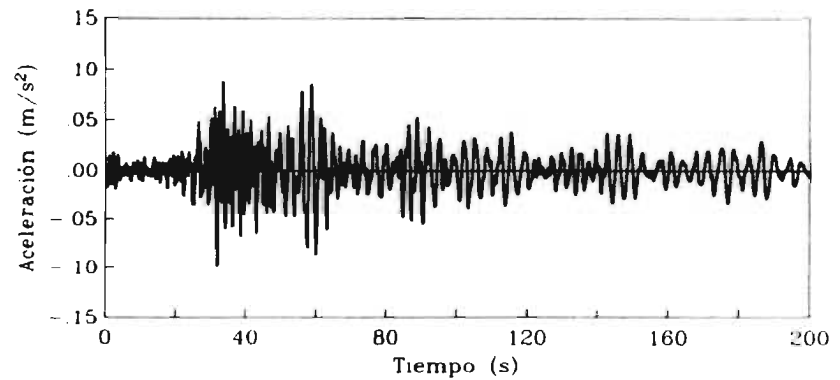


Espectros elásticos

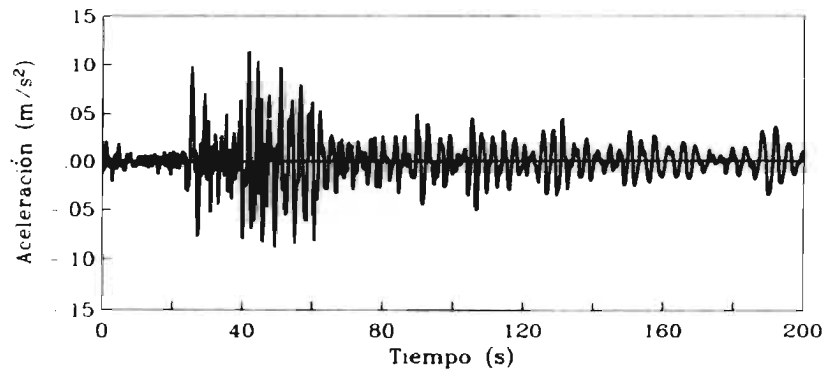
Figura 60.a.- Registros simulados del sismo del 24 de octubre de 1993 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección norte sur.



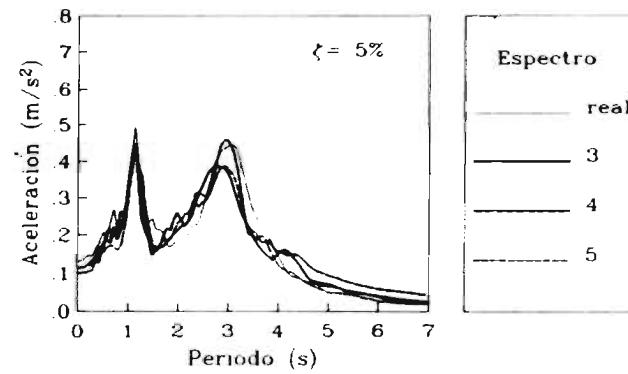
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

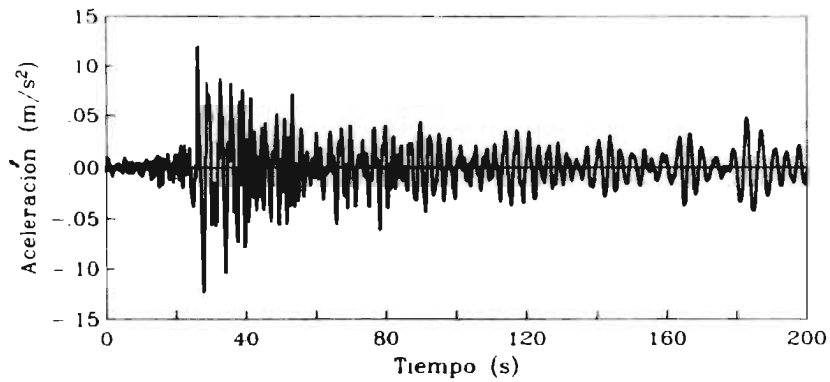


Acelerograma simulado 4

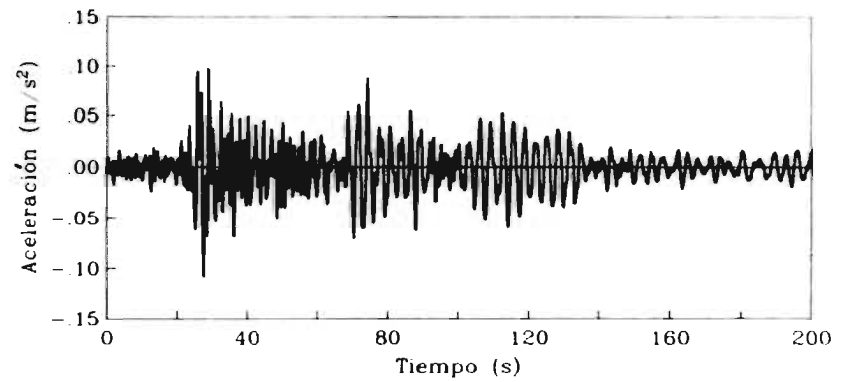


Espectros elásticos

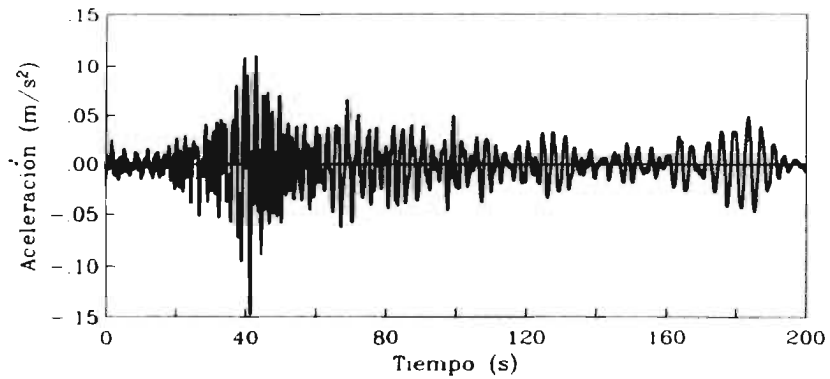
Figura 60 b.- Registros simulados del sismo del 24 de octubre de 1993 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.



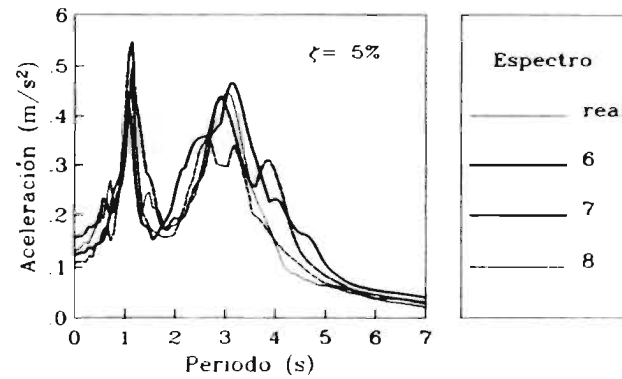
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

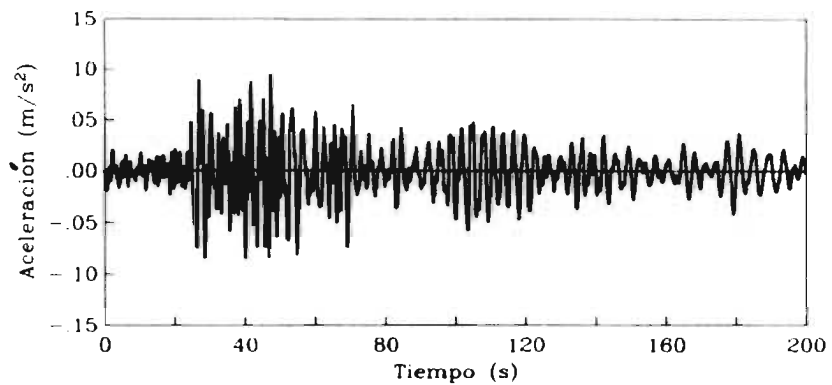


Acelerograma simulado 7

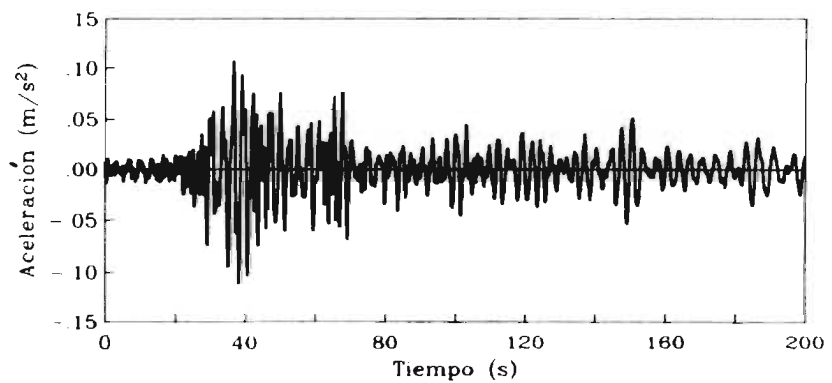


Espectros elásticos

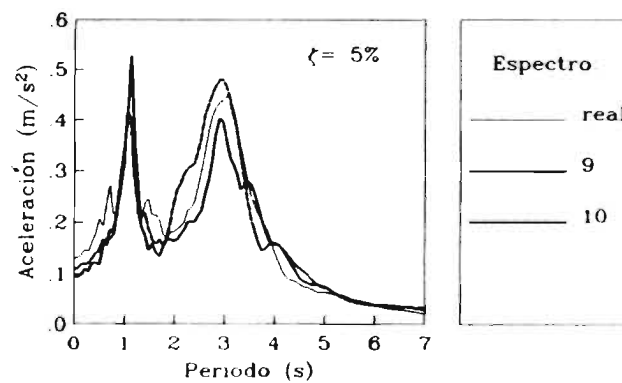
Figura 60.c.- Registros simulados del sismo del 24 de octubre de 1993 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.



Acelerograma simulado 9

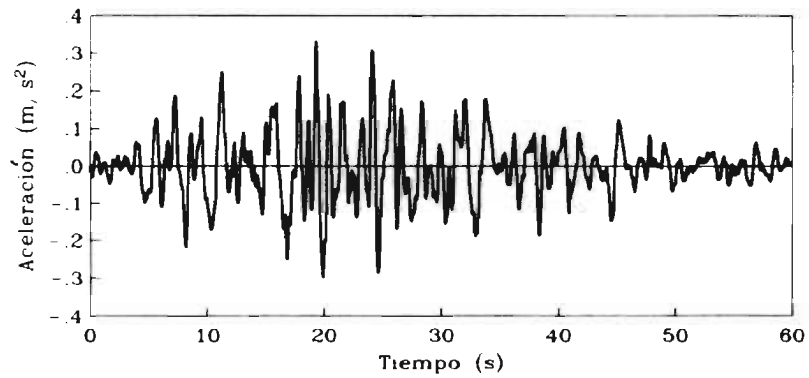


Acelerograma simulado 10

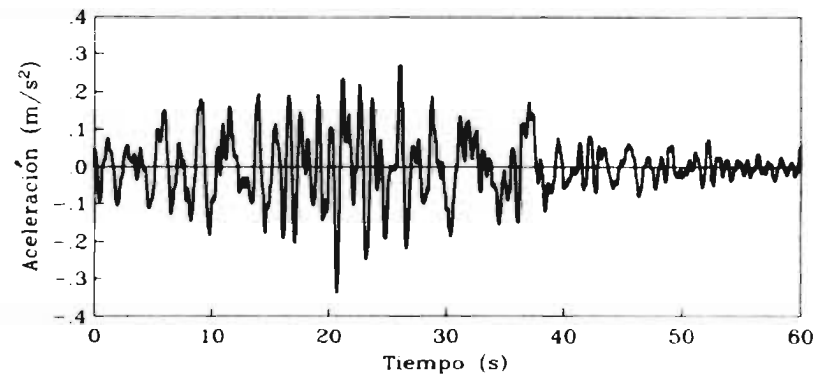


Espectros elásticos

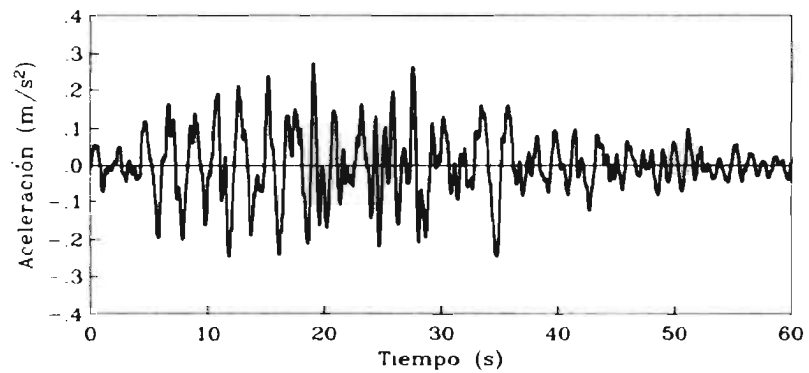
Figura 60.d.- Registros simulados del sismo del 24 de octubre de 1993 y sus espectros de respuesta lineal en estación Central de Abastos, dirección norte-sur.



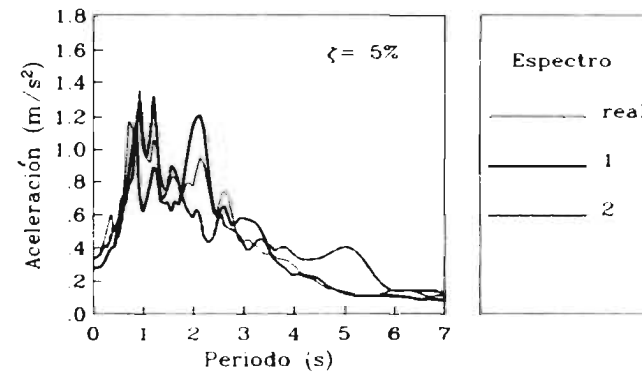
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

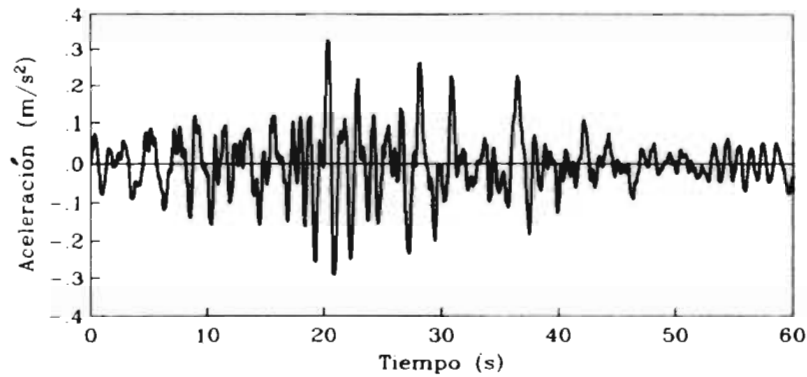


Acelerograma simulado 1

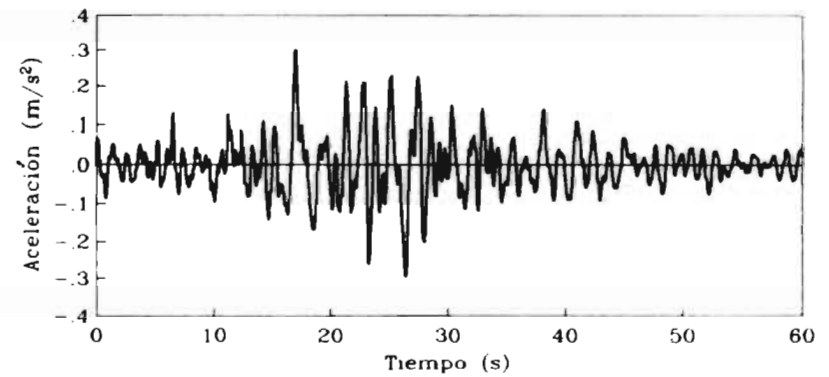


Espectros elásticos

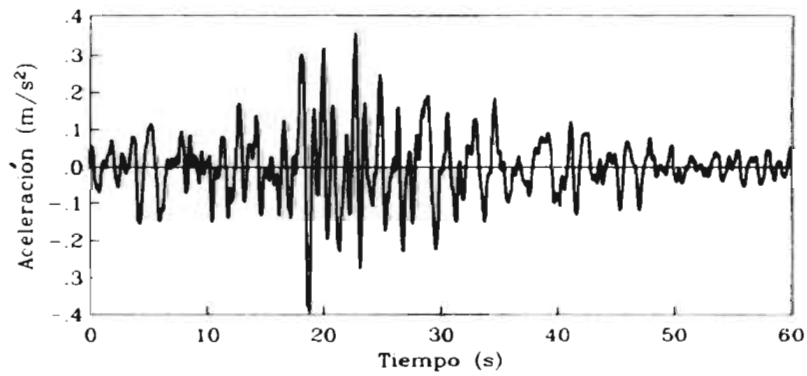
Figura 61.a.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación CU, dirección este-oeste



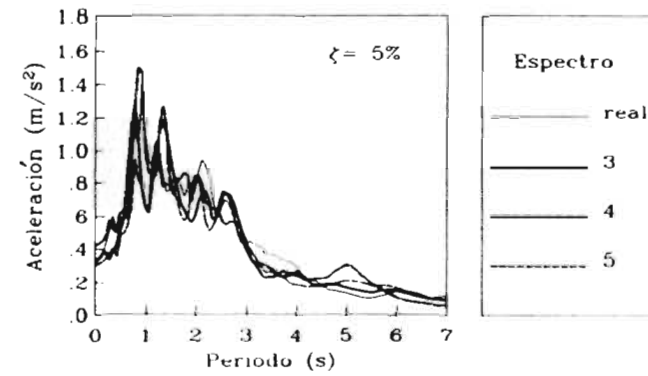
Accelerograma simulado 3



Accelerograma simulado 5

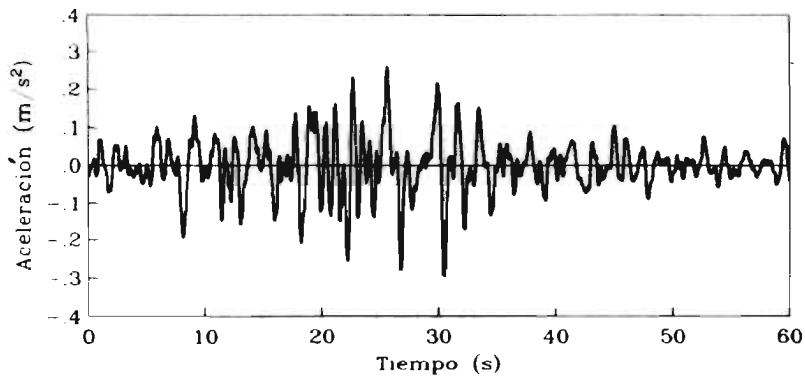


Accelerograma simulado 4

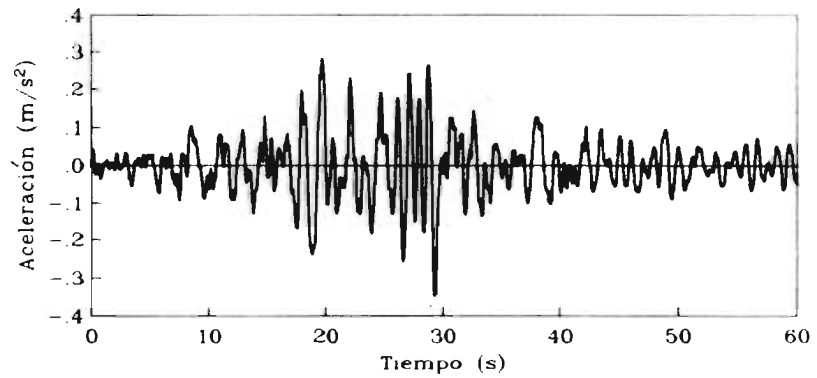


Espectros elásticos

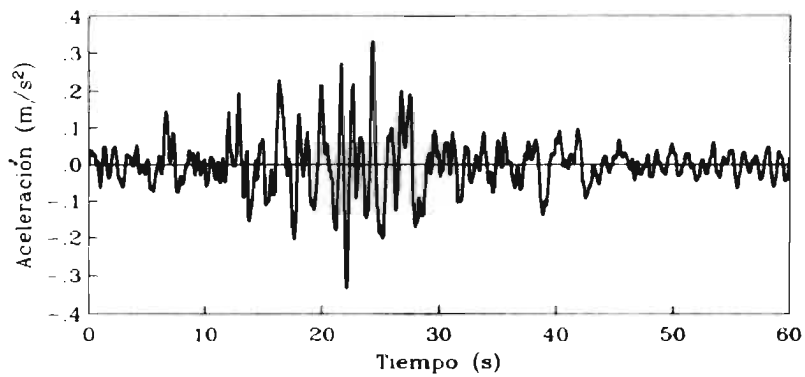
Figura 61.b.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación CU, dirección este-oeste



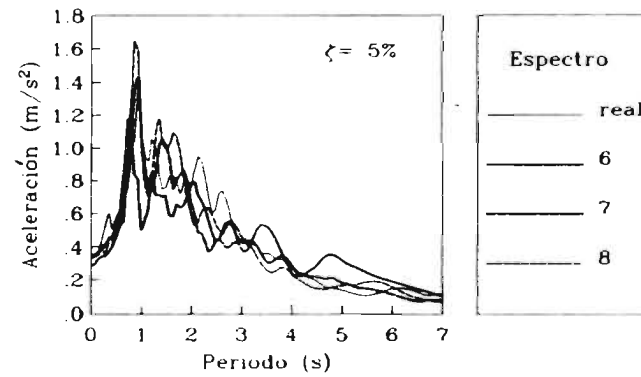
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

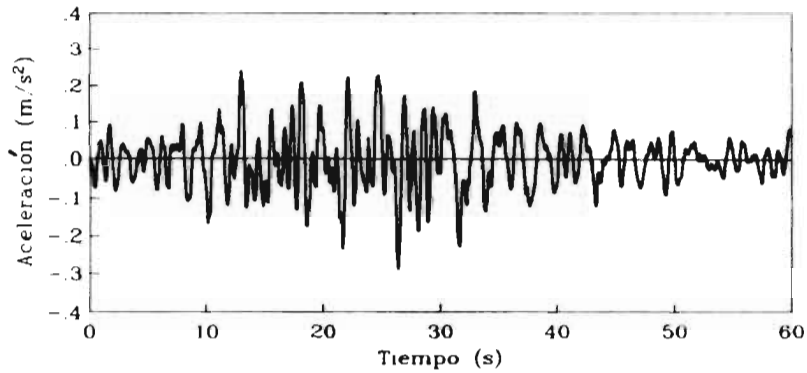


Acelerograma simulado 7

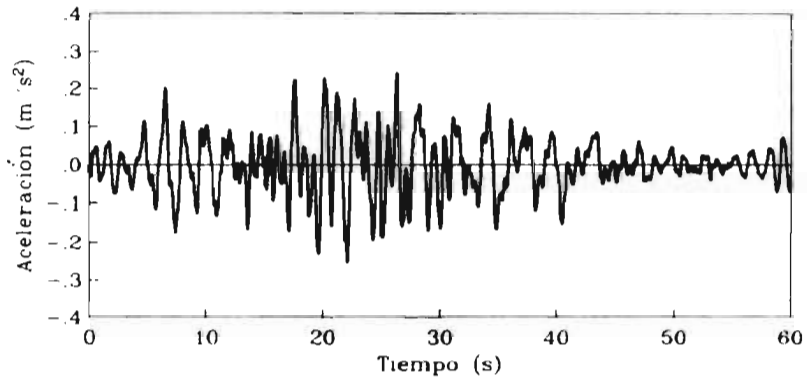


Espectros elásticos

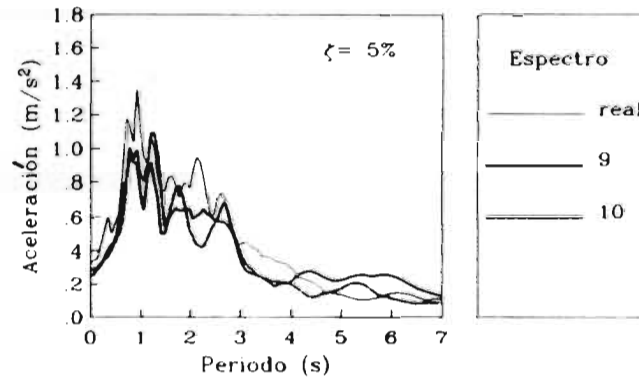
Figura 61.c.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación CU, dirección este oeste



Acelerograma simulado 9

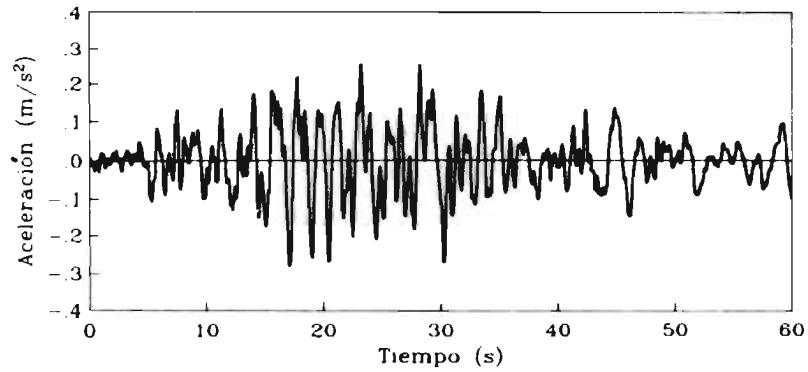


Acelerograma simulado 10

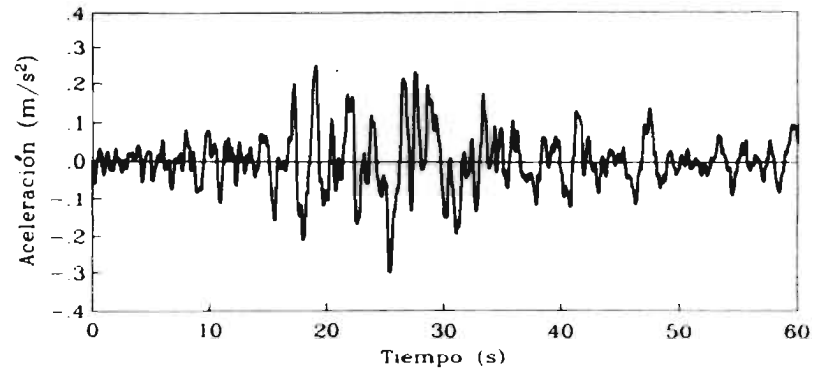


Espectros elásticos

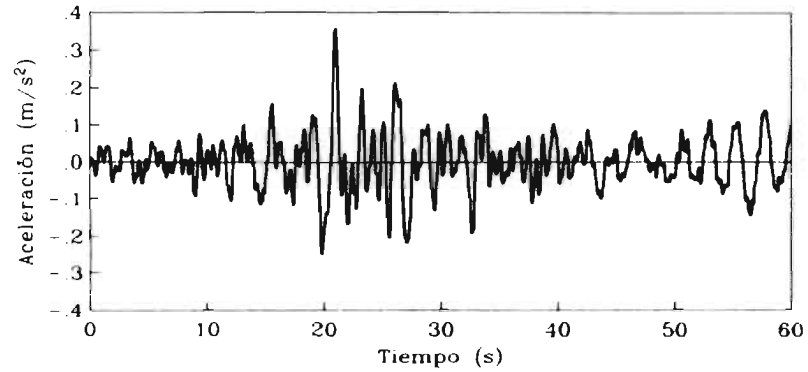
Figura 61.d.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación CU, dirección este-oeste



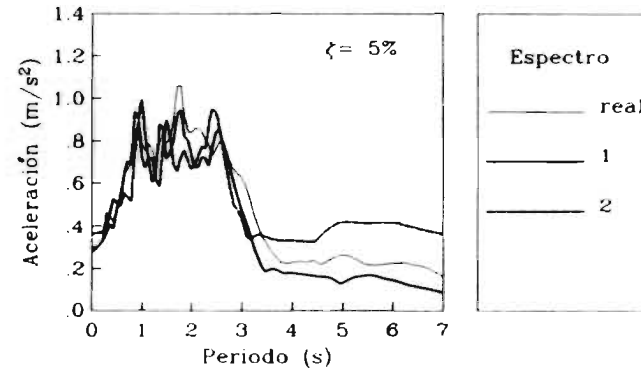
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

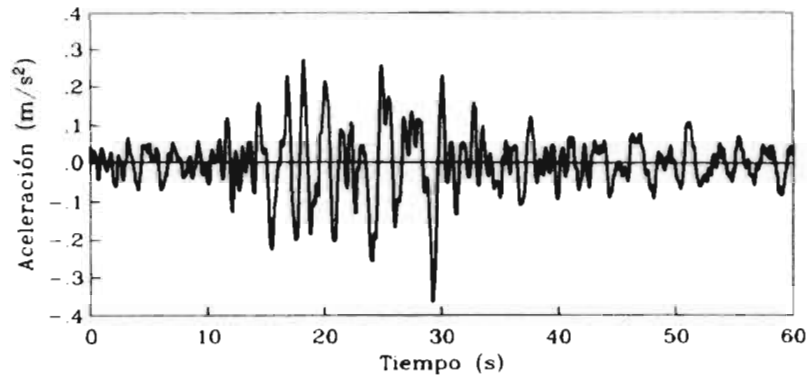


Acelerograma simulado 1

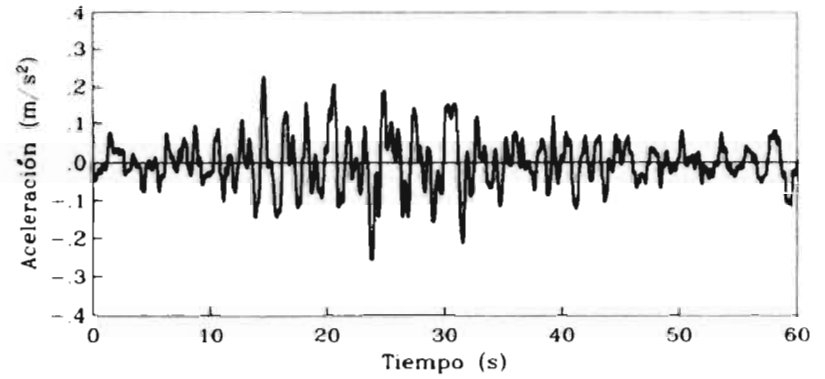


Espectros elásticos

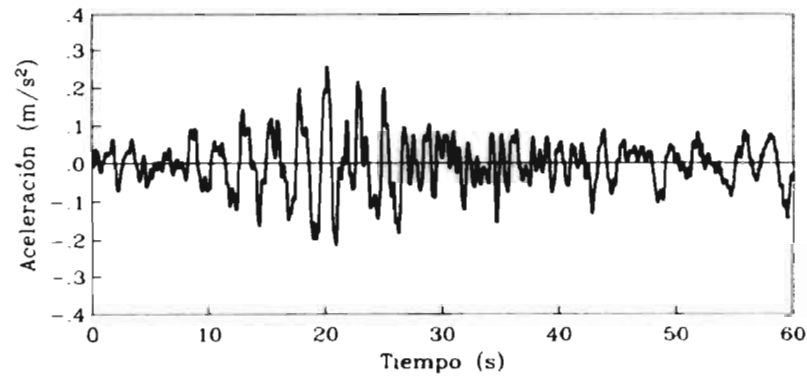
Figura 62.a.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación CU, dirección norte-sur



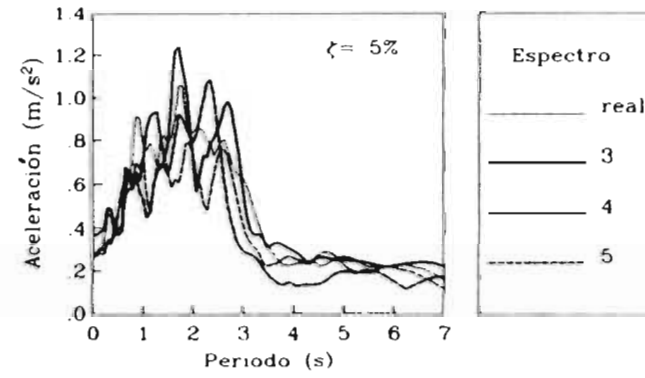
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

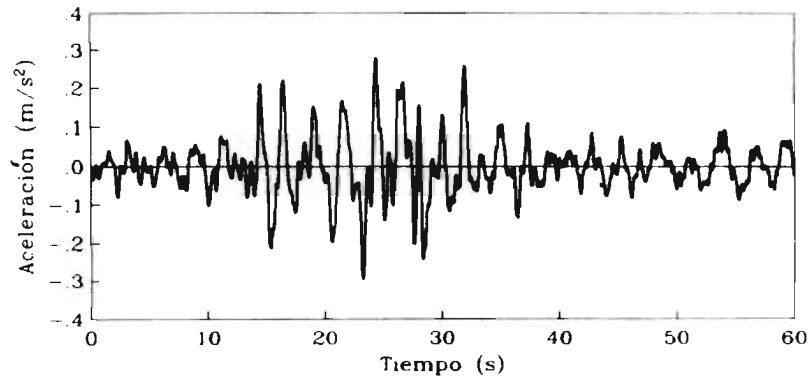


Acelerograma simulado 4

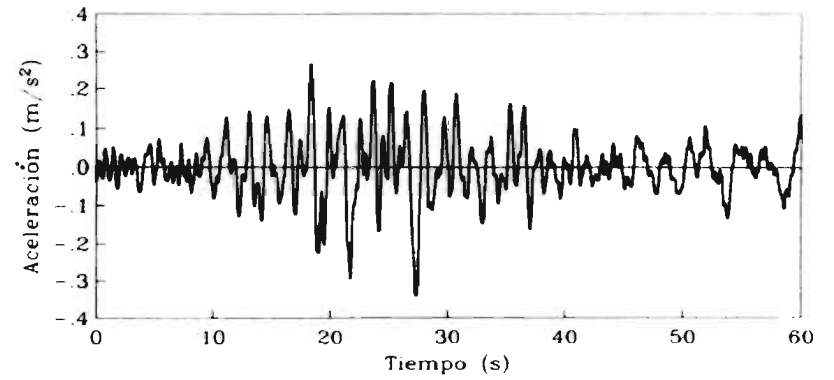


Espectros elásticos

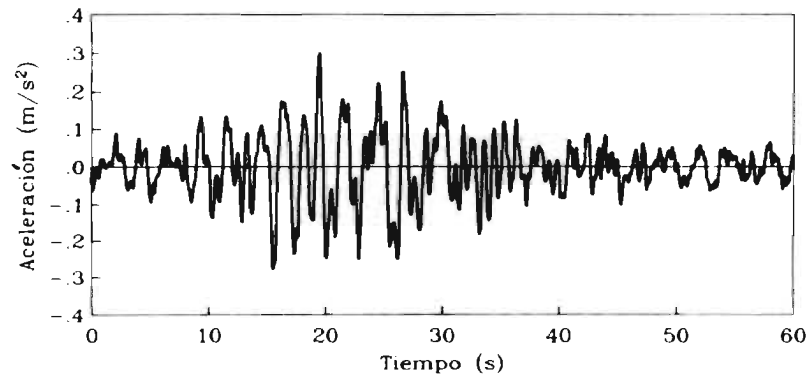
Figura 62.b.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación CU, dirección norte-sur.



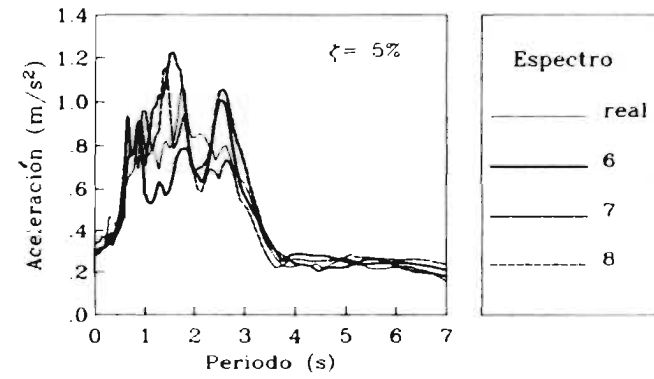
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

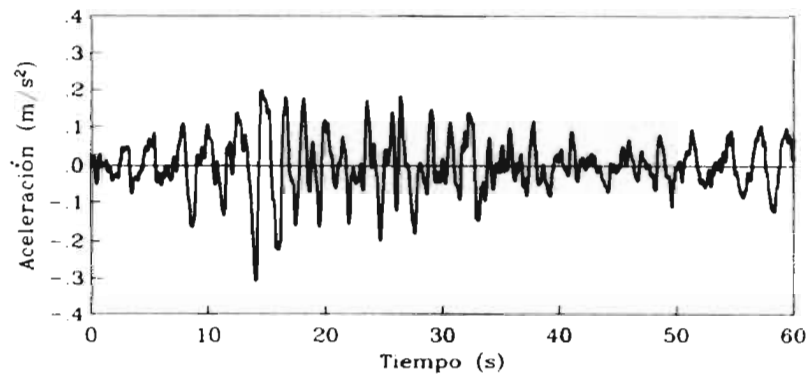


Acelerograma simulado 7

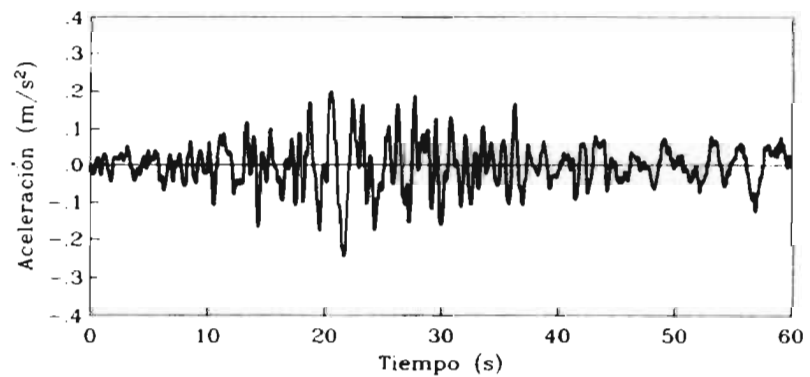


Espectros elásticos

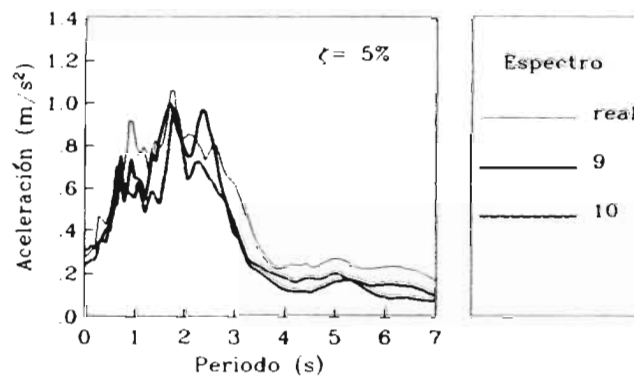
Figura 62.c.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación CU, dirección norte-sur.



Acelerograma simulado 9

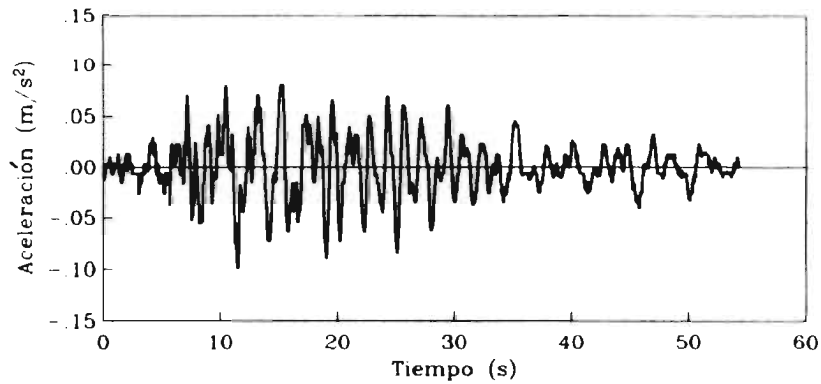


Acelerograma simulado 10

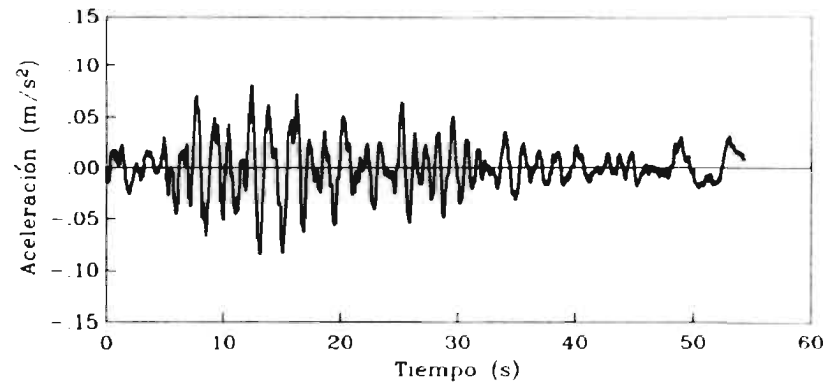


Espectros elásticos

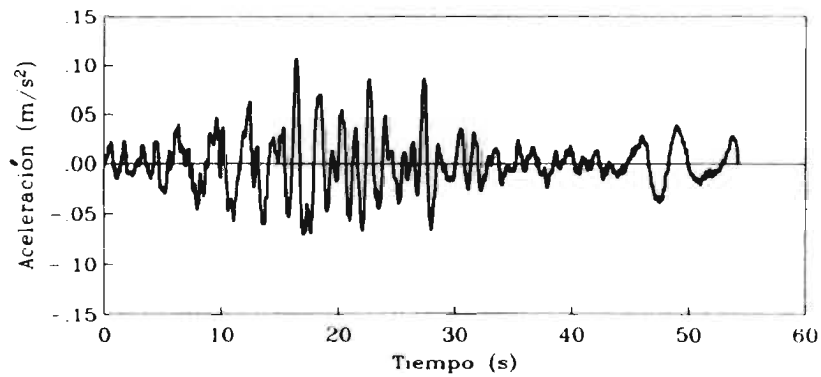
Figura 62.d.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación CU, dirección norte-sur



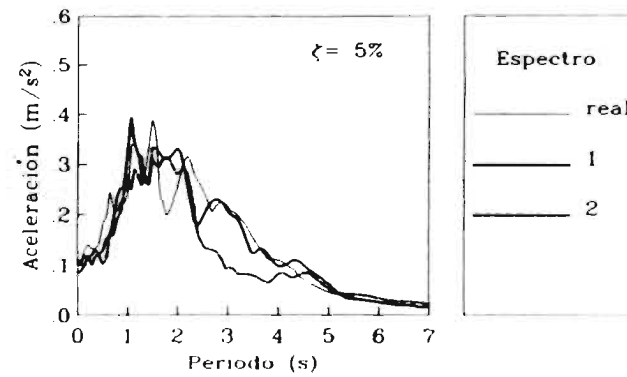
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

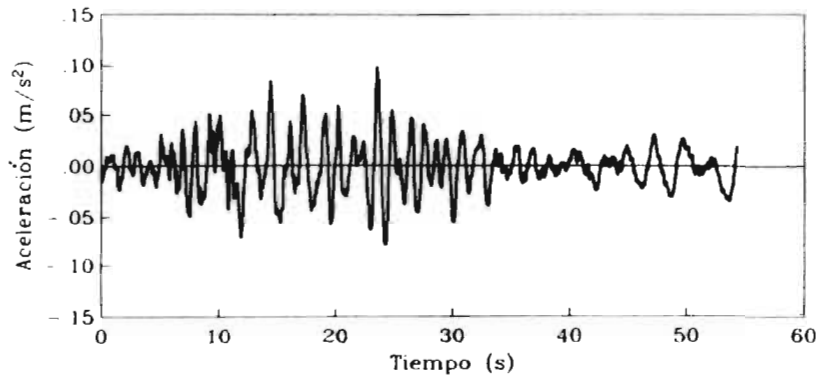


Acelerograma simulado 1

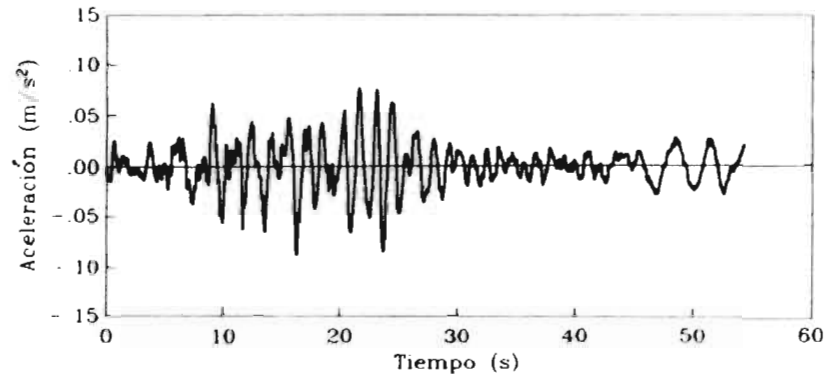


Espectros elásticos

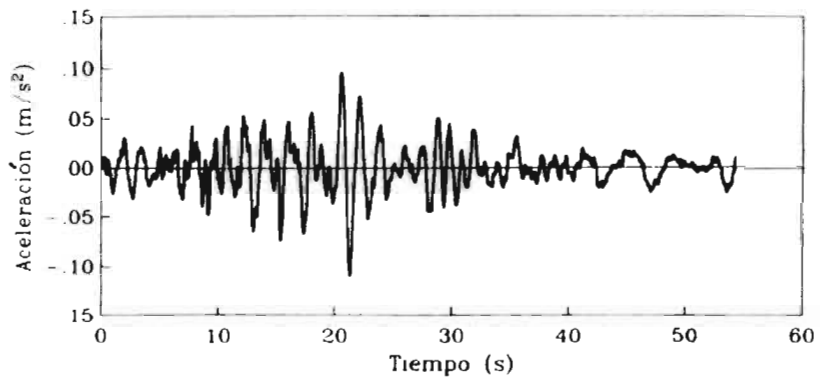
Figura 6.3.a. - Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación CU, dirección este-oeste.



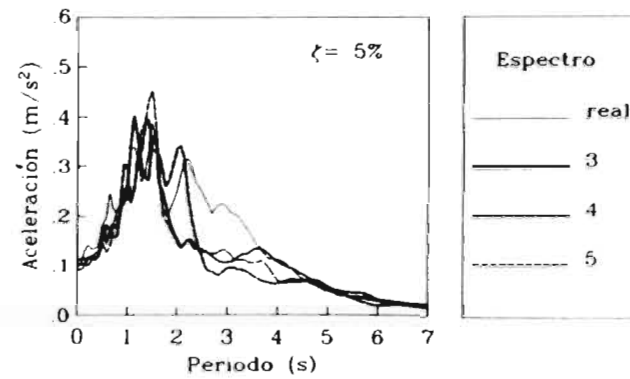
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

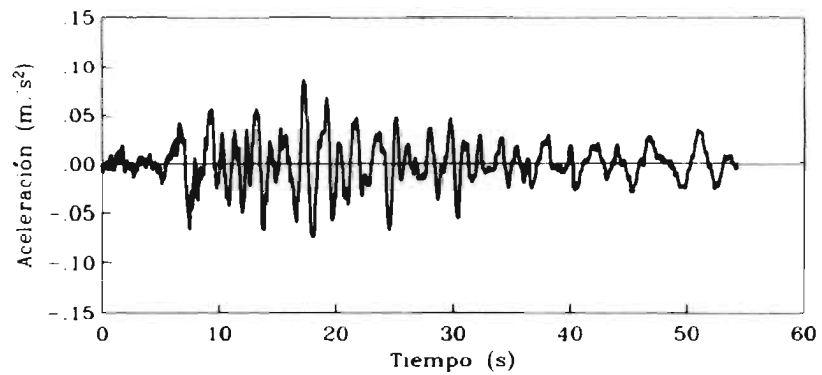


Acelerograma simulado 4

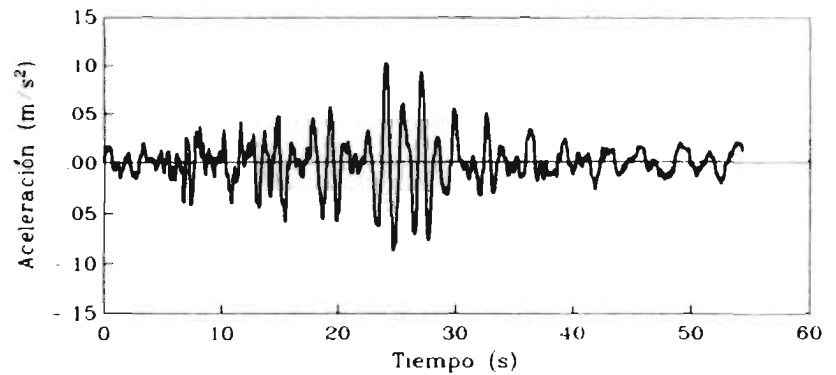


Espectros elásticos

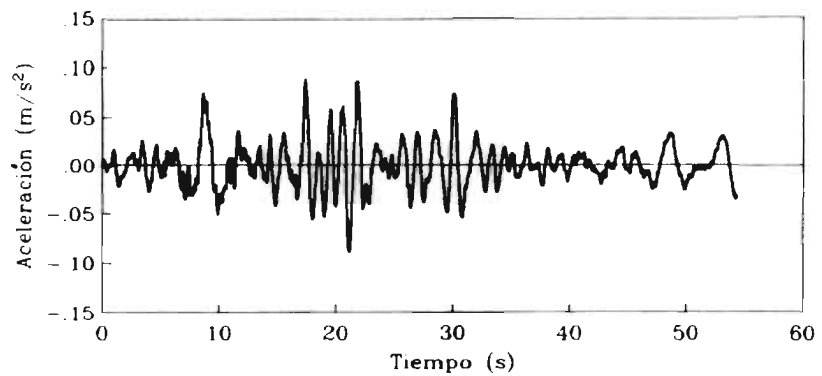
Figura 63.b.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación CU, dirección este-oeste



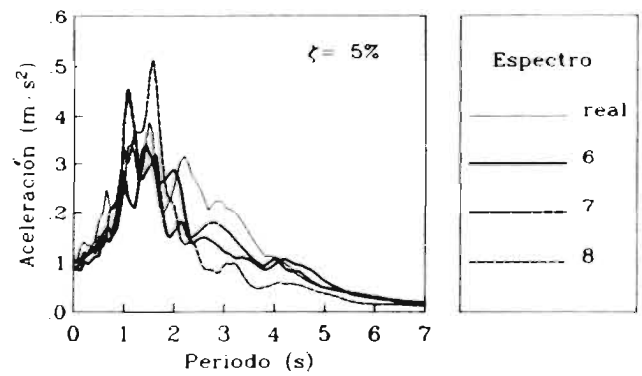
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

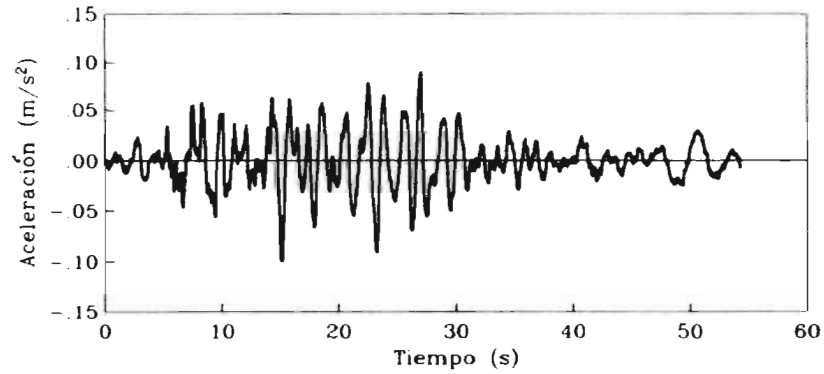


Acelerograma simulado 7

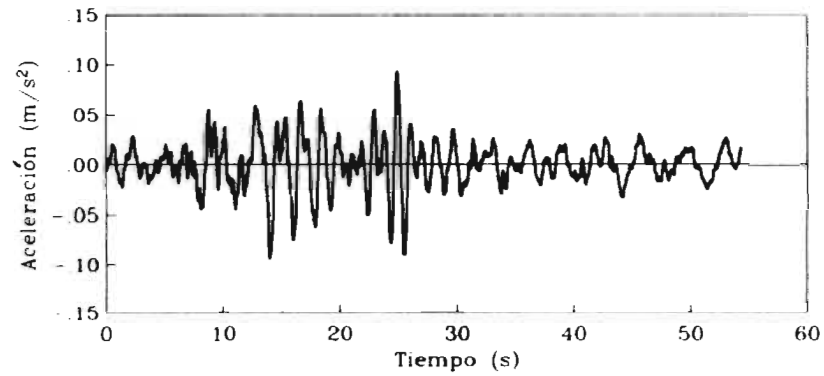


Espectros elásticos

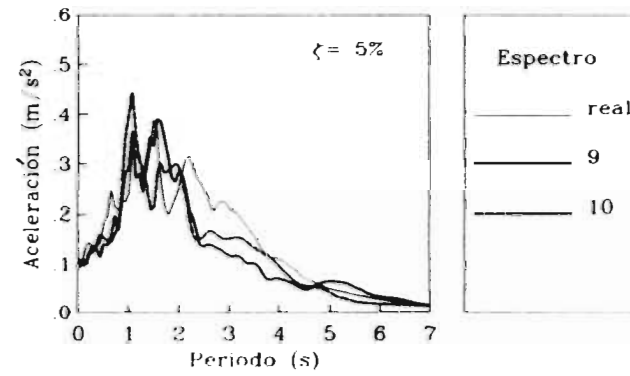
Figura 63.c.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación CU, dirección este-oeste



Acelerograma simulado 9

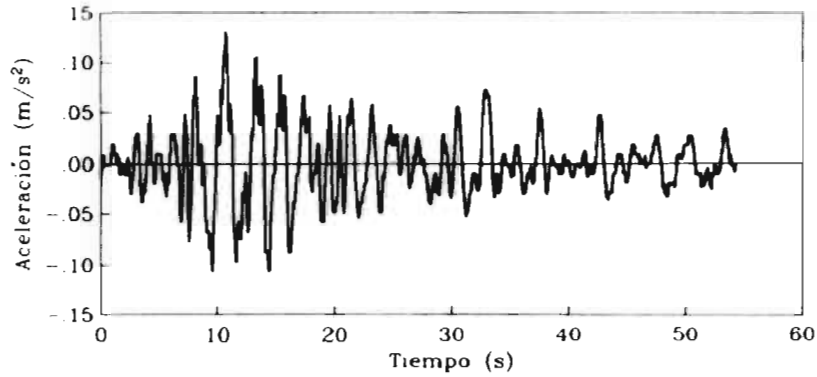


Acelerograma simulado 10

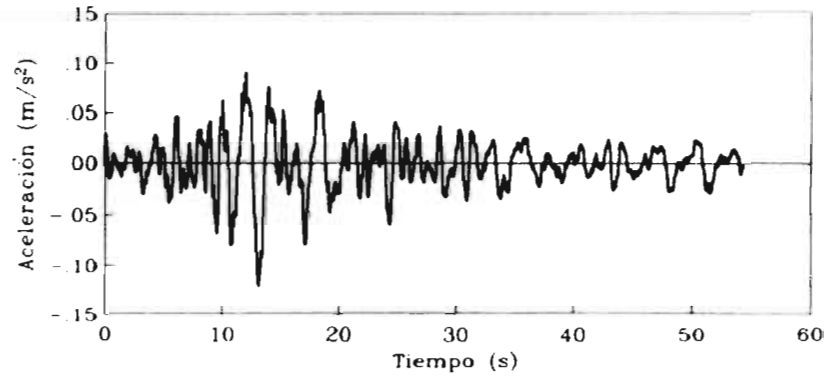


Espectros elásticos

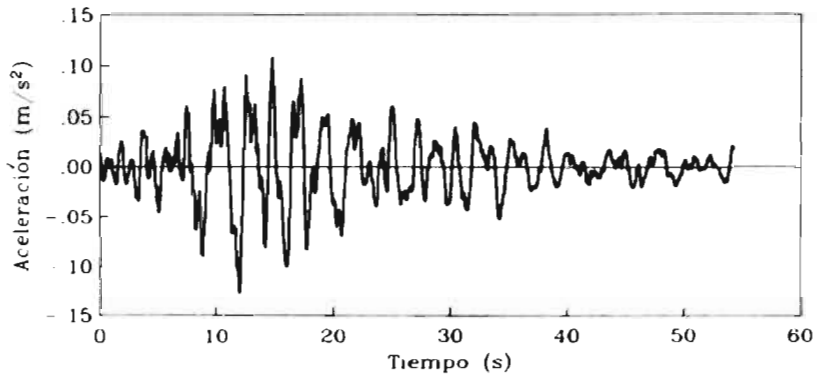
Figura 63.d.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación CU, dirección este-oeste.



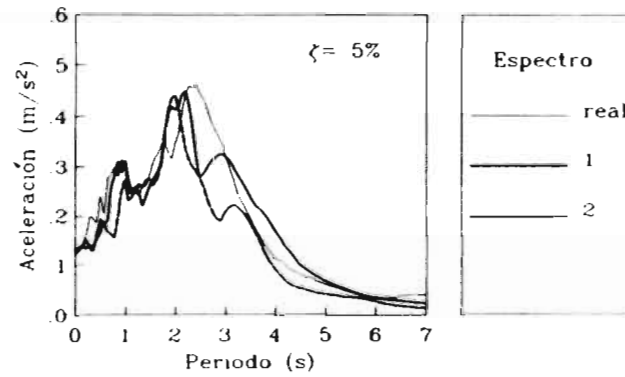
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

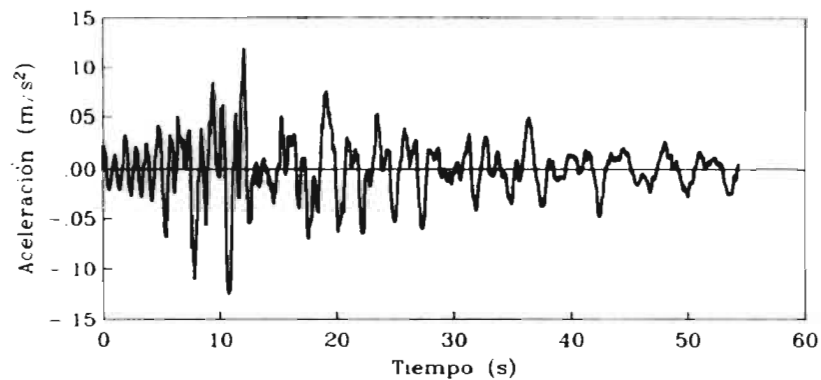


Acelerograma simulado 1

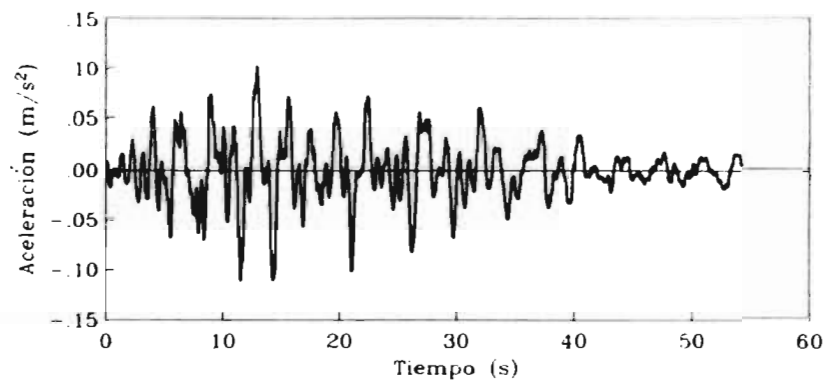


Espectros elásticos

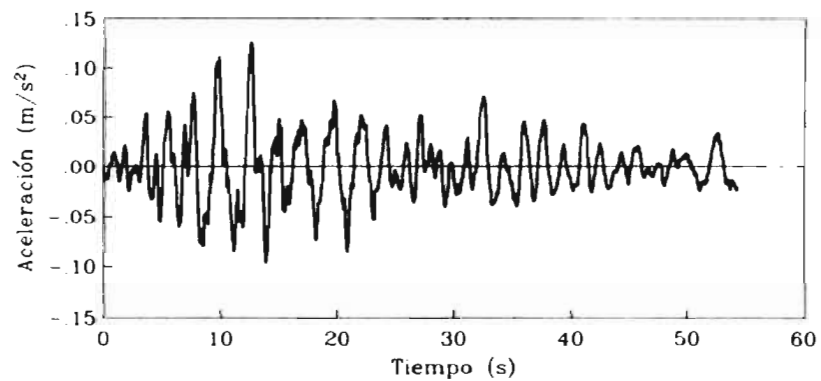
Figura 64.a. Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación CU, dirección norte-sur.



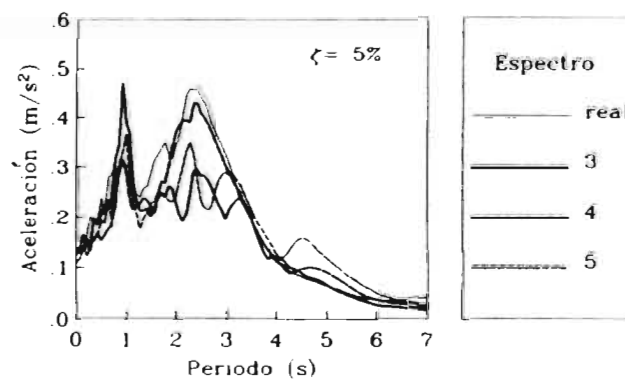
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

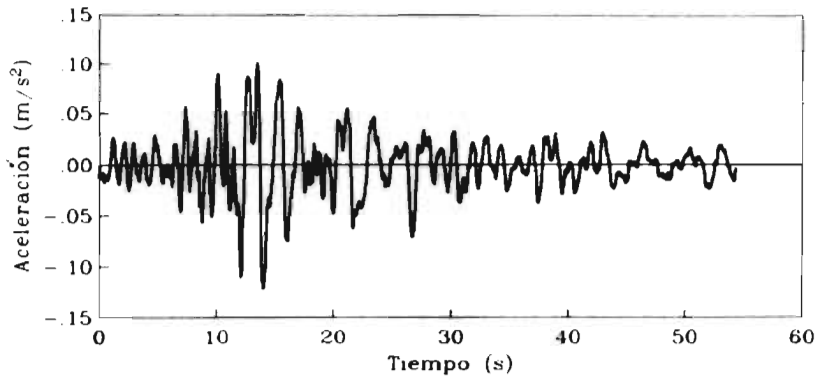


Acelerograma simulado 4

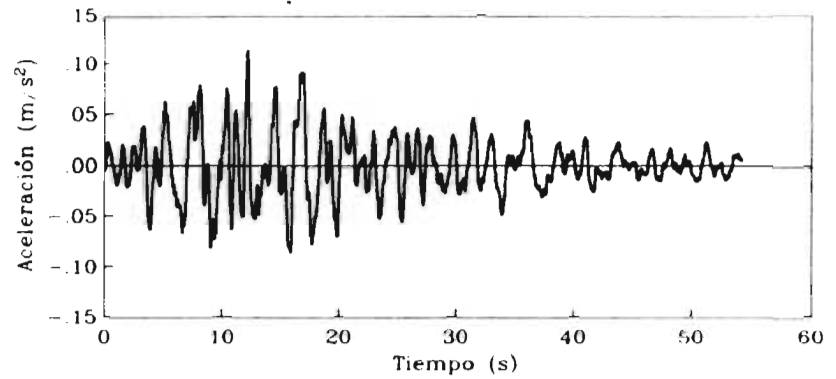


Espectros elásticos

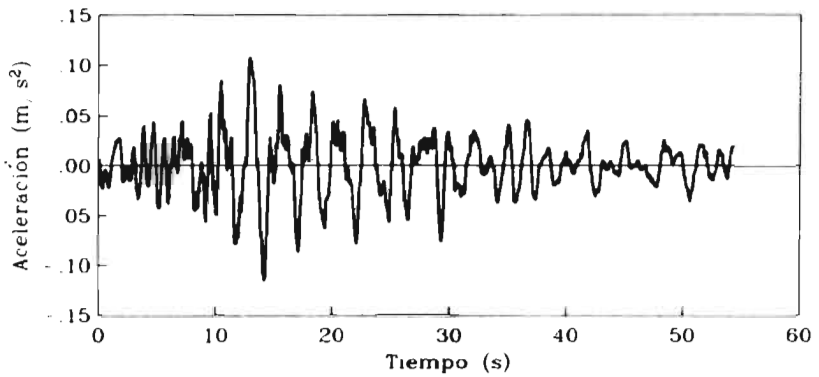
Figura 64.b.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación CU, dirección norte-sur.



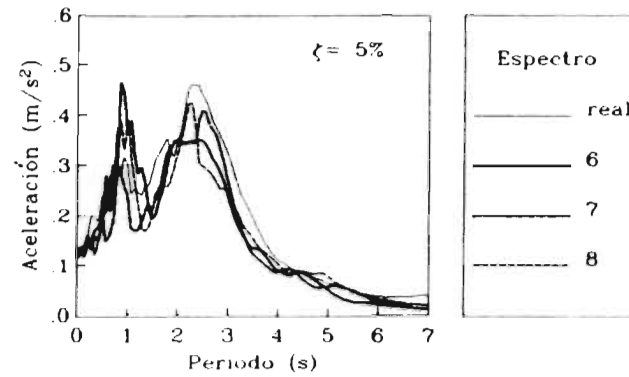
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

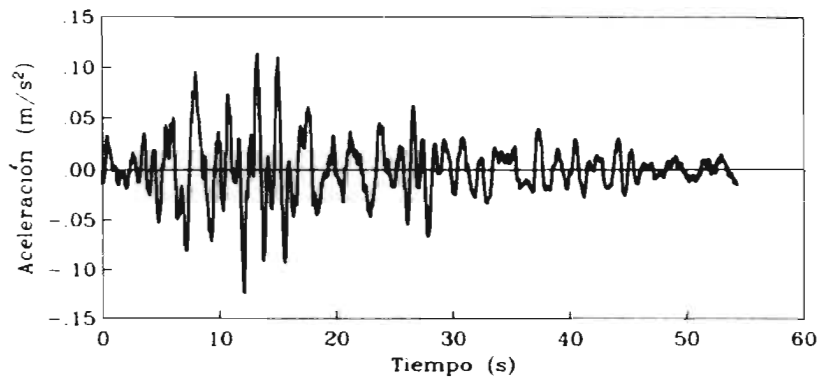


Acelerograma simulado 7

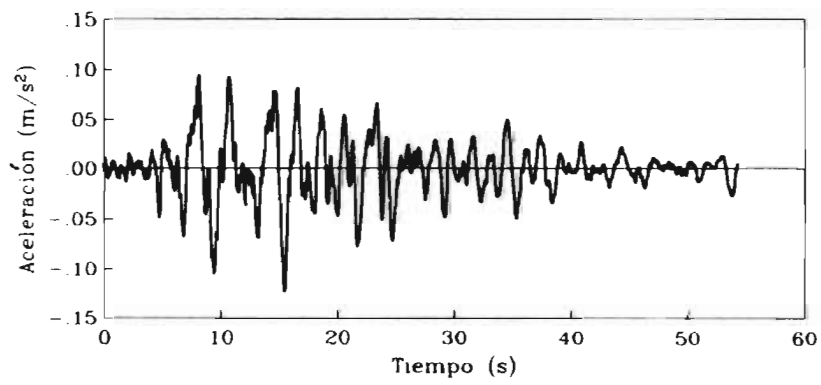


Espectros elásticos

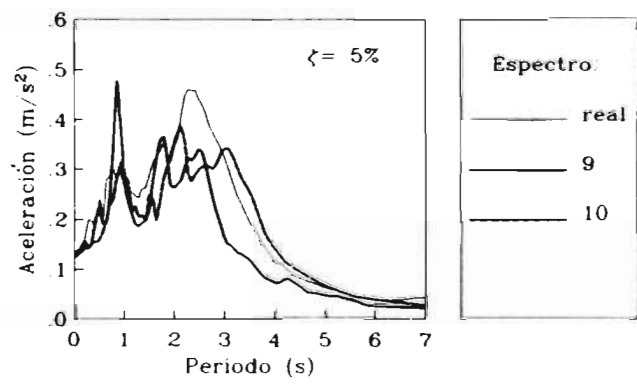
Figura 64.c.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación CU, dirección norte-sur.



Acelerograma simulado 9

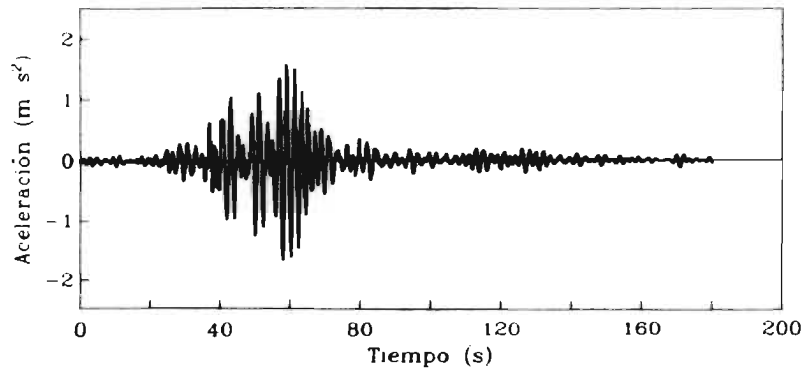


Acelerograma simulado 10

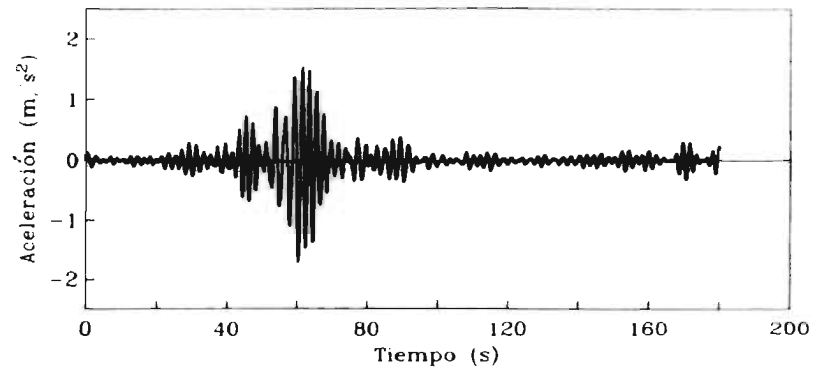


Espectros elásticos

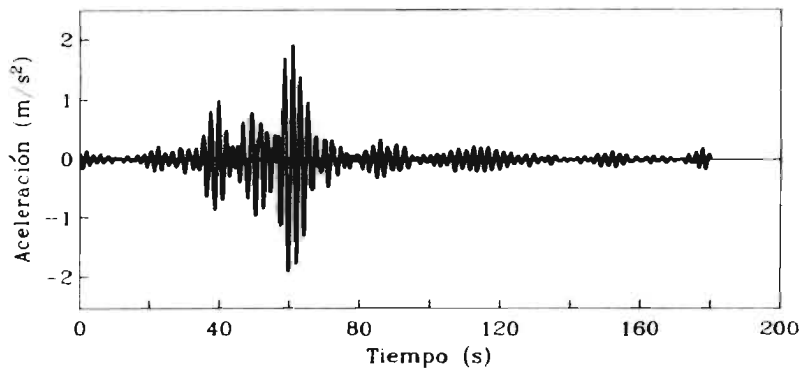
Figura 64.d.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación CU, dirección norte-sur.



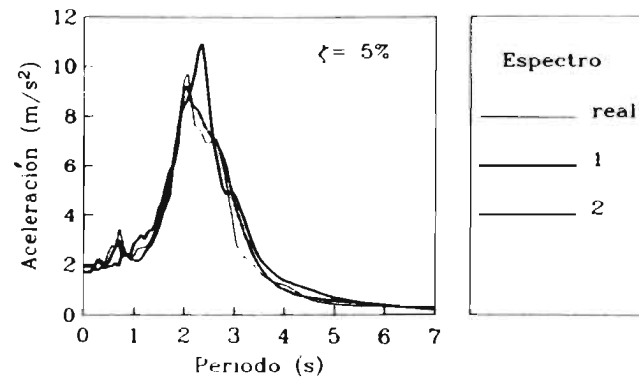
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

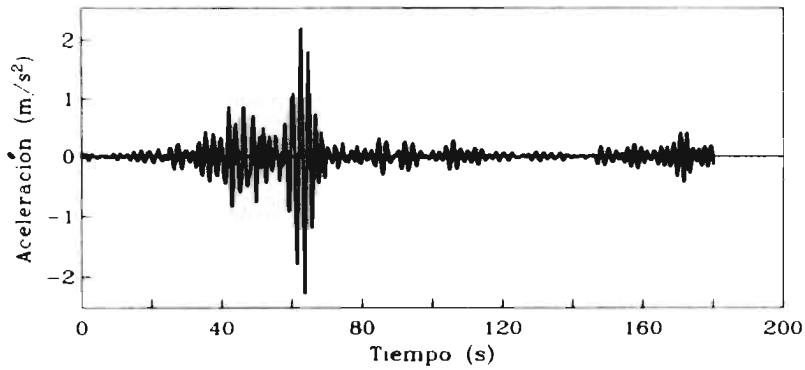


Acelerograma simulado 1

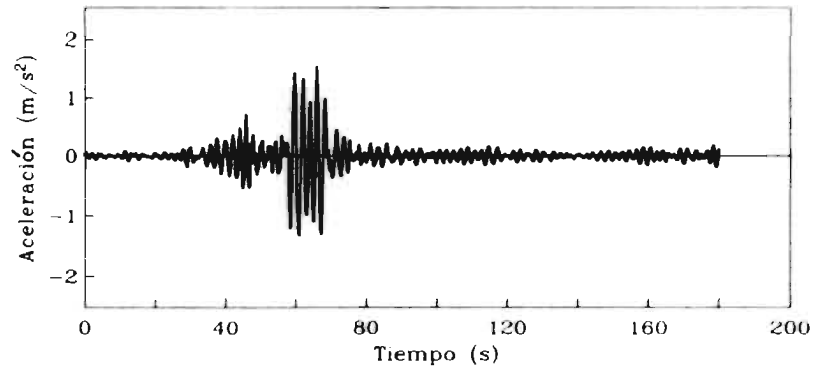


Espectros elásticos

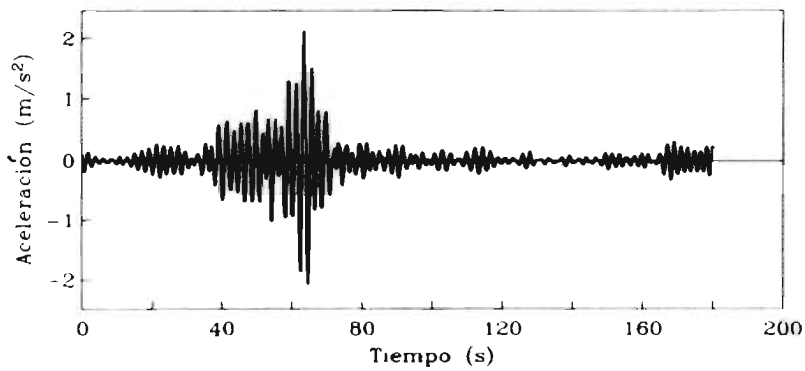
Figura 65 a.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección este-oeste.



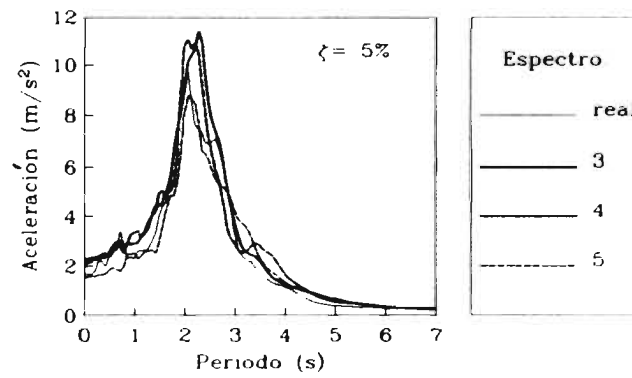
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

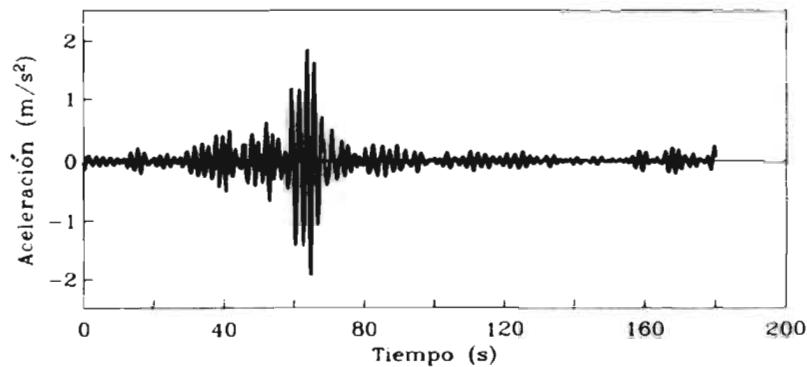


Acelerograma simulado 4

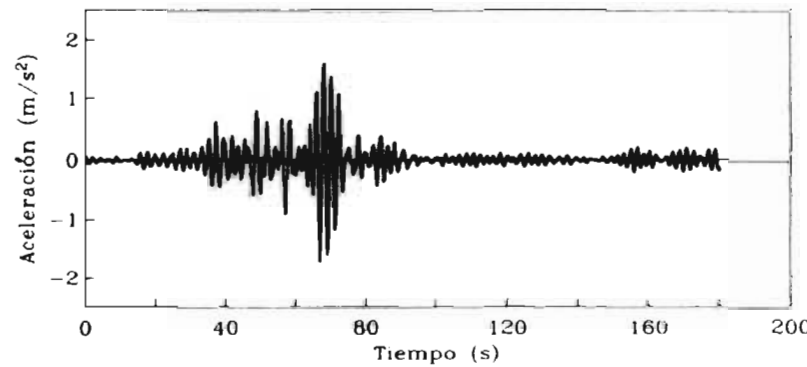


Espectros elásticos

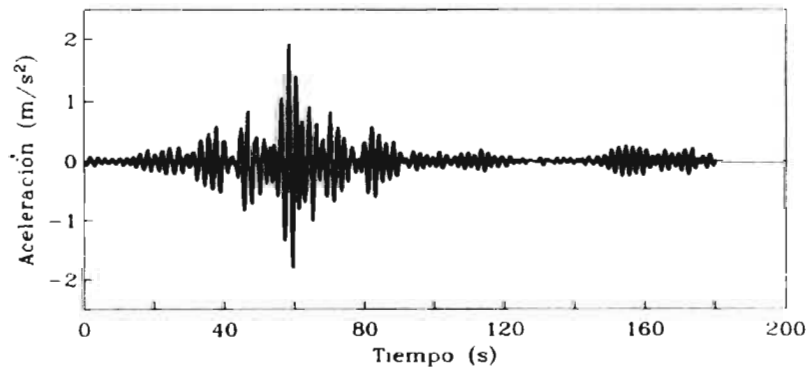
Figura 65.b.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección este-oeste.



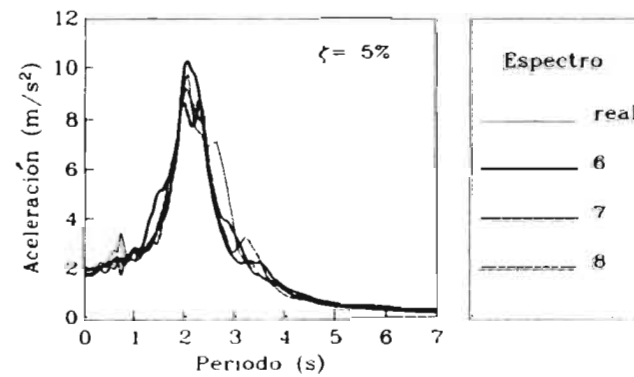
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

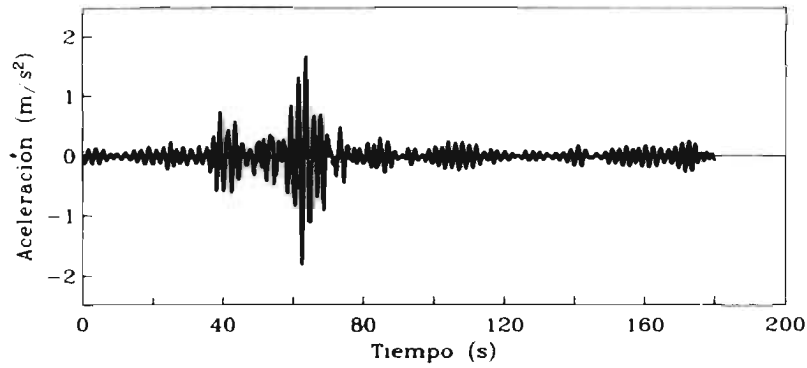


Acelerograma simulado 7

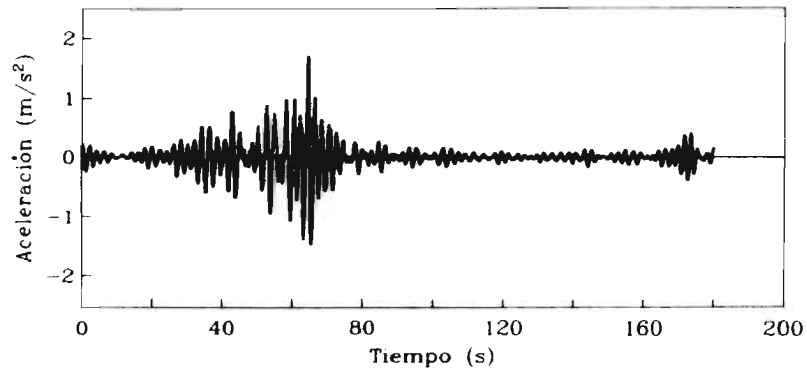


Espectros elásticos

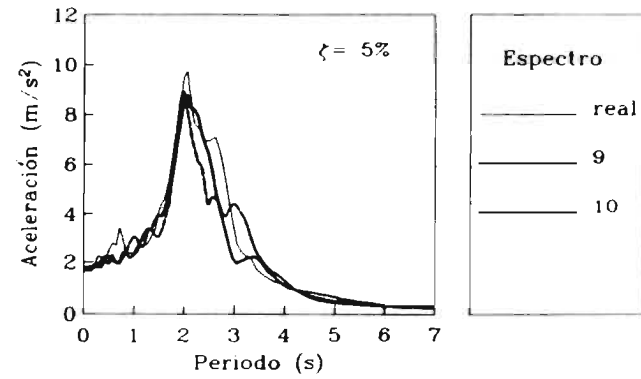
Figura 65.c.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección este-oeste.



Acelerograma simulado 9

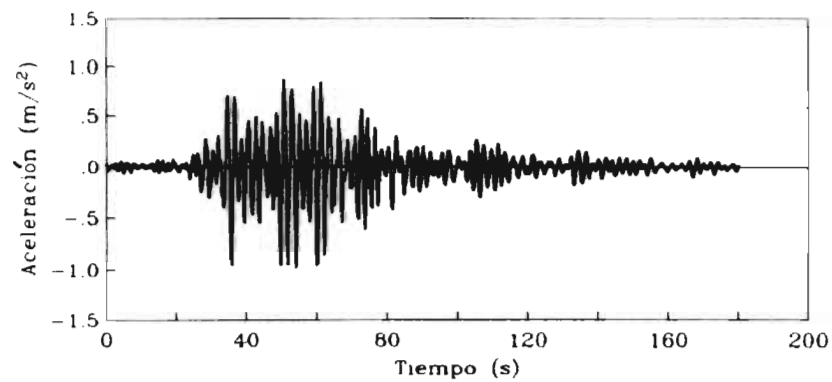


Acelerograma simulado 10

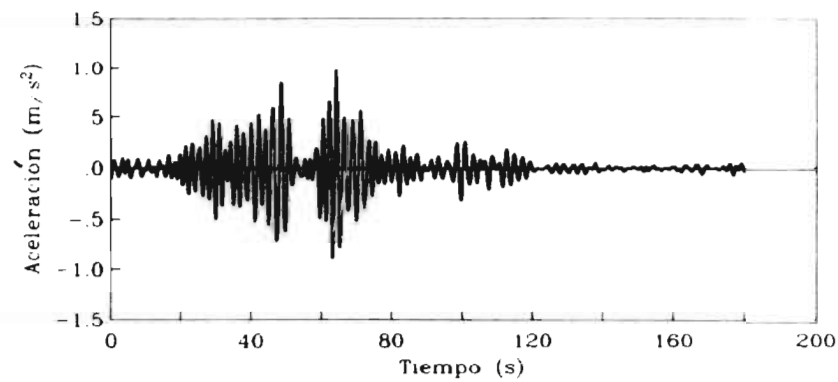


Espectros elásticos

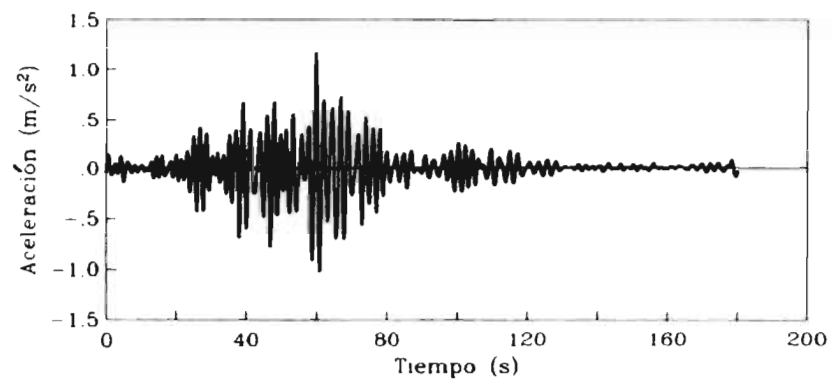
Figura 65.d.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección este-oeste



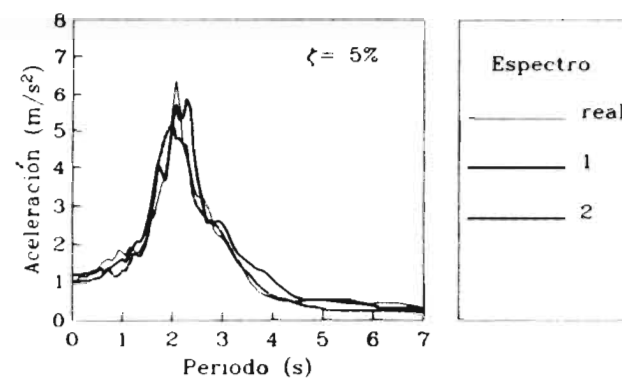
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

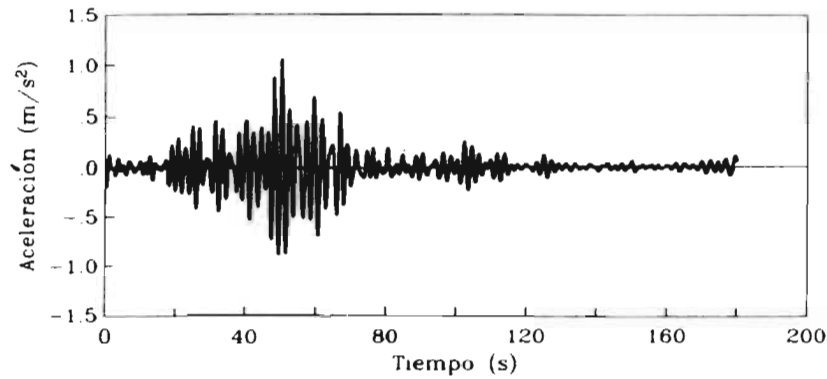


Acelerograma simulado 1

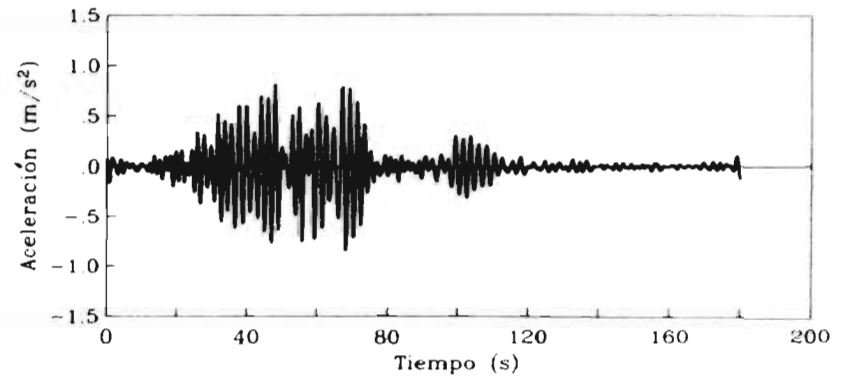


Espectros elásticos

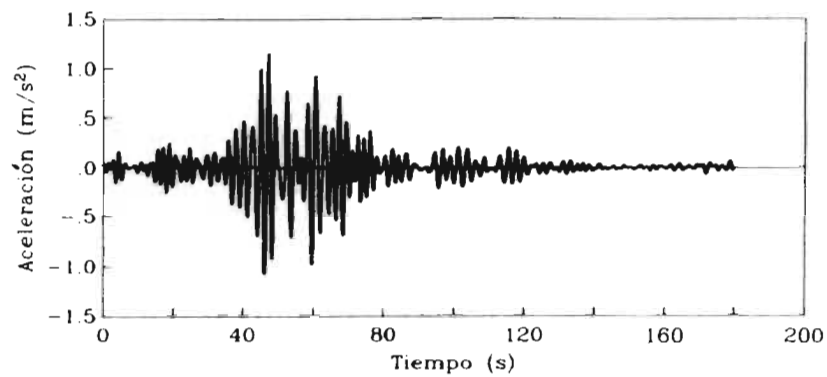
Figura 66.a.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección norte-sur.



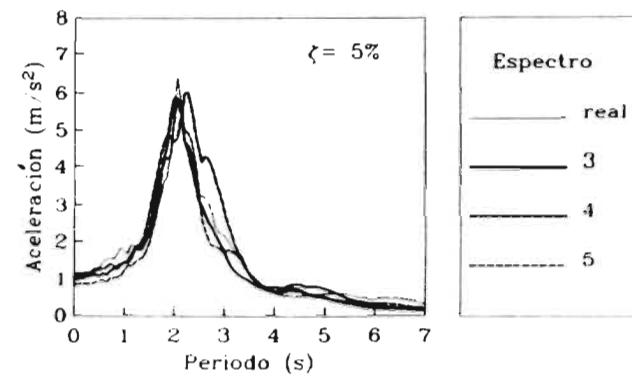
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

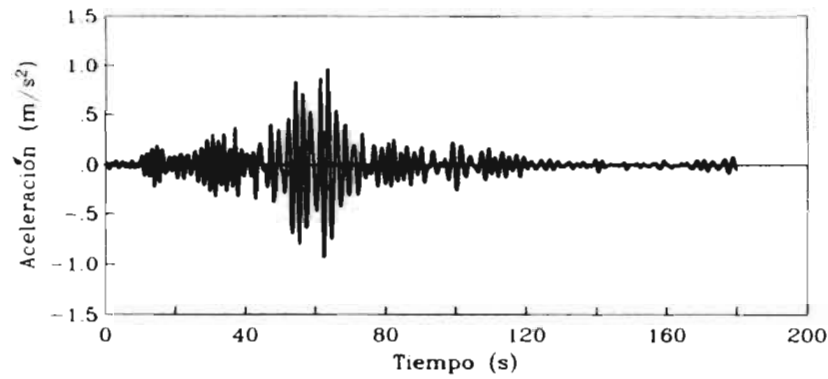


Acelerograma simulado 4

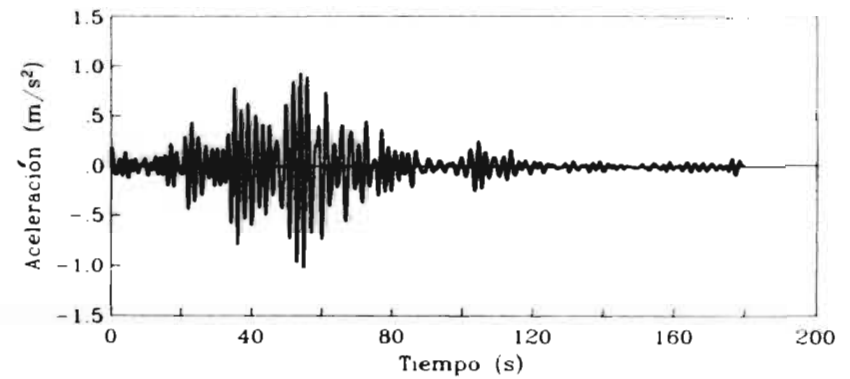


Espectros elásticos

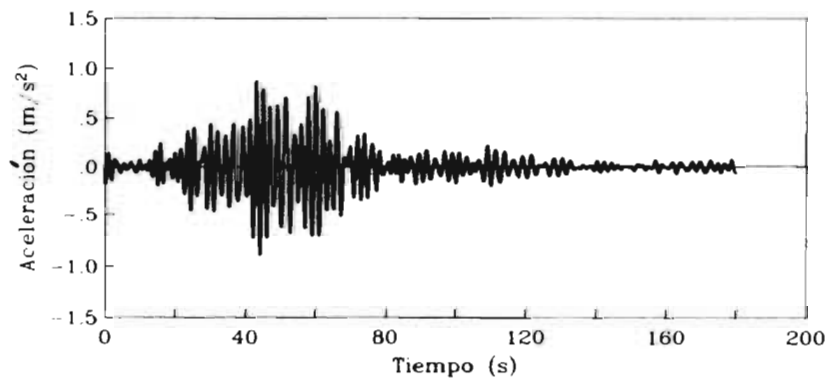
Figura 66.b.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección norte sur.



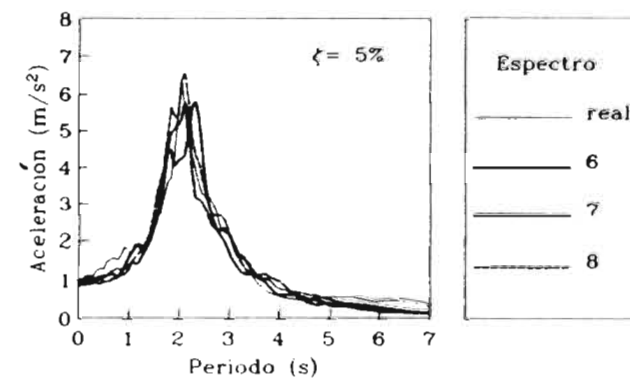
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

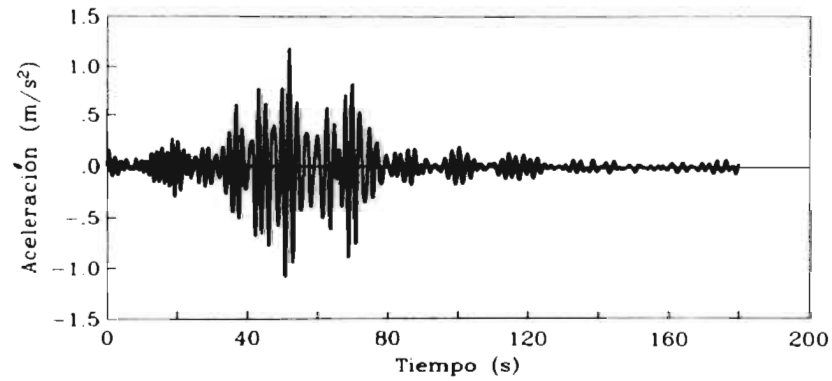


Acelerograma simulado 7

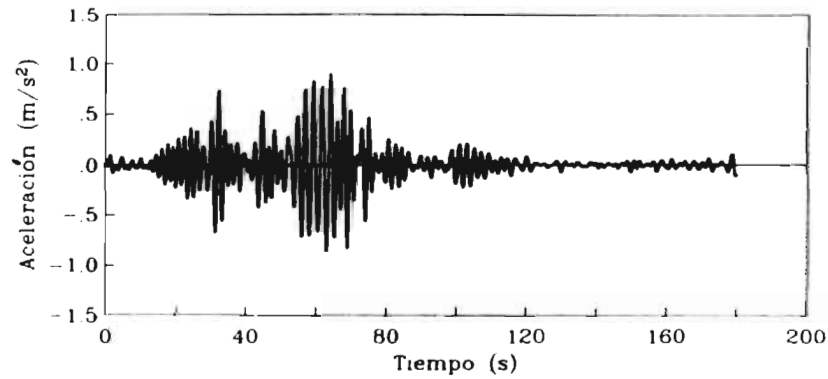


Espectros elásticos

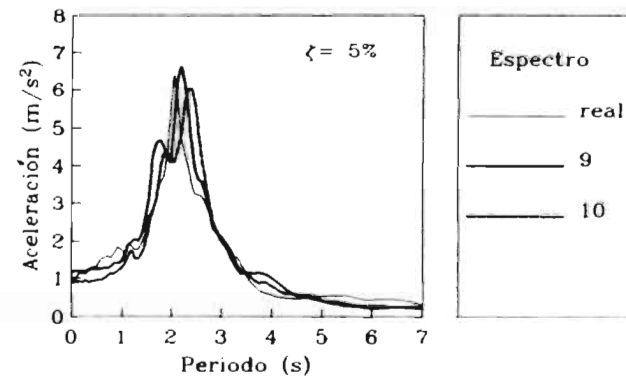
Figura 66.c.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección norte-sur



Acelerograma simulado 9

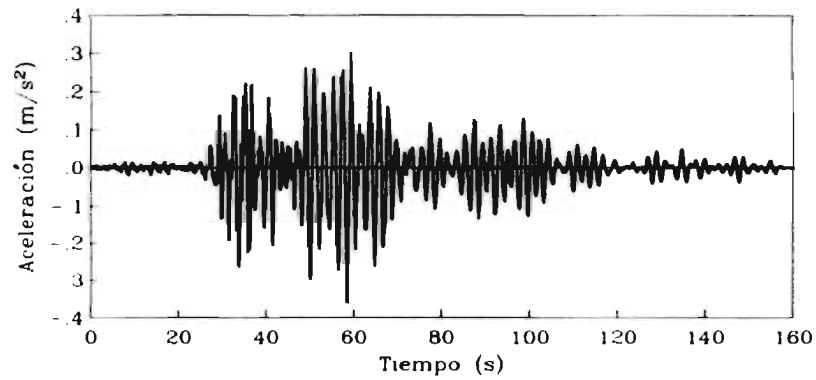


Acelerograma simulado 10

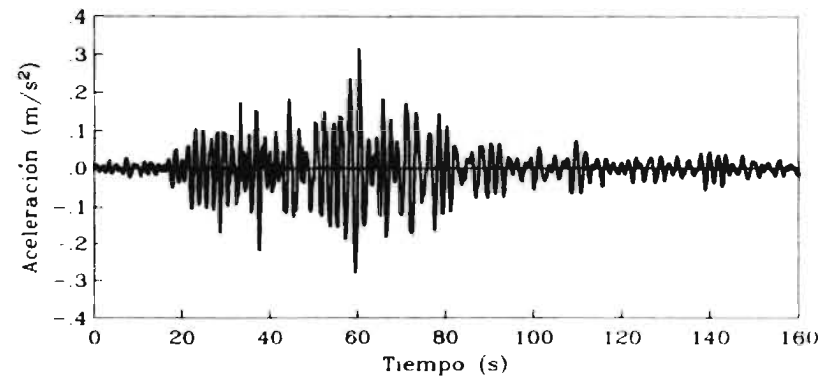


Espectros elásticos

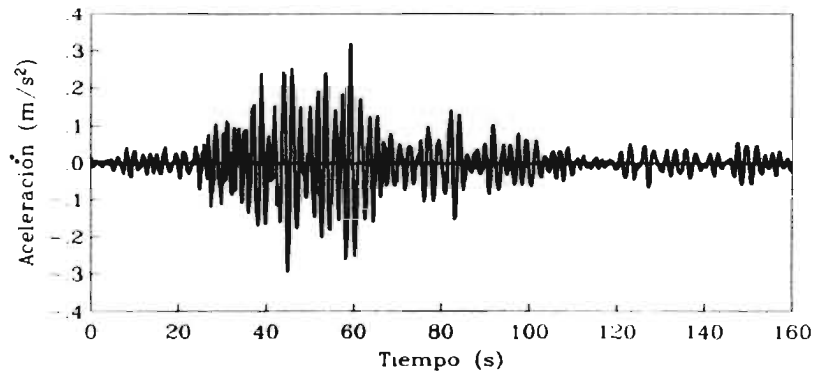
Figura 66.d.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección norte-sur.



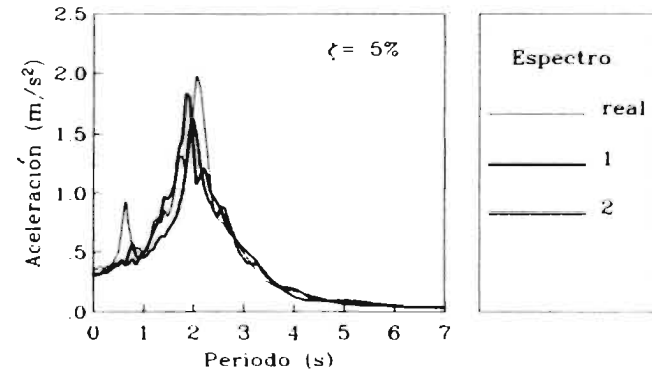
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

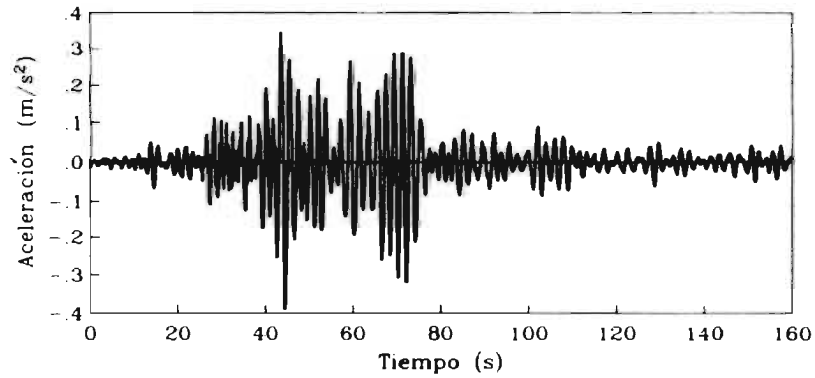


Acelerograma simulado 1

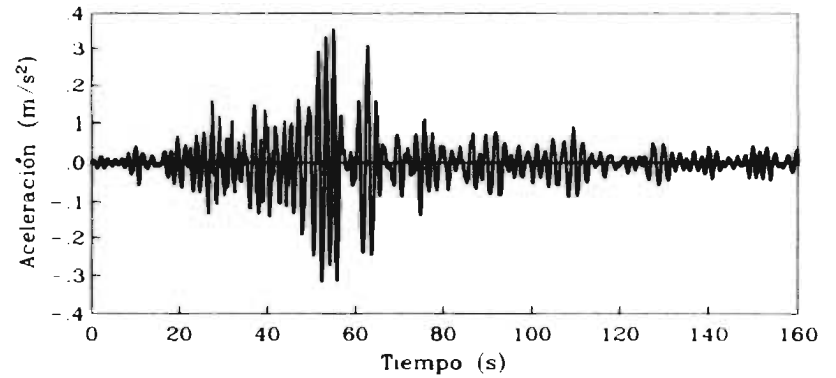


Espectros elásticos

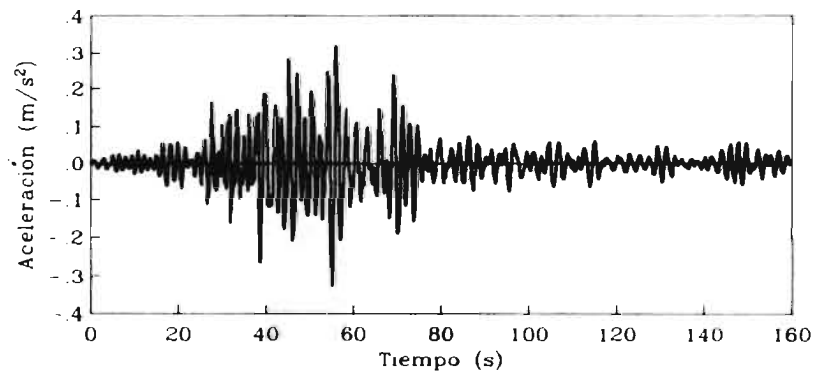
Figura 67 a.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección este-oeste.



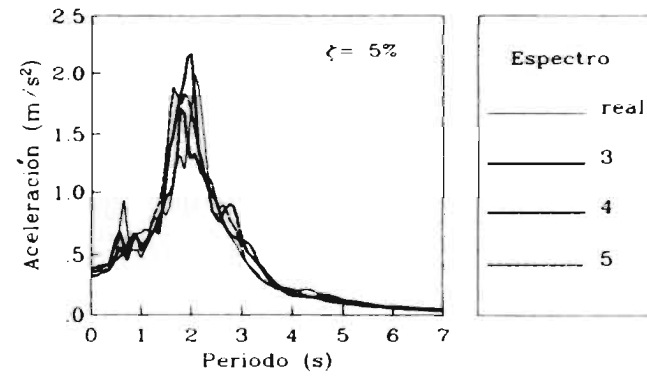
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

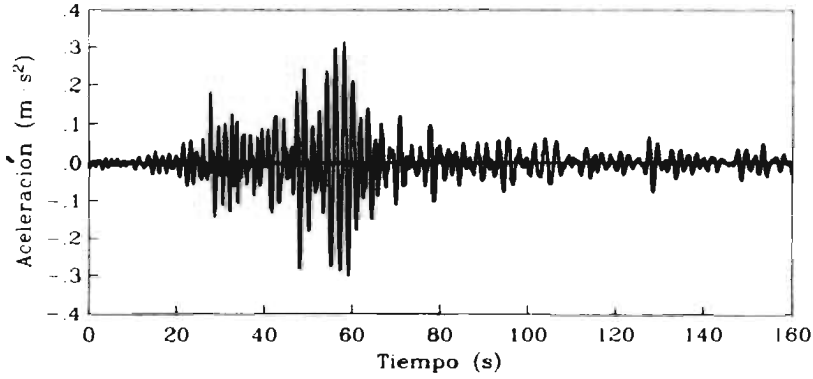


Acelerograma simulado 4

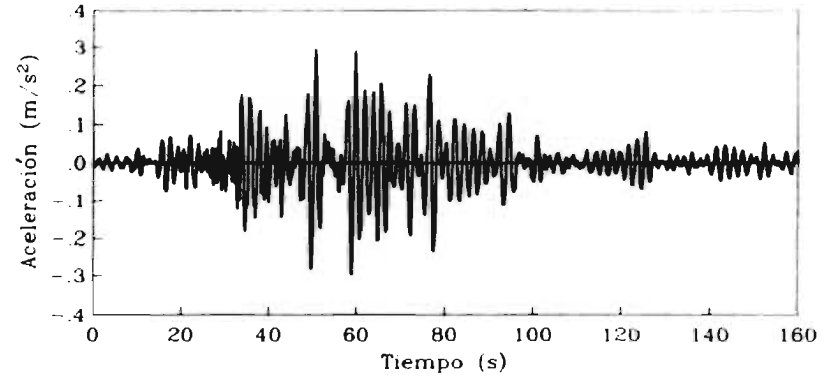


Espectros elásticos

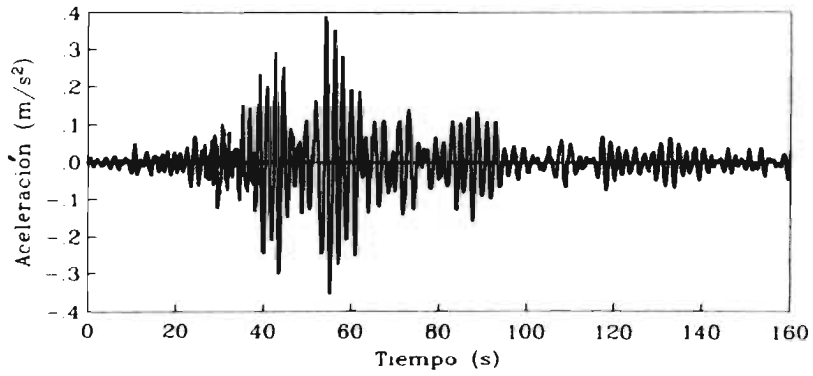
Figura 67.b.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección este-oeste



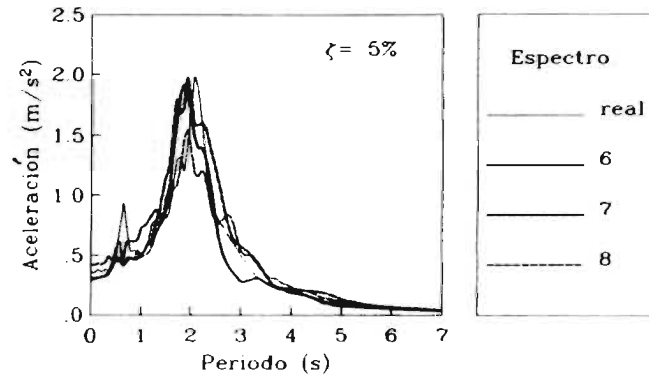
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8



Acelerograma simulado 7



Espectros elásticos

Figura 67.c.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección este-oeste.

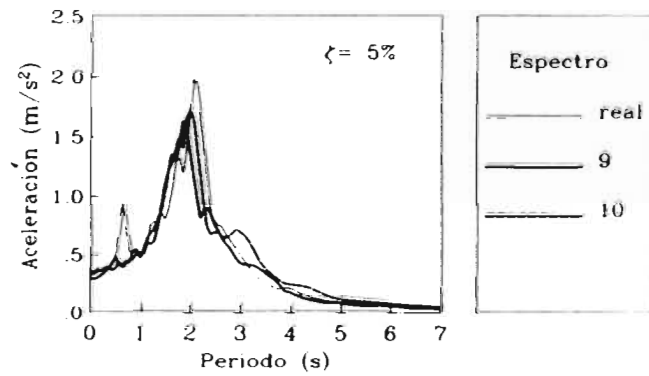
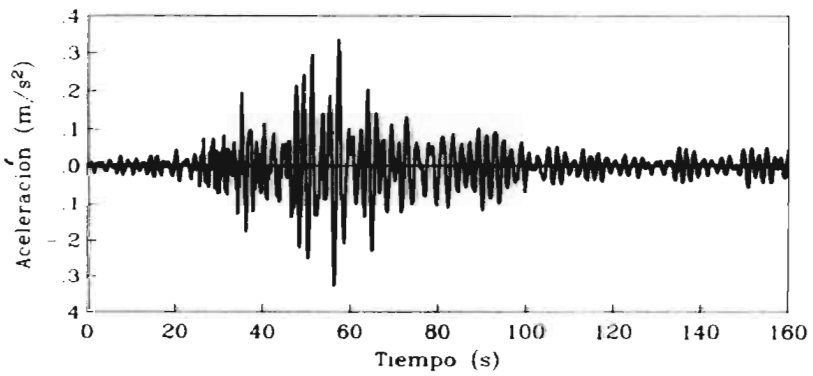
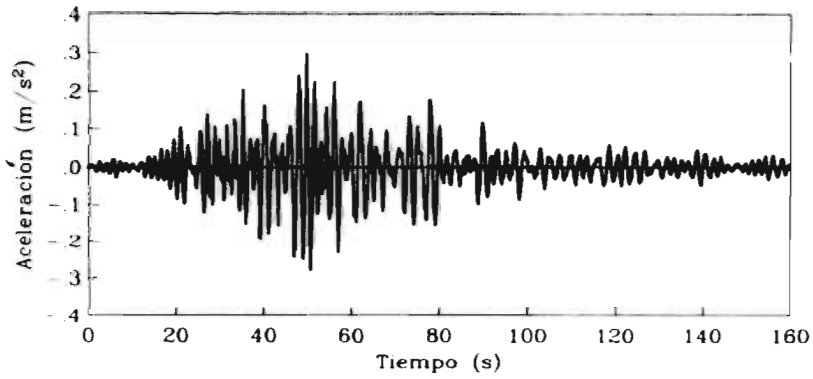
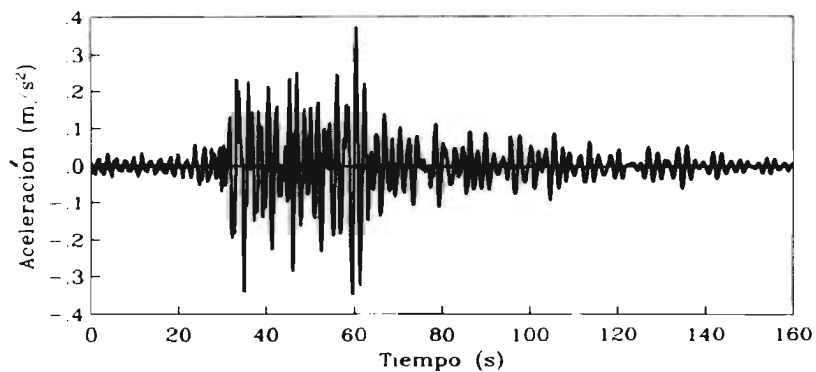
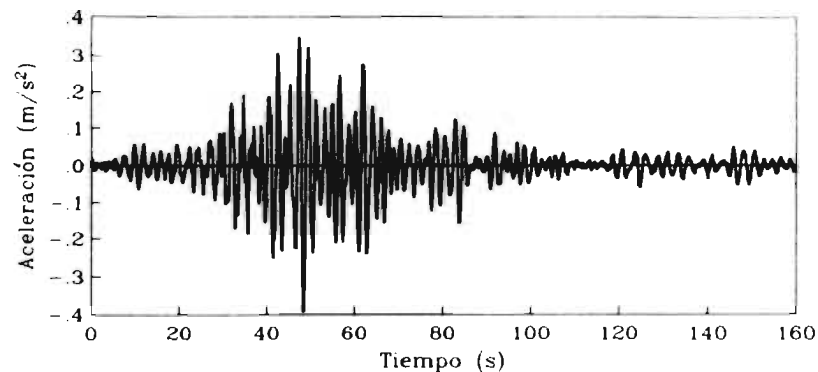


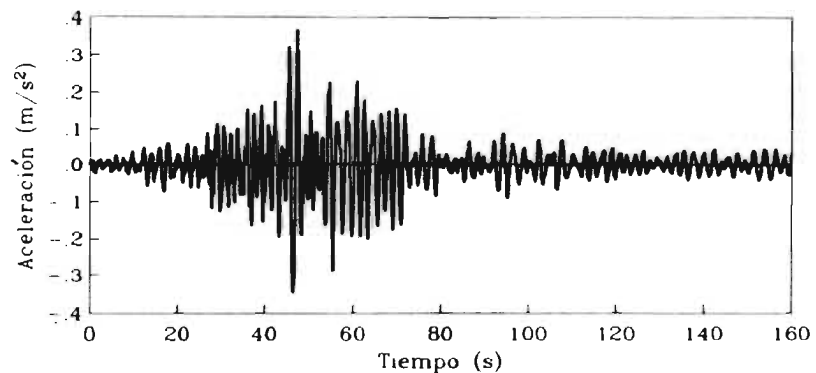
Figura 67.d.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección este-oeste



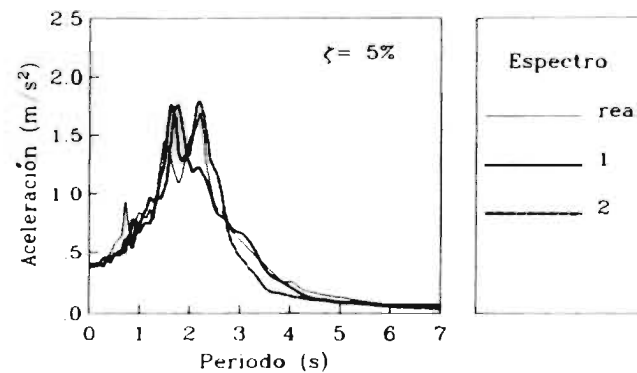
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

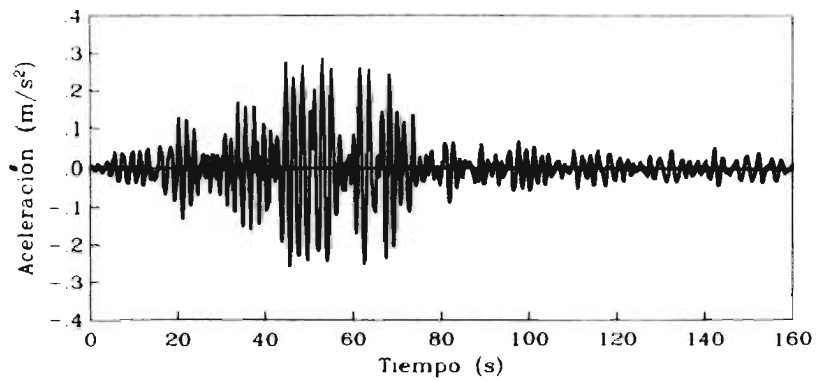


Acelerograma simulado 1

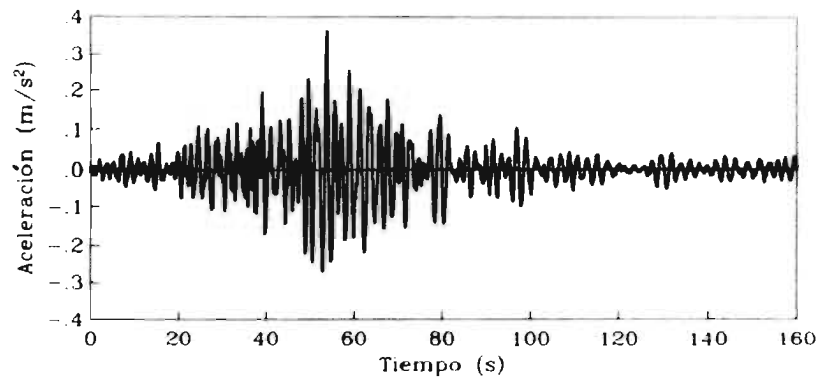


Espectros elásticos

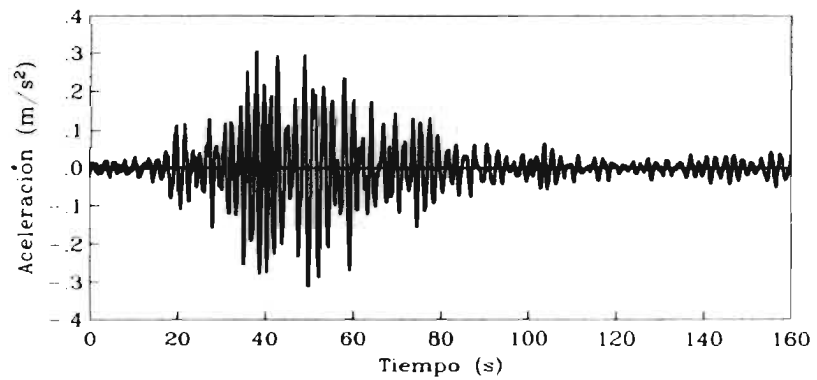
Figura 68.a. - Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección norte-sur



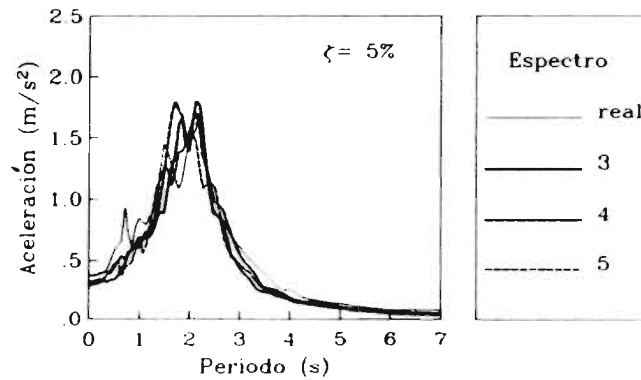
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

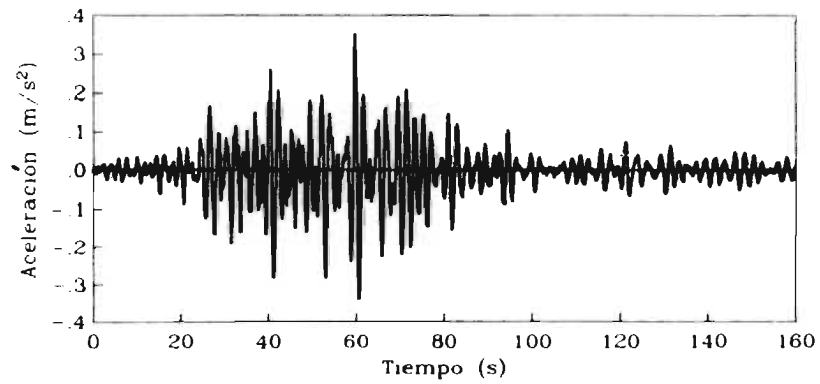


Acelerograma simulado 4

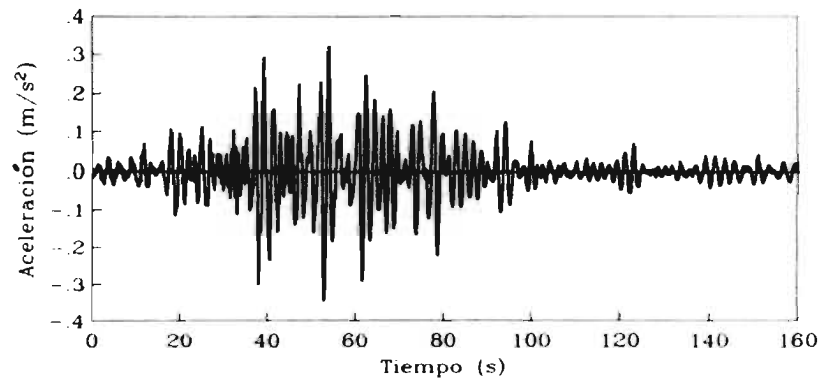


Espectros elásticos

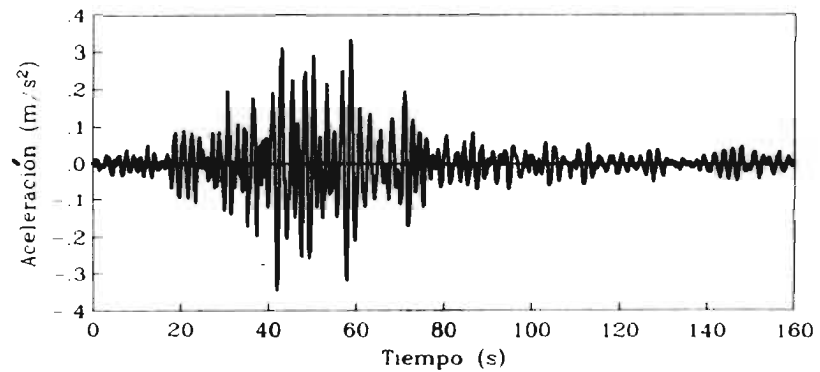
Figura 68.b.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección norte-sur.



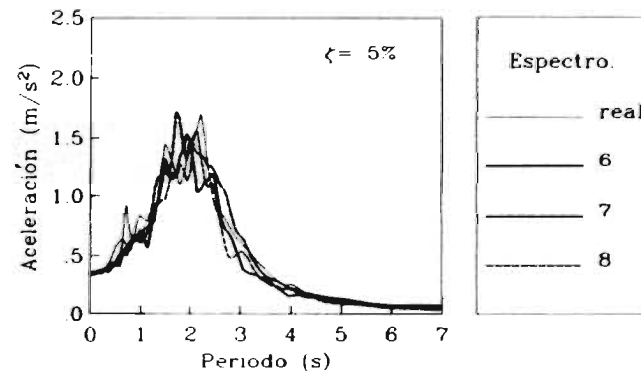
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

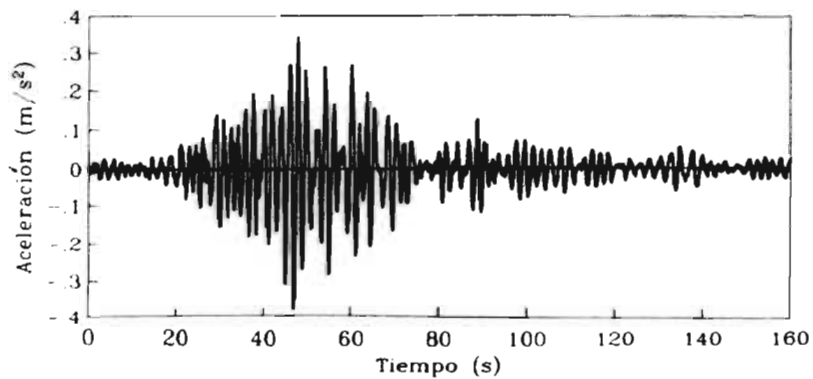


Acelerograma simulado 7

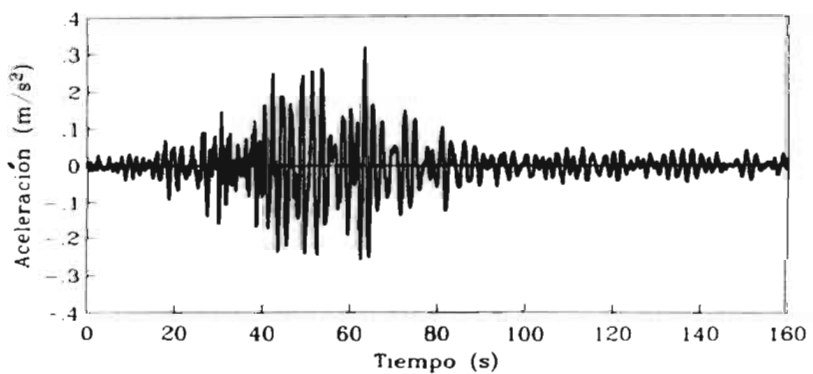


Espectros elásticos

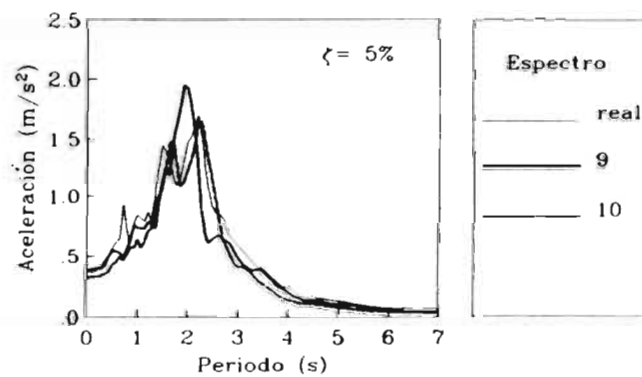
Figura 68.c.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección norte-sur.



Accelerograma simulado 9

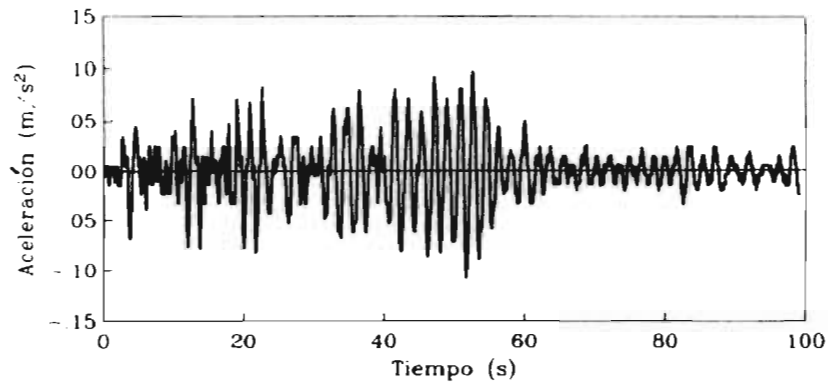


Accelerograma simulado 10

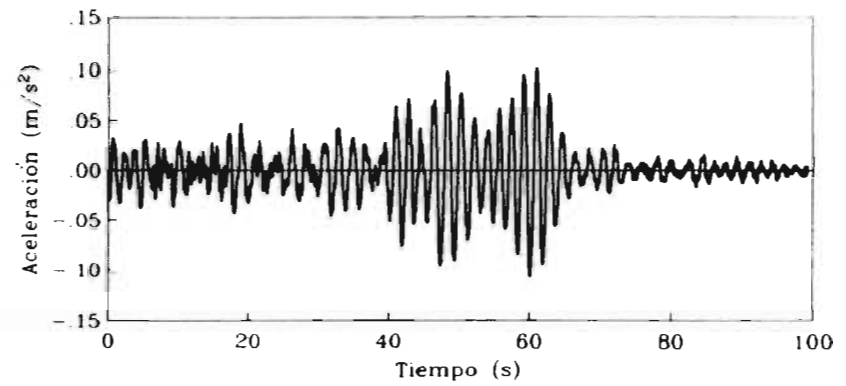


Espectros elásticos

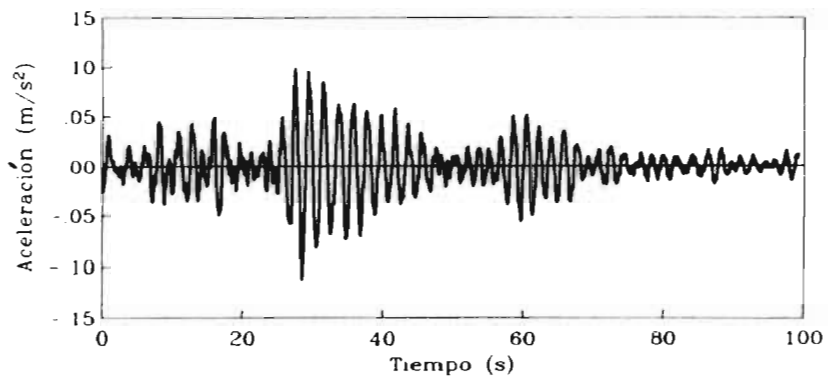
Figura 68.d. - Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección norte sur.



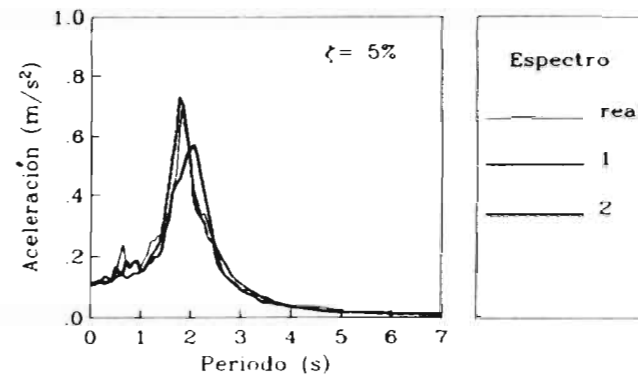
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

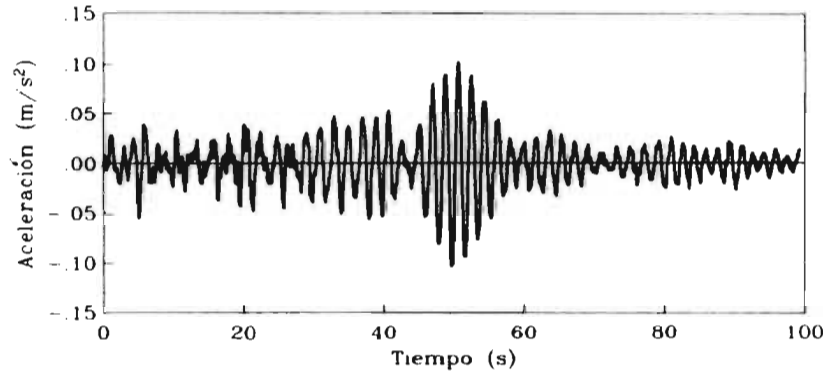


Acelerograma simulado 1

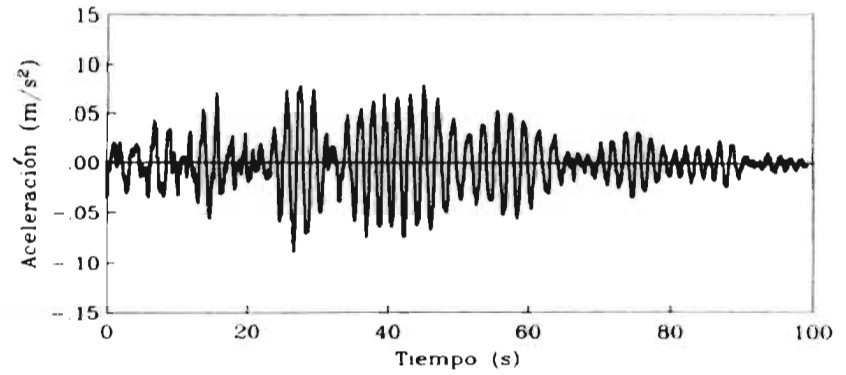


Espectros elásticos

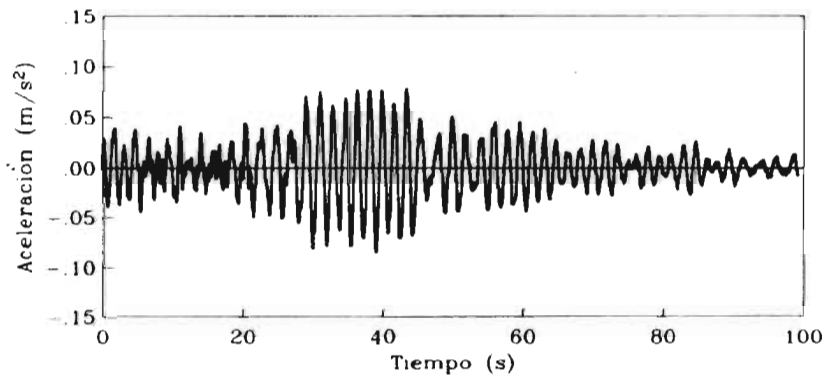
Figura 69.a.- Registros simulados del sismo del 24 de octubre de 1993 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección este-oeste.



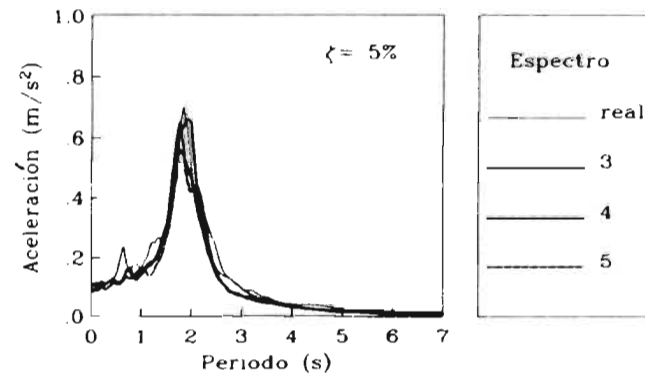
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

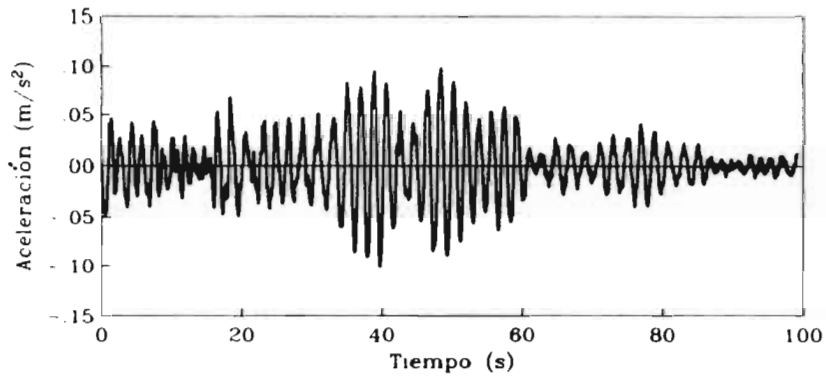


Acelerograma simulado 4

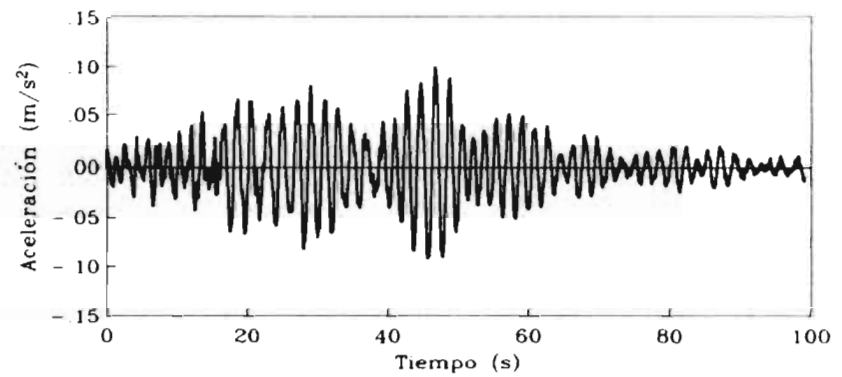


Espectros elásticos

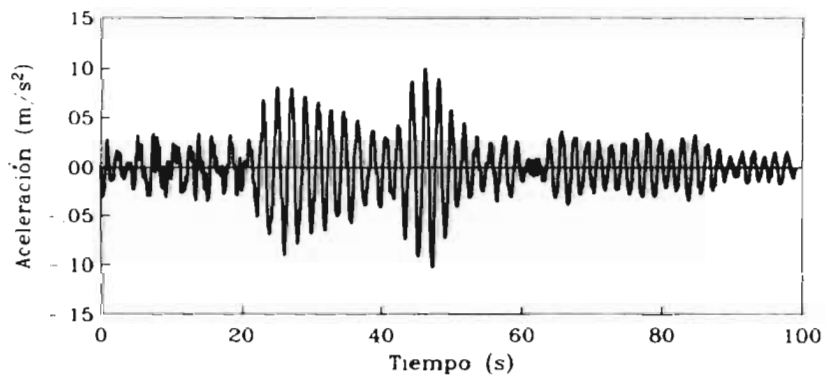
Figura 69.b.- Registros simulados del sismo del 24 de octubre de 1993 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección este-oeste.



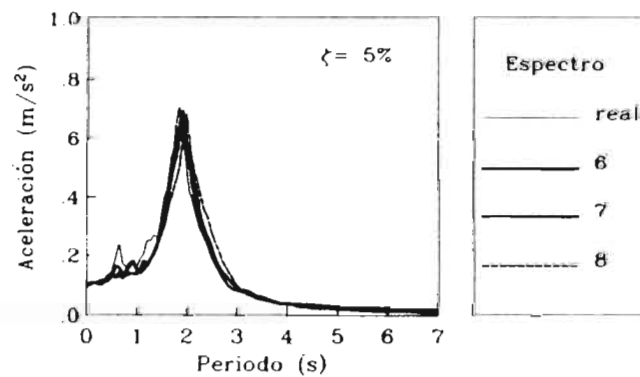
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8



Acelerograma simulado 7



Espectros elásticos

Figura 69 c.- Registros simulados del sismo del 24 de octubre de 1993 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección este-oeste.

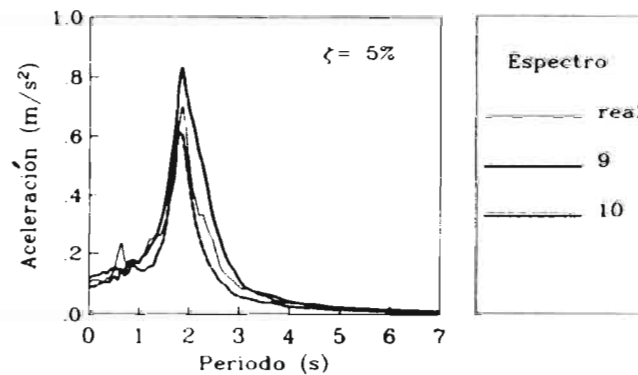
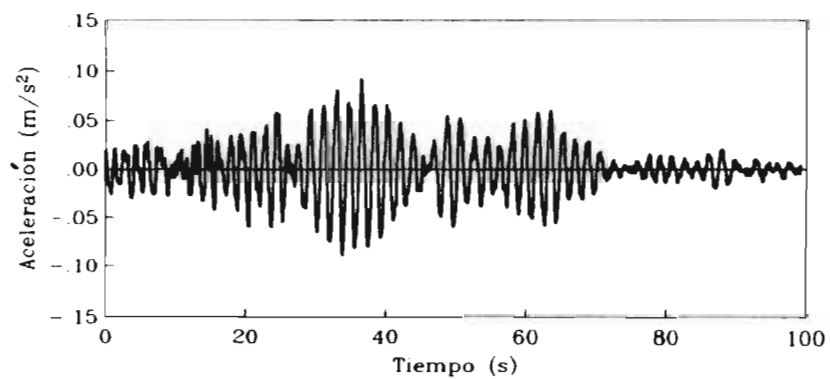
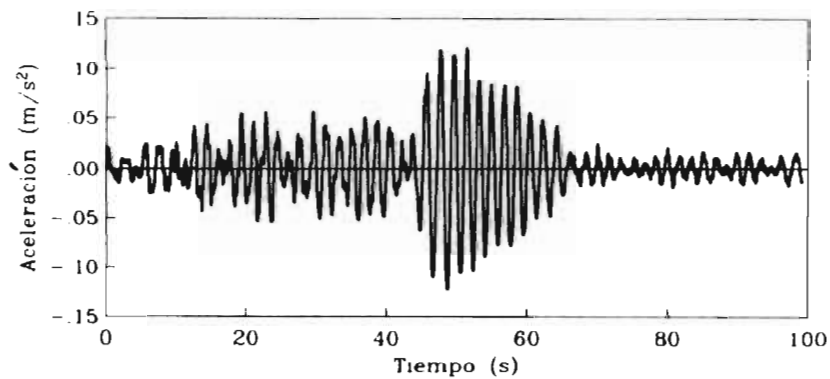
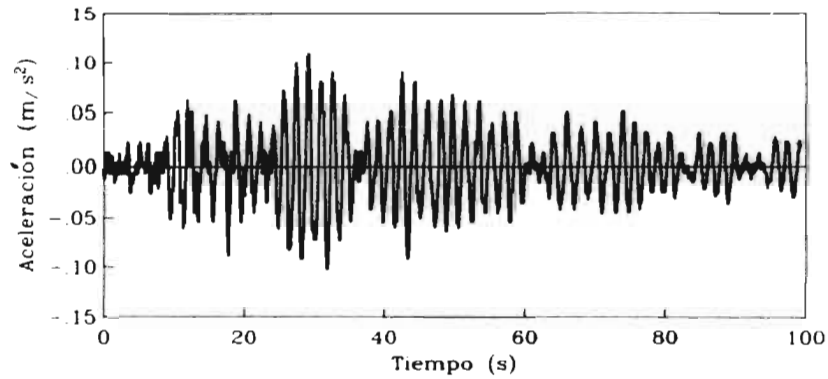
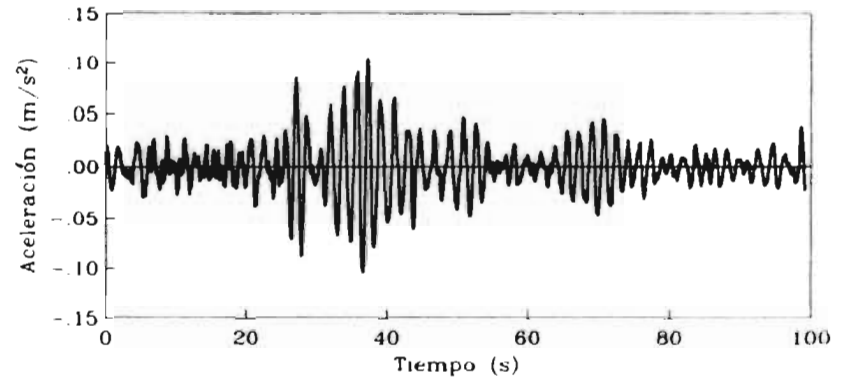


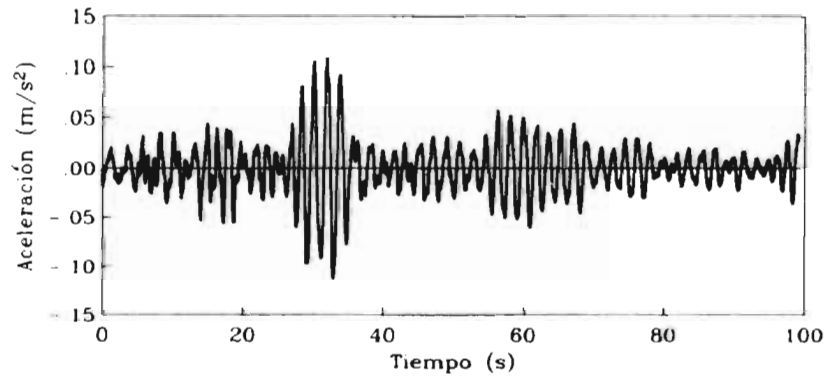
Figura 69.d.- Registros simulados del sismo del 24 de octubre de 1993 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección este-oeste.



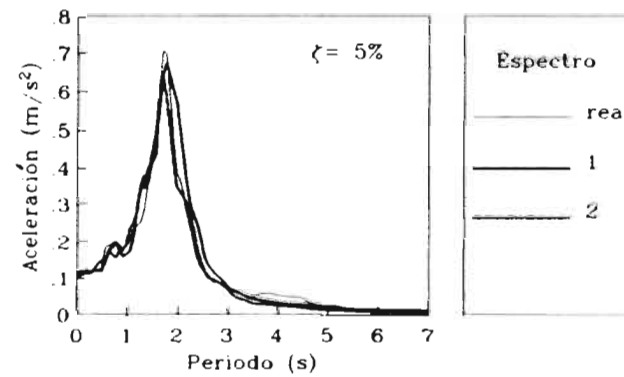
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

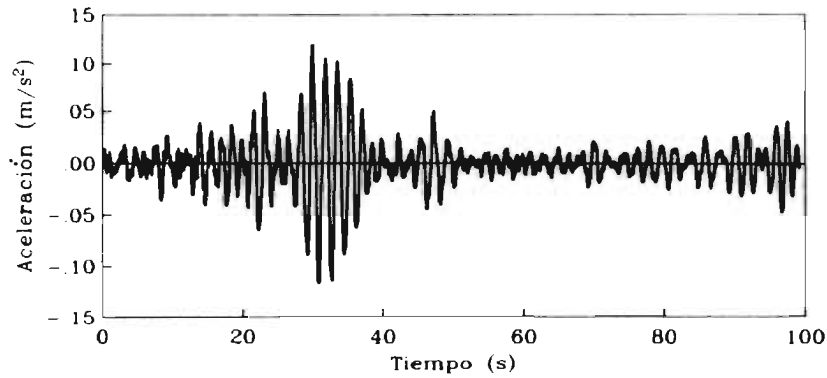


Acelerograma simulado 1

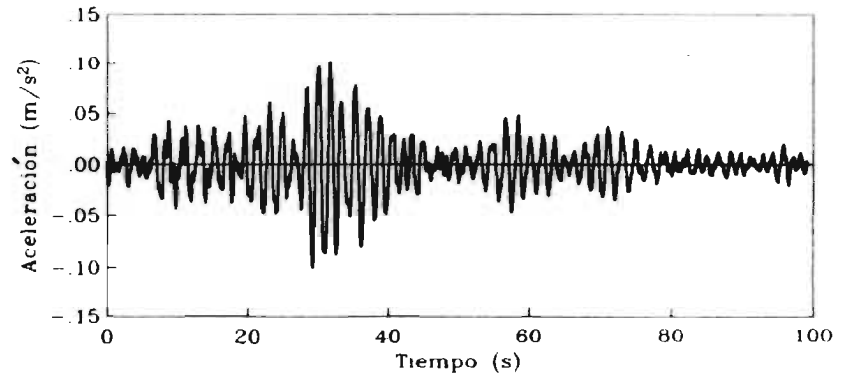


Espectros elásticos

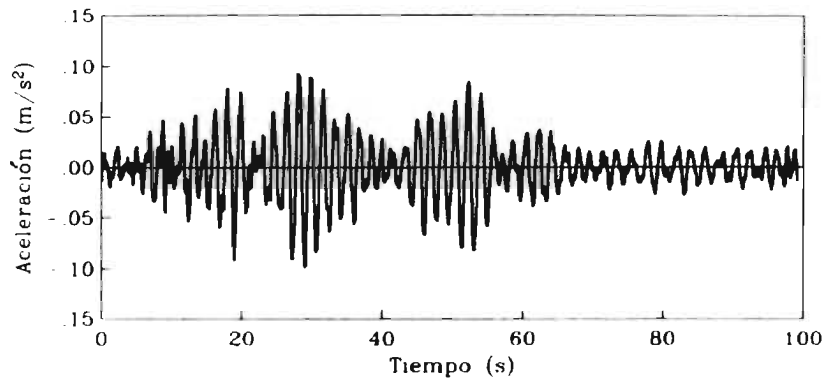
Figura 70.a.- Registros simulados del sismo del 24 de octubre de 1993 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección norte-sur.



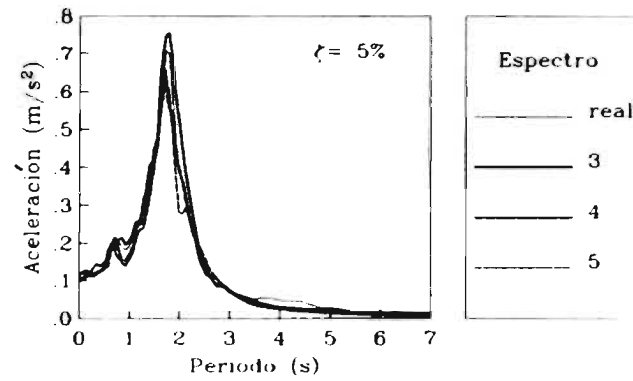
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

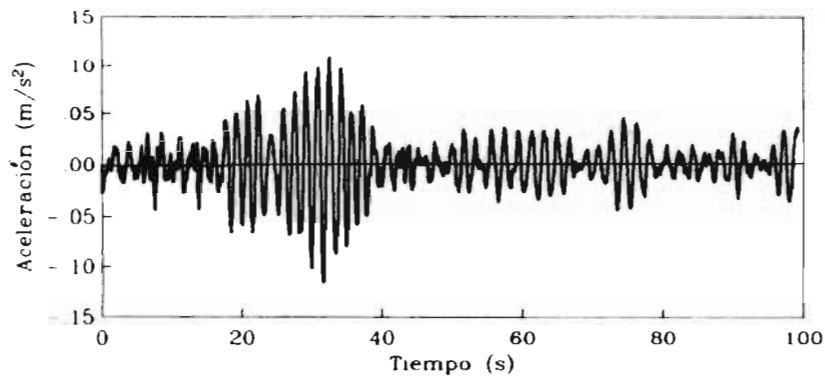


Acelerograma simulado 4

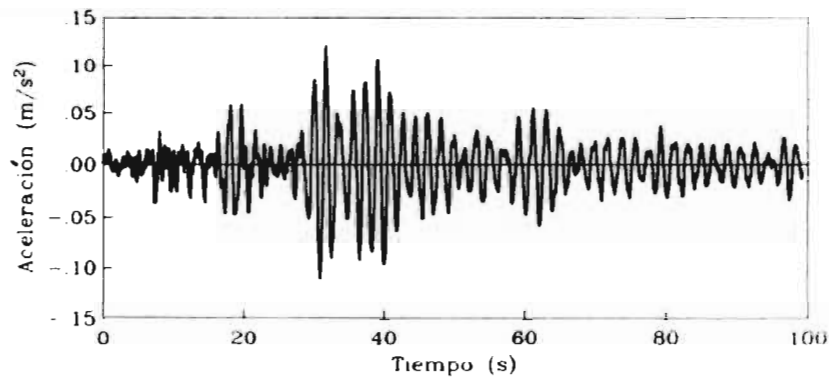


Espectros elásticos

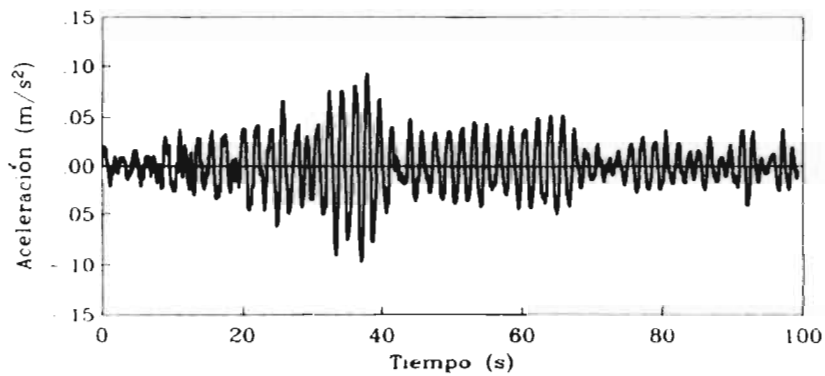
Figura 70.b.- Registros simulados del sismo del 24 de octubre de 1993 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección norte-sur.



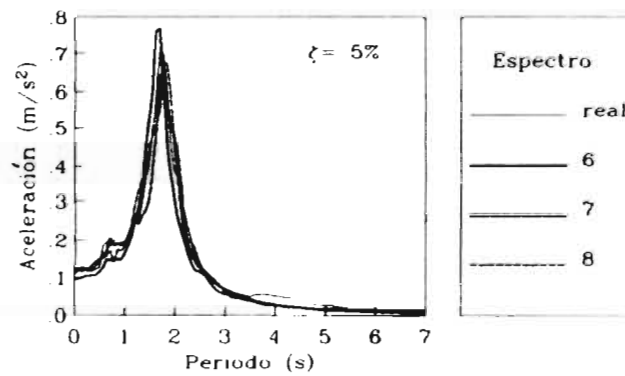
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

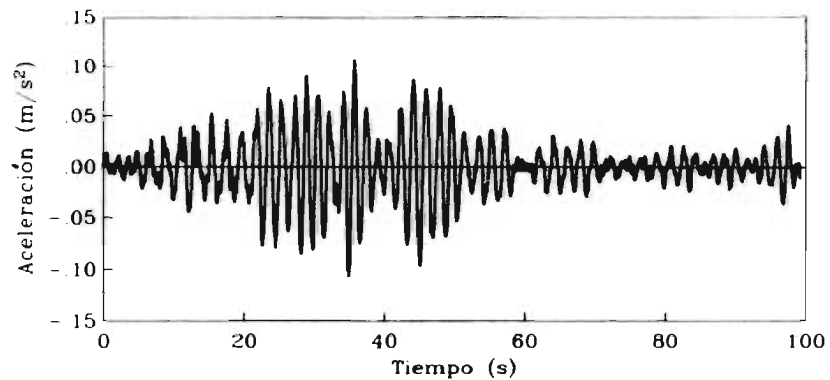


Acelerograma simulado 7

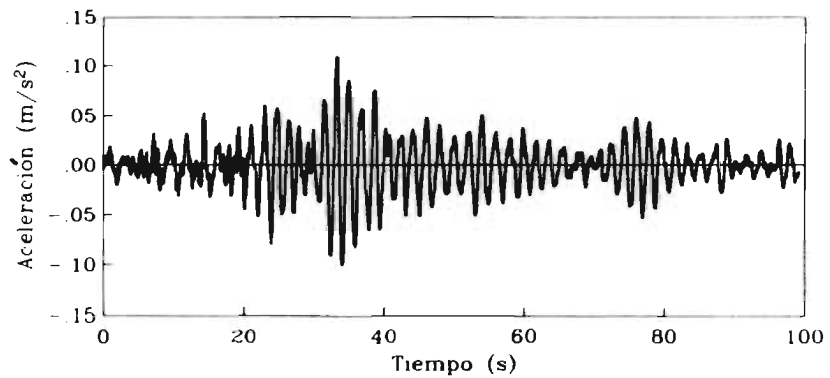


Espectros elásticos

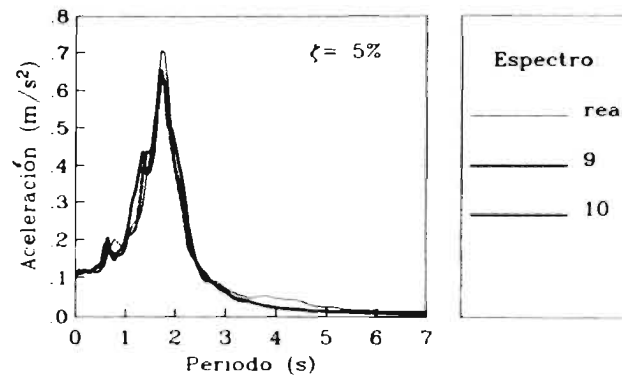
Figura 70.c.- Registros simulados del sismo del 24 de octubre de 1993 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección norte-sur.



Acelerograma simulado 9

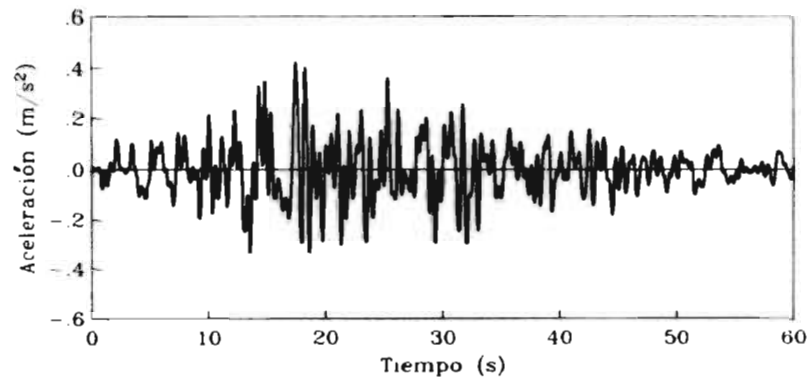


Acelerograma simulado 10

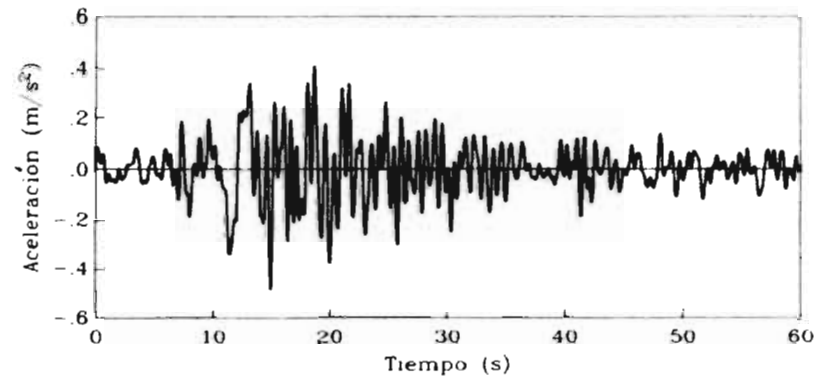


Espectros elásticos

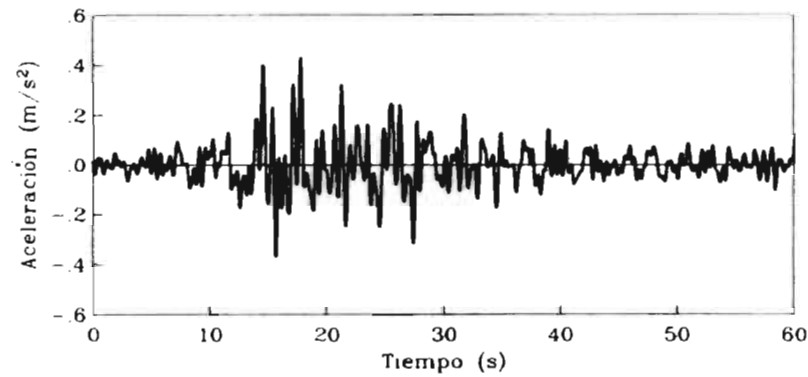
Figura 70.d.- Registros simulados del sismo del 24 de octubre de 1993 y sus espectros de respuesta lineal en estación SCT, dirección norte-sur.



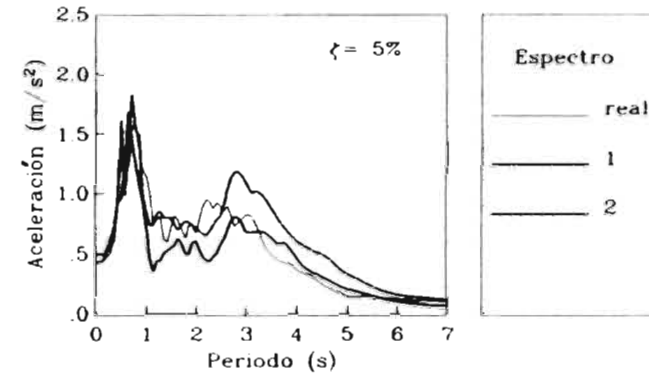
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

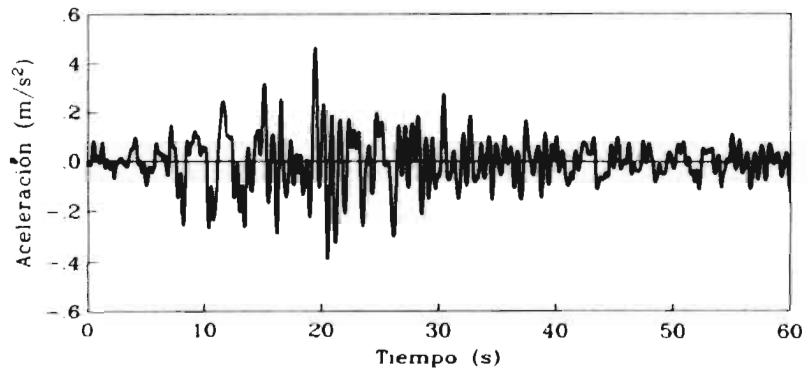


Acelerograma simulado 1

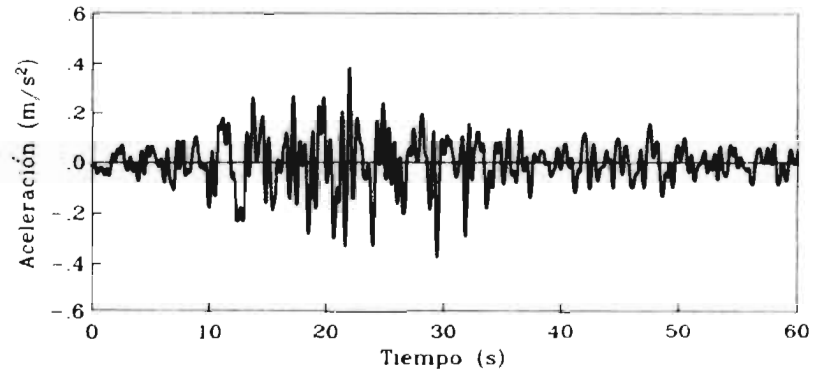


Espectros elásticos

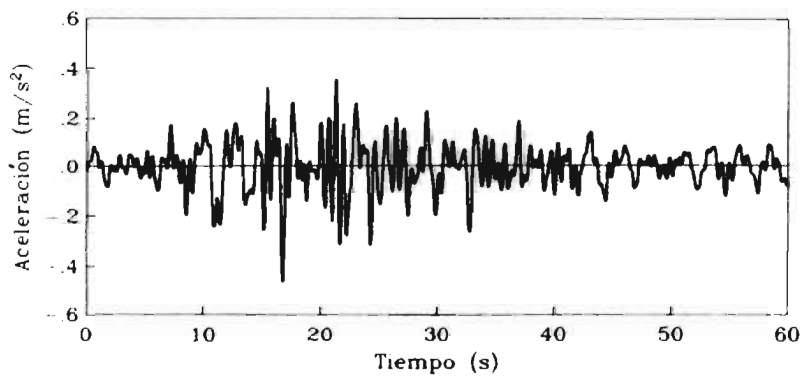
Figura 71.a.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación Viveros, dirección este-oeste.



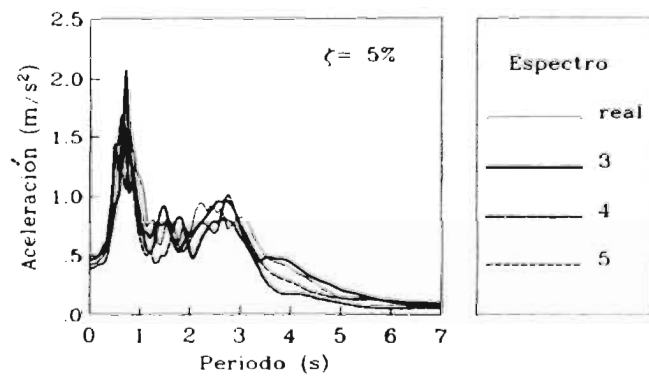
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

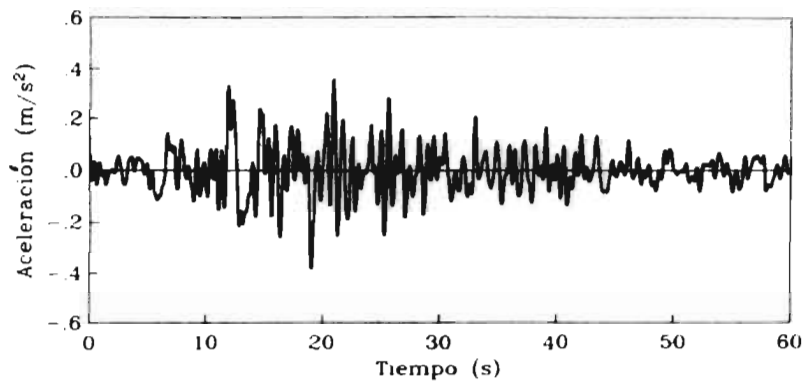


Acelerograma simulado 4

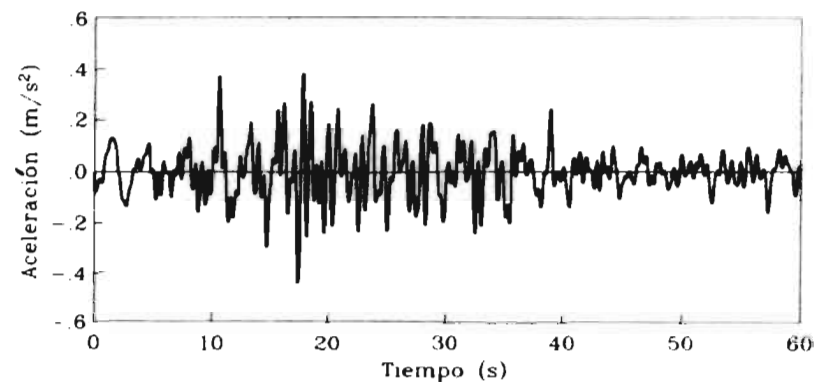


Espectros elásticos

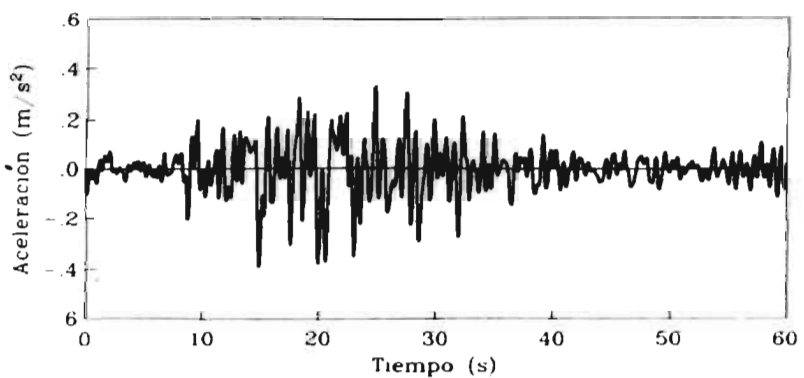
Figura 71.b.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación Viveros, dirección este-oeste.



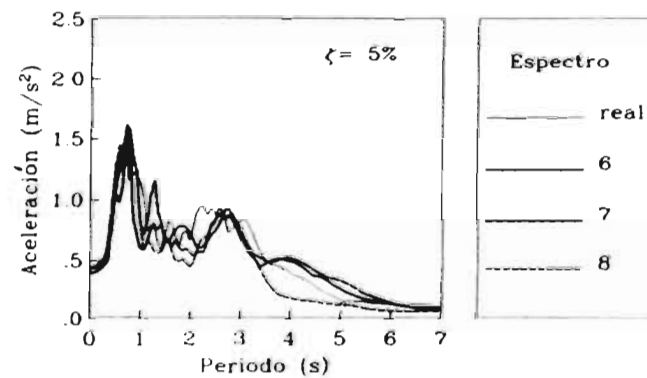
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

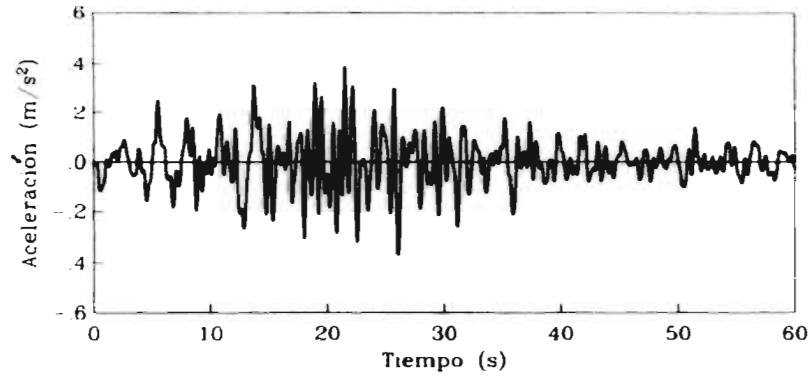


Acelerograma simulado 7

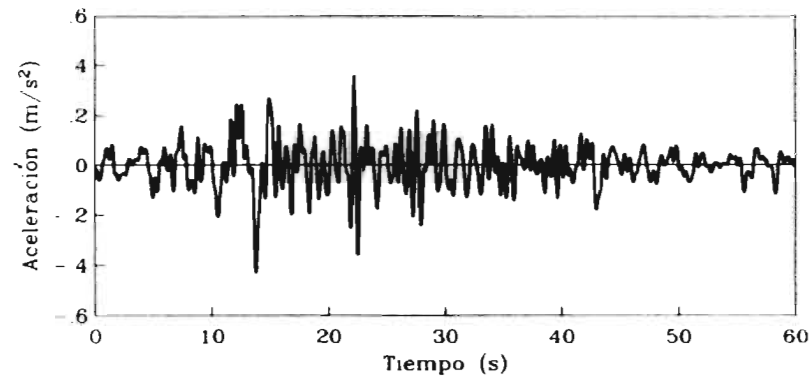


Espectros elásticos

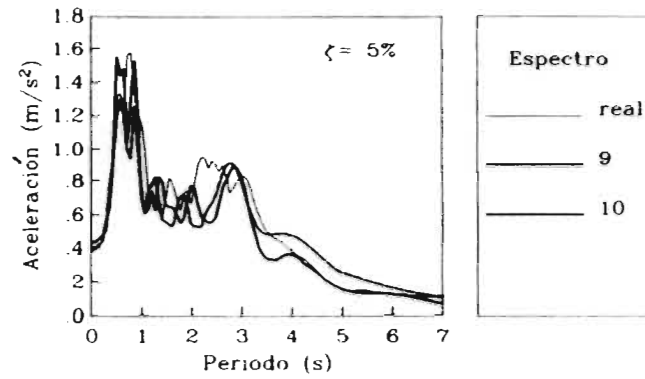
Figura 71.c.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación Viveros, dirección este-oeste.



Acelerograma simulado 9

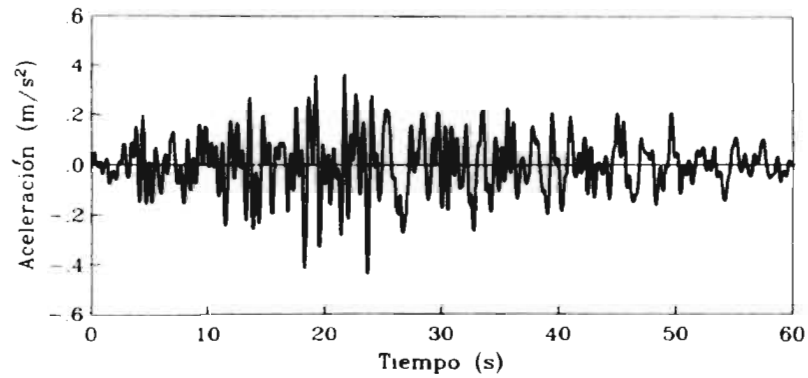


Acelerograma simulado 10

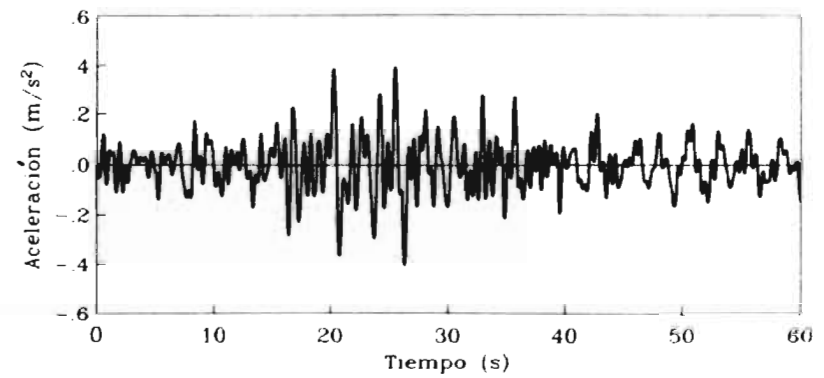


Espectros elásticos

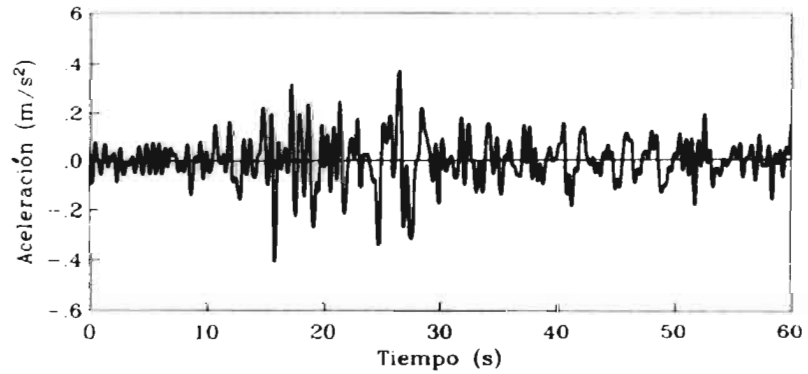
Figura 71.d.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación Viveros, dirección este-oeste.



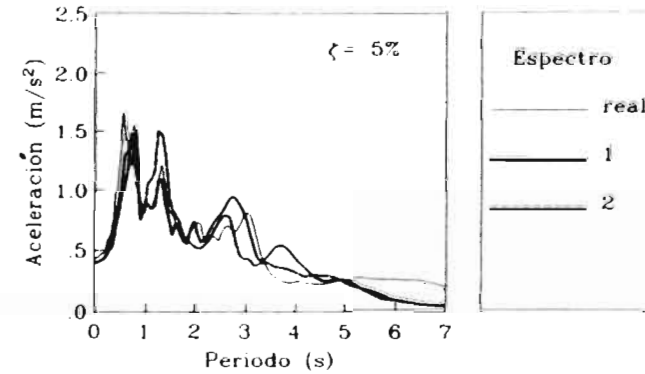
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

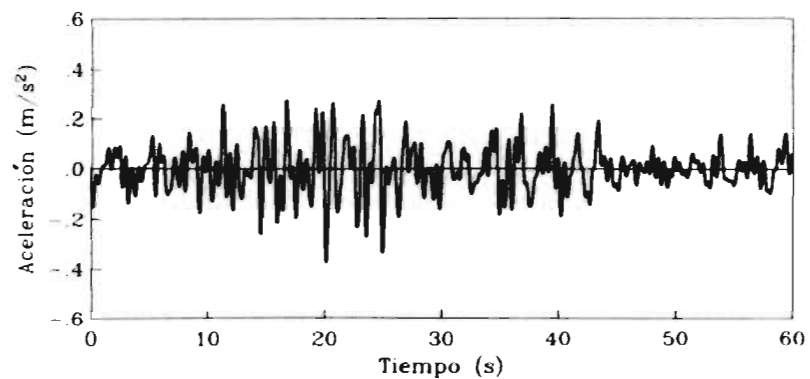


Acelerograma simulado 1

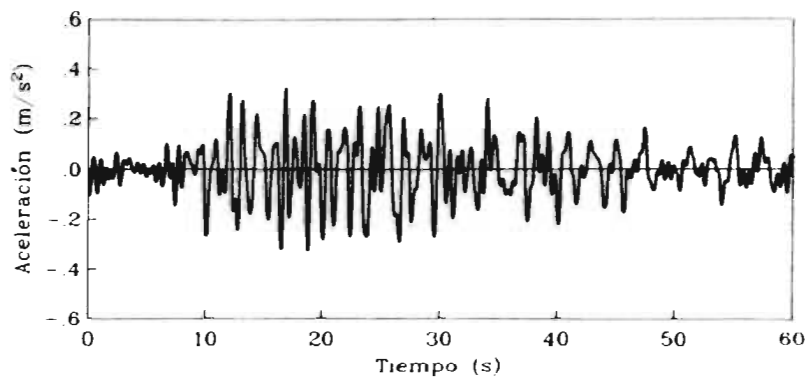


Espectros elásticos

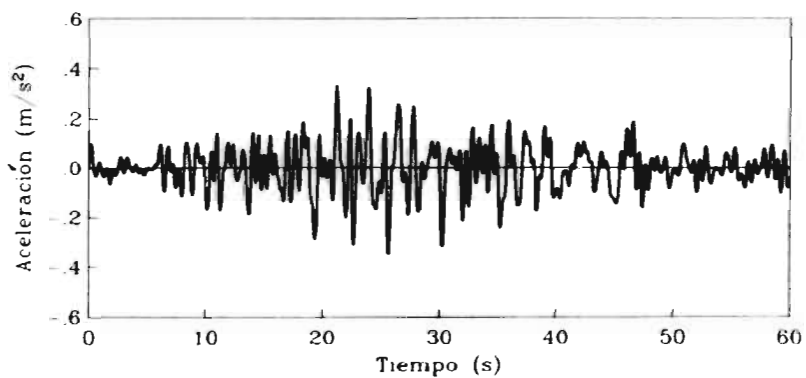
Figura 72.a.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación Viveros, dirección norte-sur.



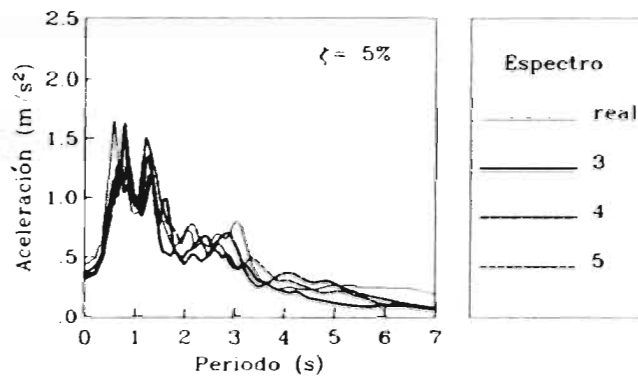
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

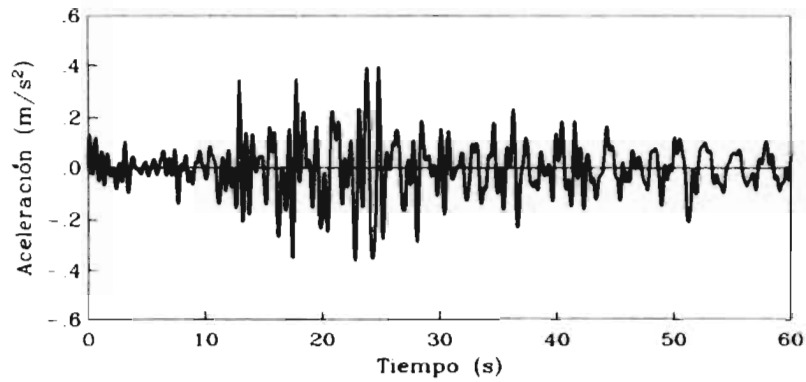


Acelerograma simulado 4

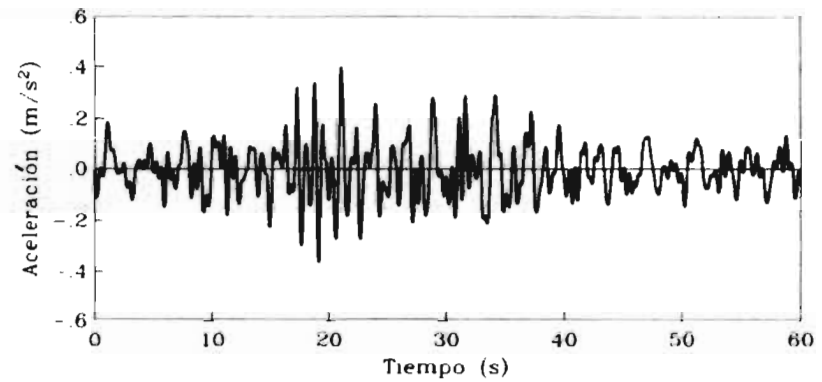


Espectros elásticos

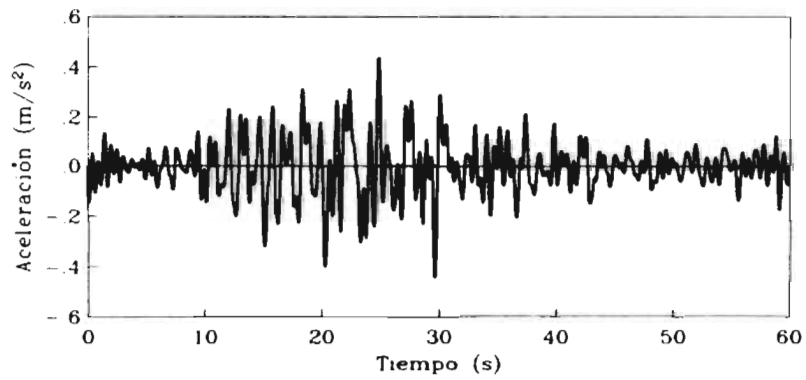
Figura 72.b.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación Viveros, dirección norte-sur.



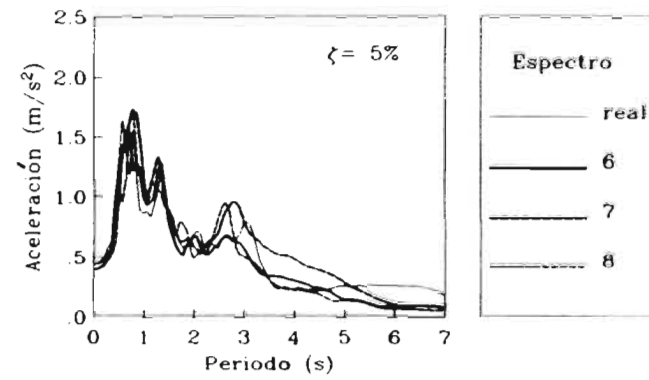
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

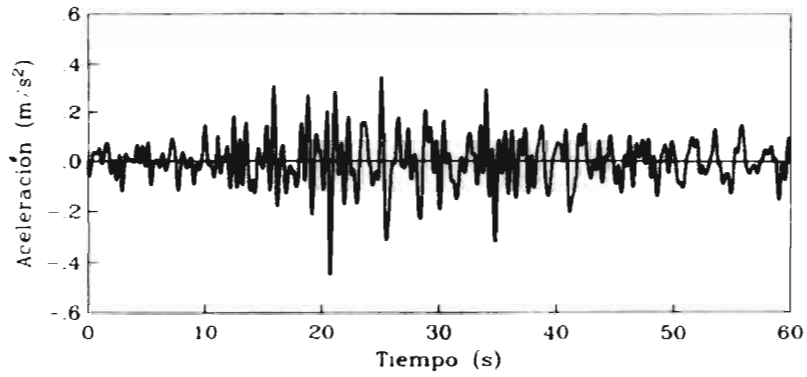


Acelerograma simulado 7

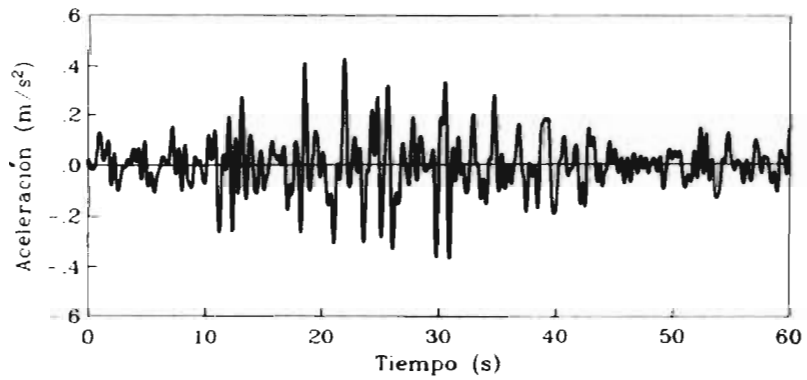


Espectros elásticos

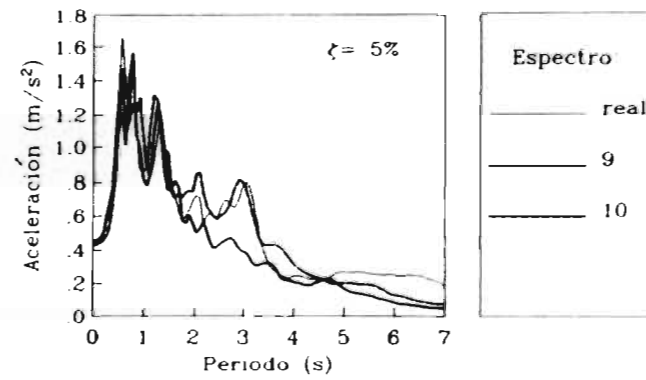
Figura 72.c.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación Viveros, dirección norte-sur.



Acelerograma simulado 9

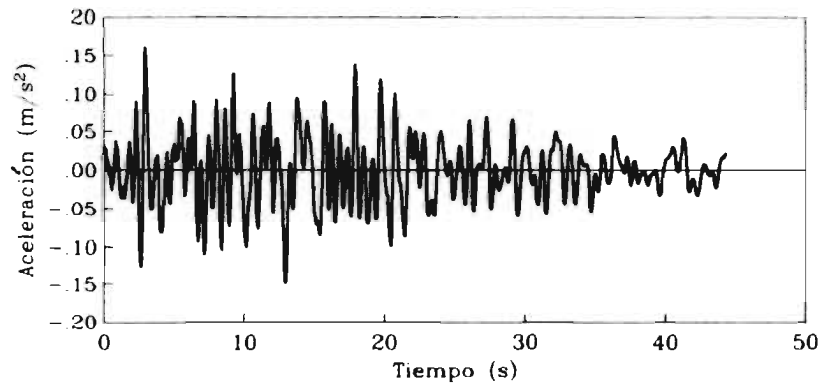


Acelerograma simulado 10

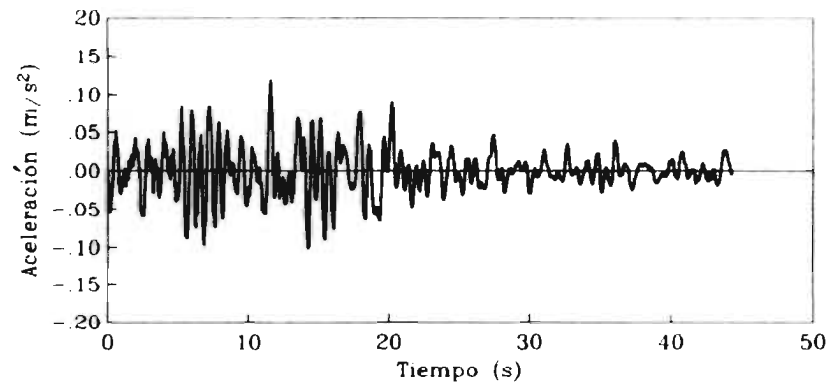


Espectros elásticos

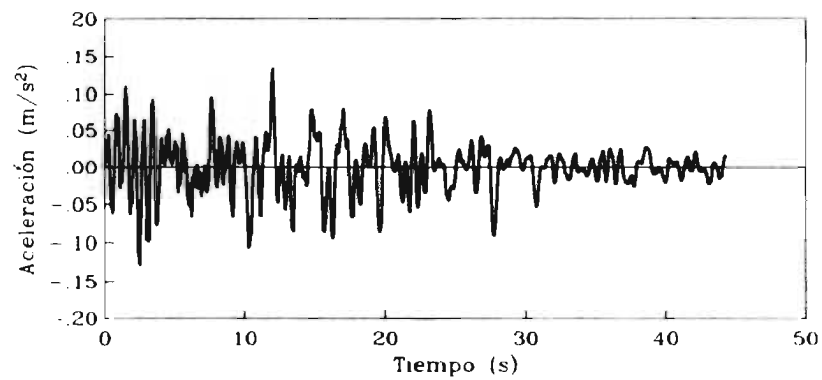
Figura 72.d.- Registros simulados del sismo del 19 de septiembre de 1985 y sus espectros de respuesta lineal en estación Viveros, dirección norte-sur.



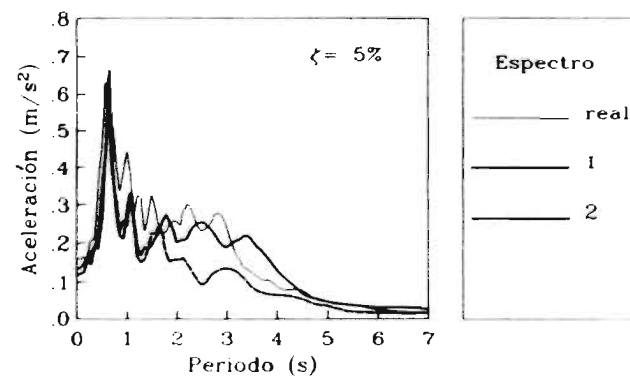
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

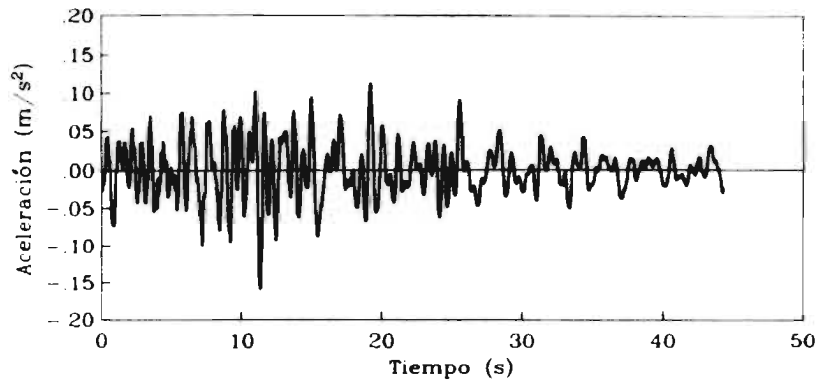


Acelerograma simulado 1

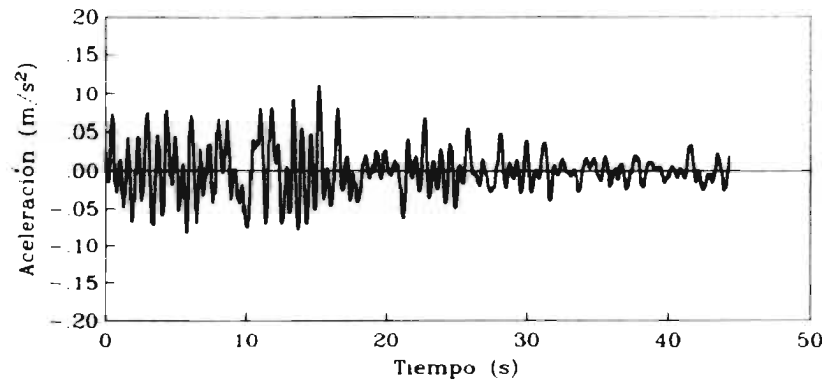


Espectros elásticos

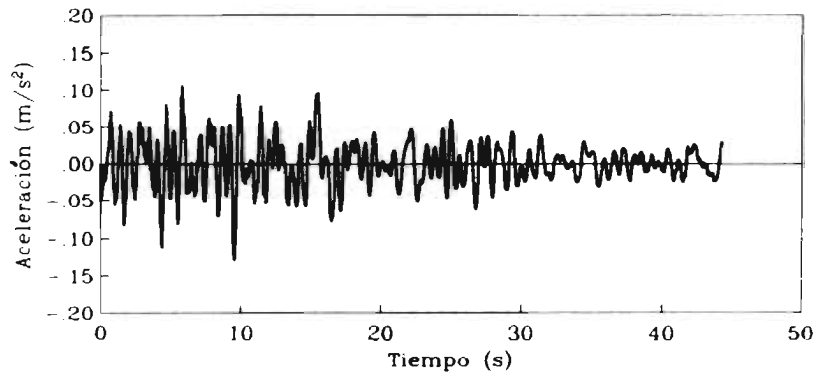
Figura 73.a.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación Viveros, dirección este-oeste.



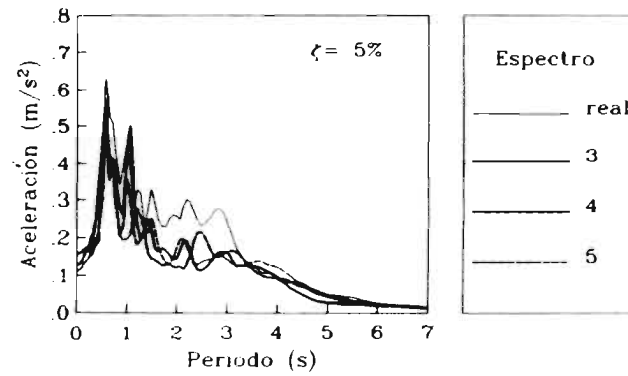
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

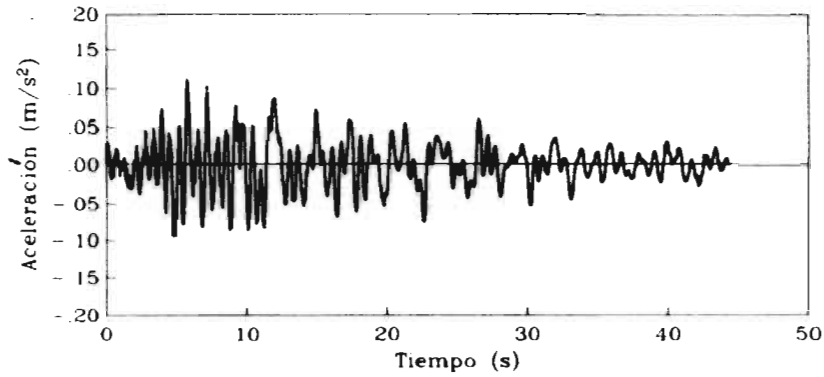


Acelerograma simulado 4

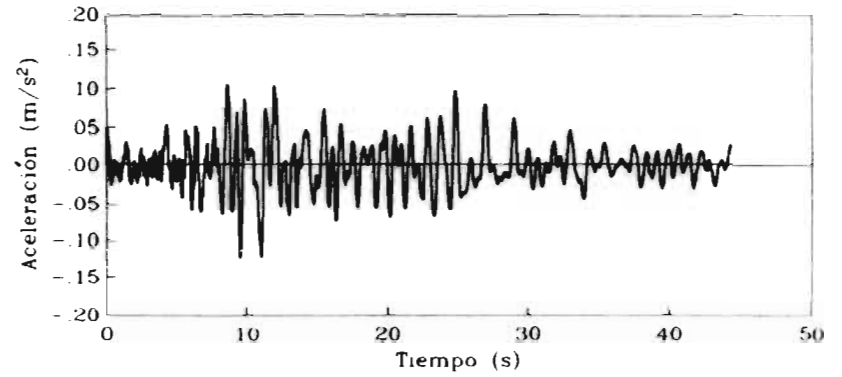


Espectros elásticos

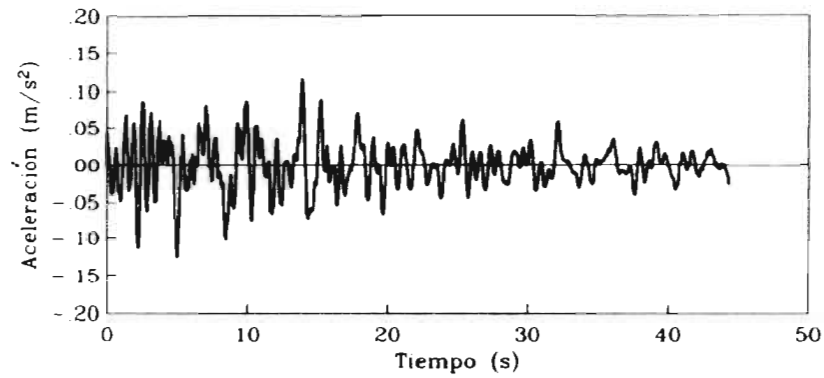
Figura 73.b.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación Viveros, dirección este-oeste.



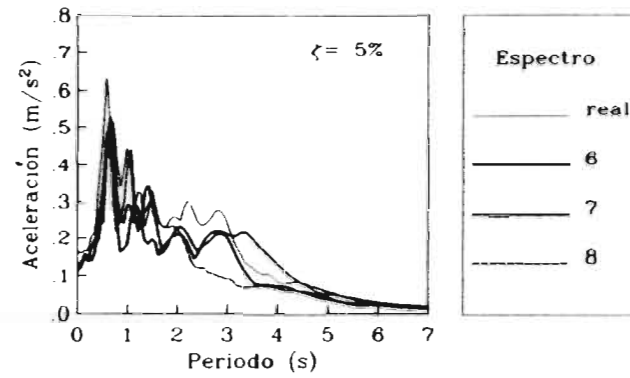
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

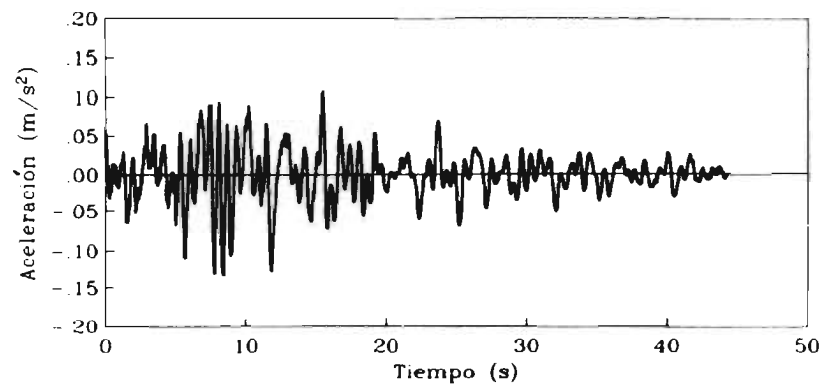


Acelerograma simulado 7

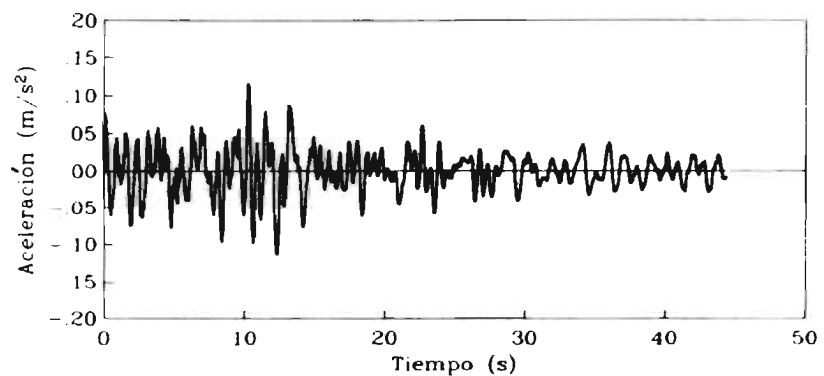


Espectros elásticos

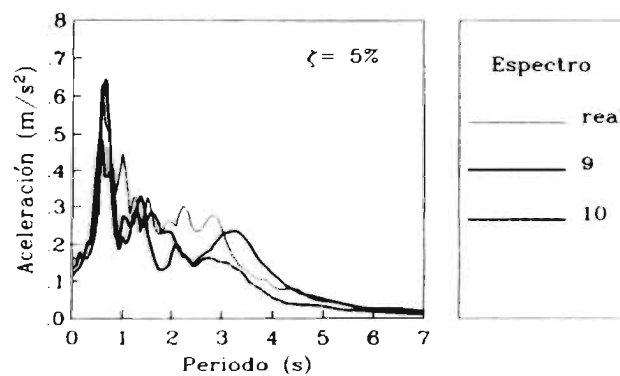
Figura 73 c.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación Viveros, dirección este-oeste.



Acelerograma simulado 9

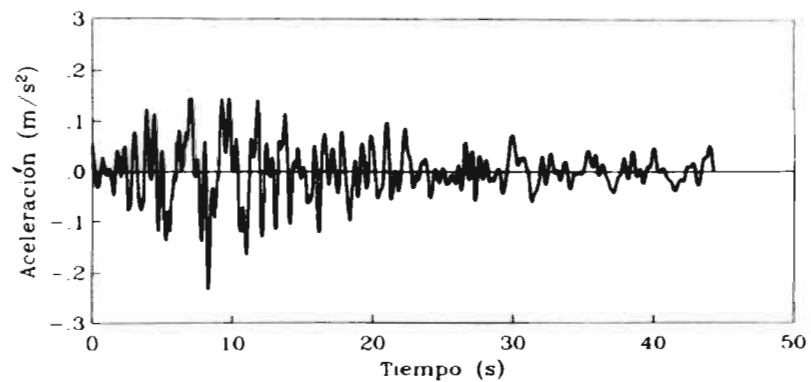


Acelerograma simulado 10

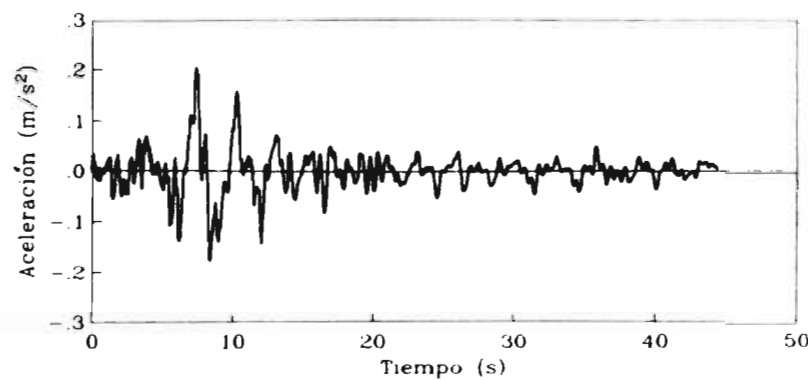


Espectros elásticos

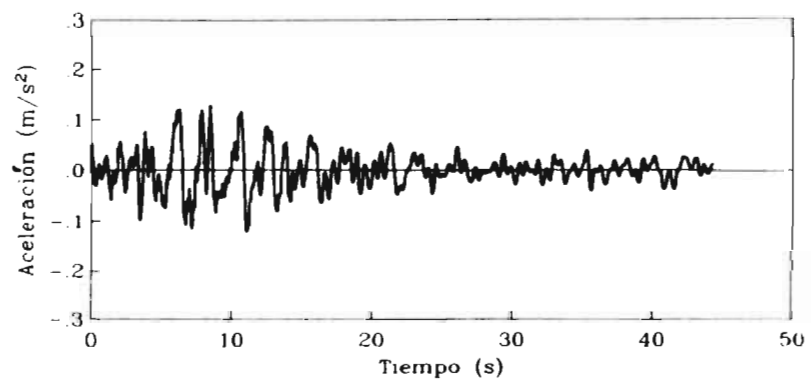
Figura 73.d.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación Viveros, dirección este-oeste.



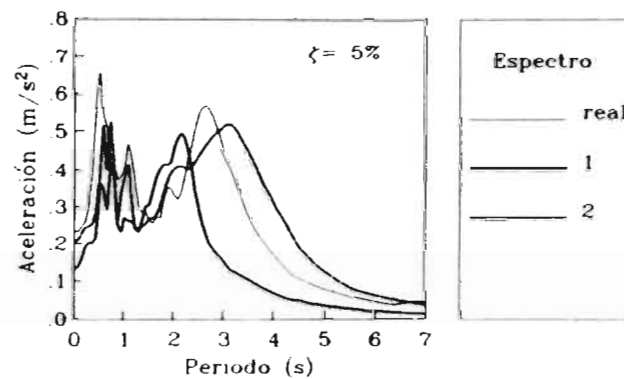
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

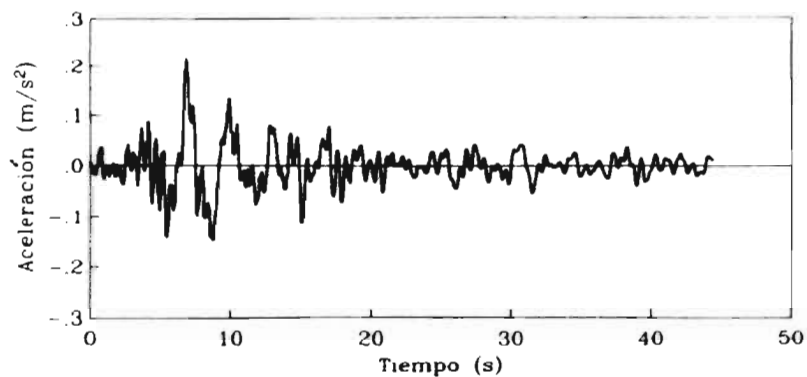


Acelerograma simulado 1

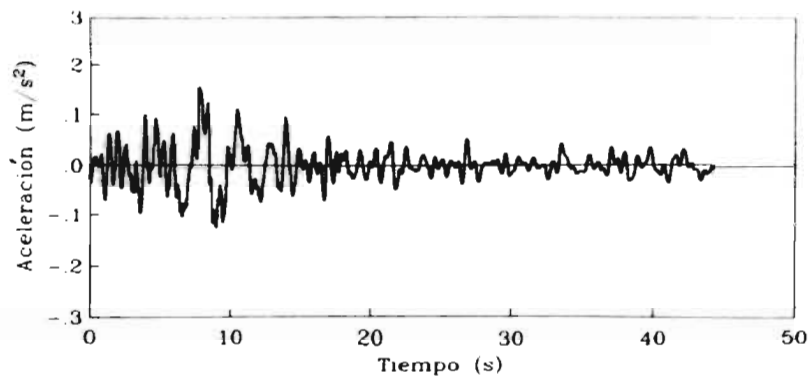


Espectros elásticos

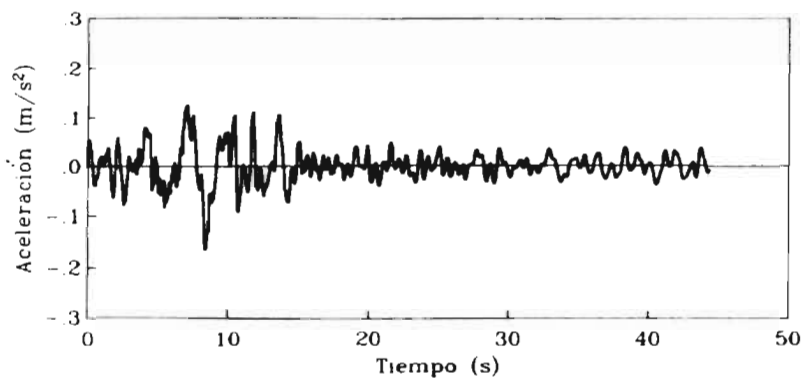
Figura 74 a.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación Viveros, dirección norte-sur.



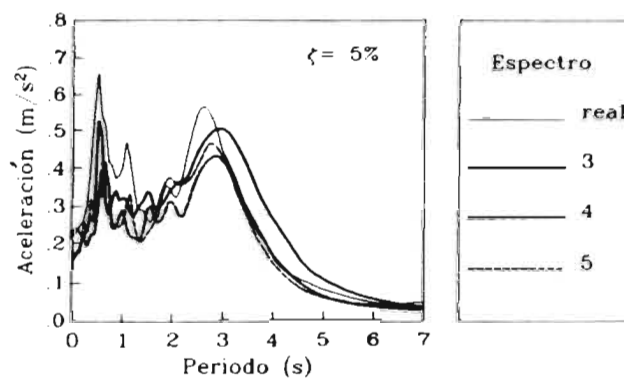
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

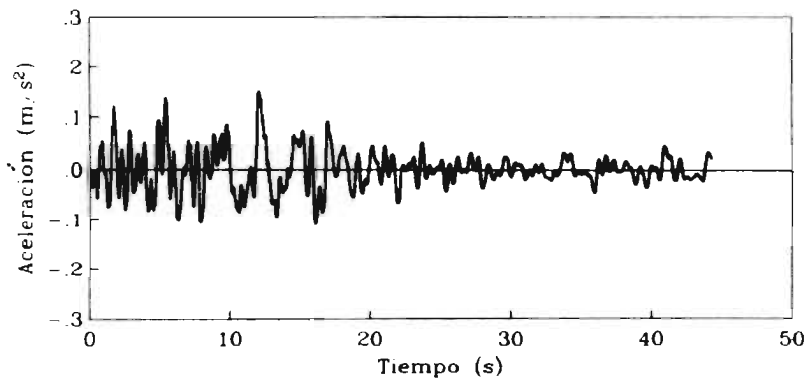


Acelerograma simulado 4

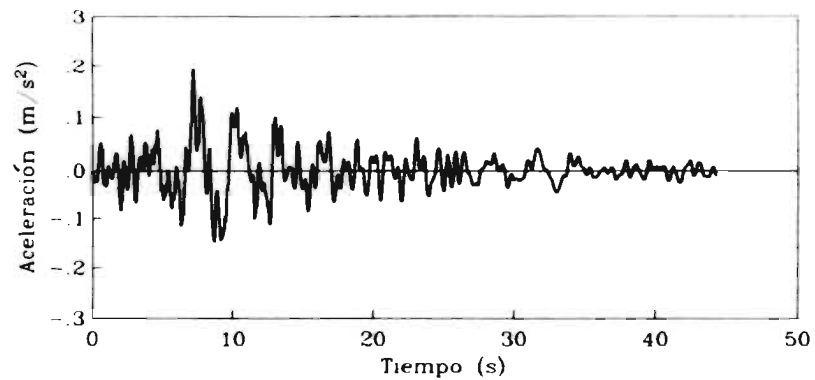


Espectros elásticos

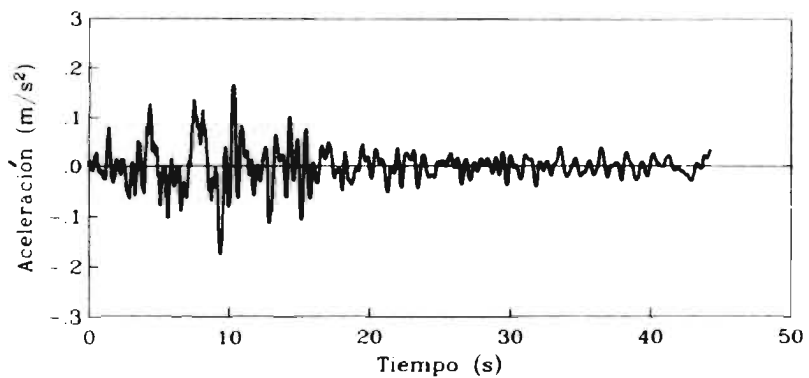
Figura 74.b.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación Viveros, dirección norte-sur.



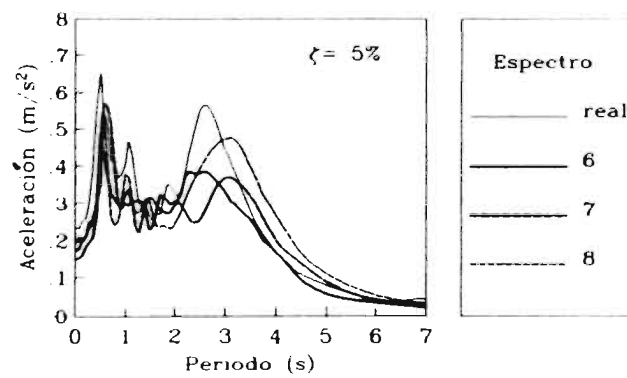
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

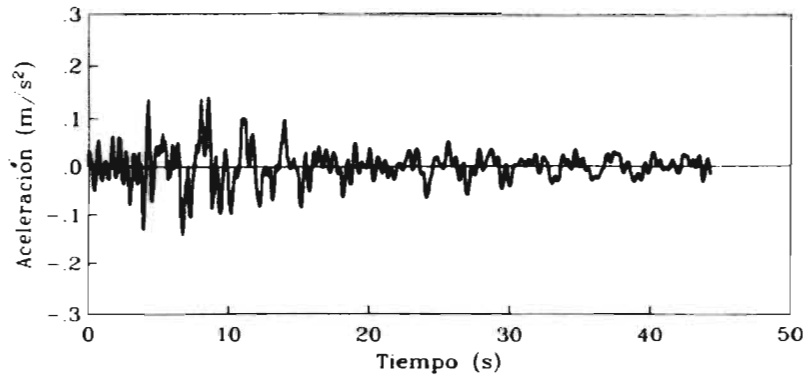


Acelerograma simulado 7

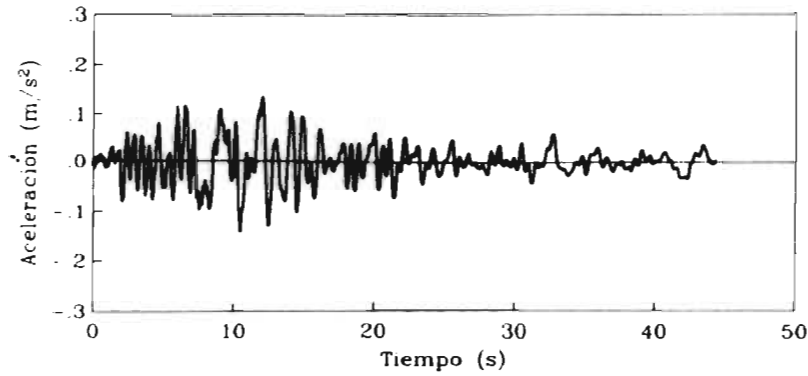


Espectros elásticos

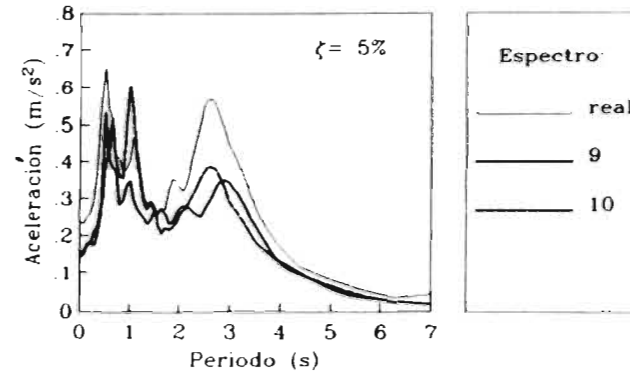
Figura 74 c - Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación Viveros, dirección norte sur.



Accelerograma simulado 9

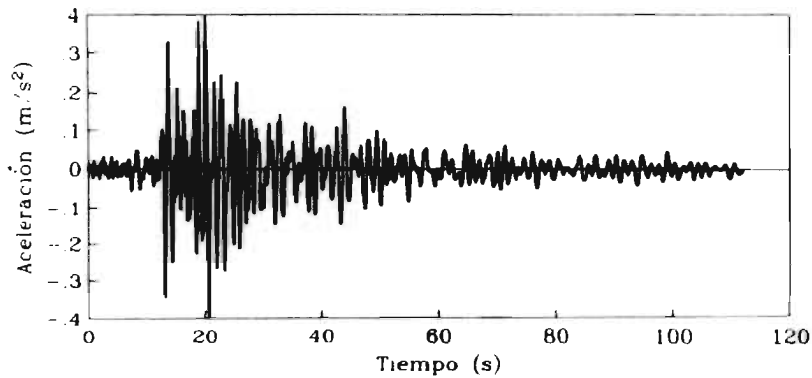


Accelerograma simulado 10

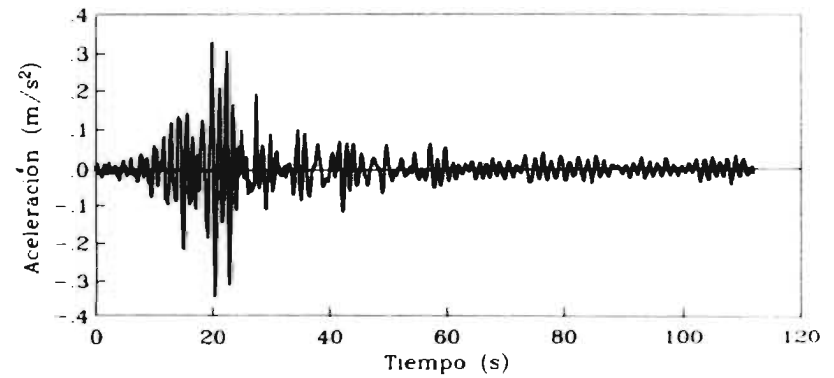


Espetros elásticos

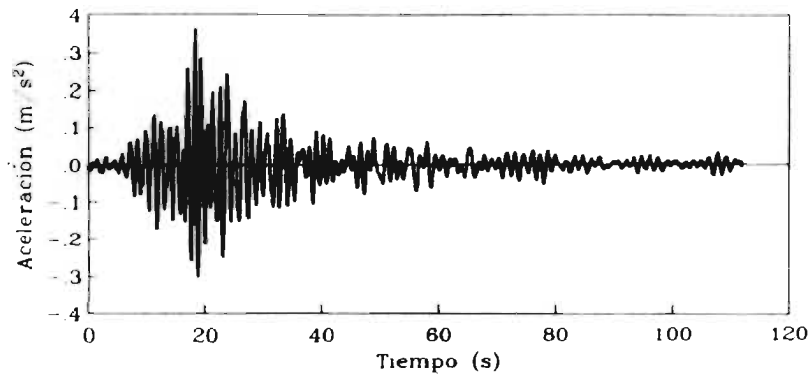
Figura 74.d.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación Viveros, dirección norte sur.



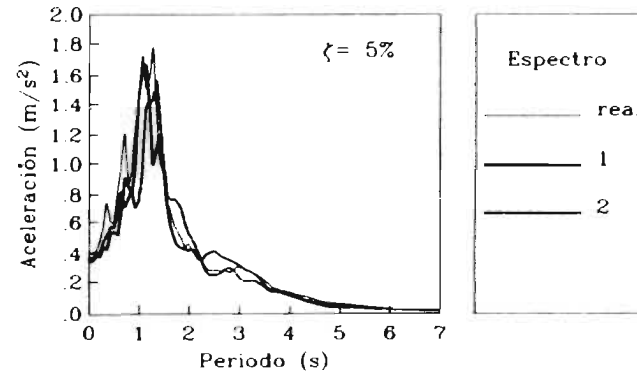
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

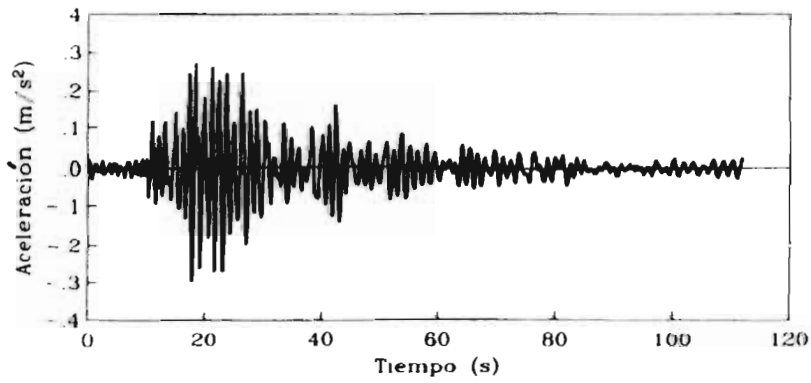


Acelerograma simulado 1

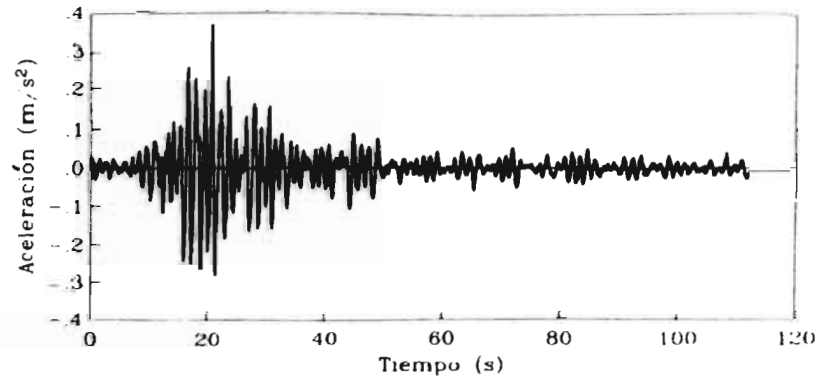


Espectros elásticos

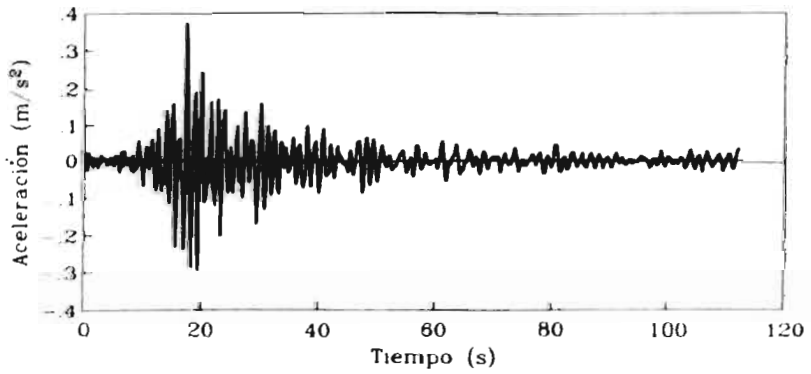
Figura 75.a.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación 44, dirección este-oeste.



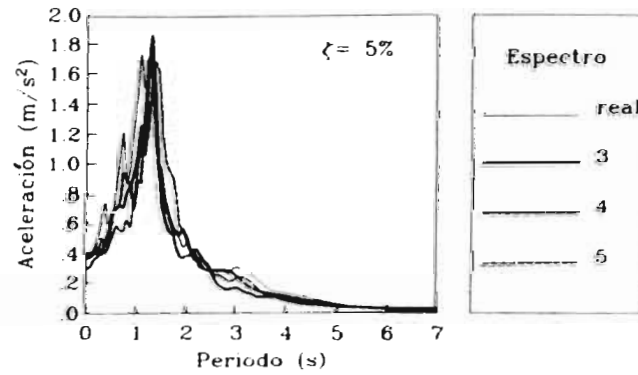
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

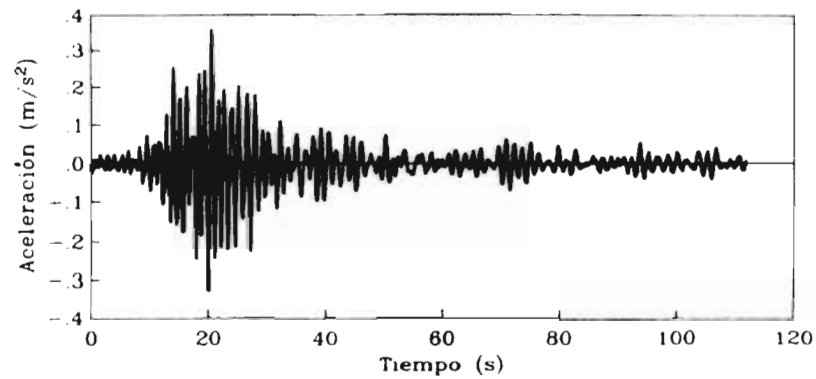


Acelerograma simulado 4

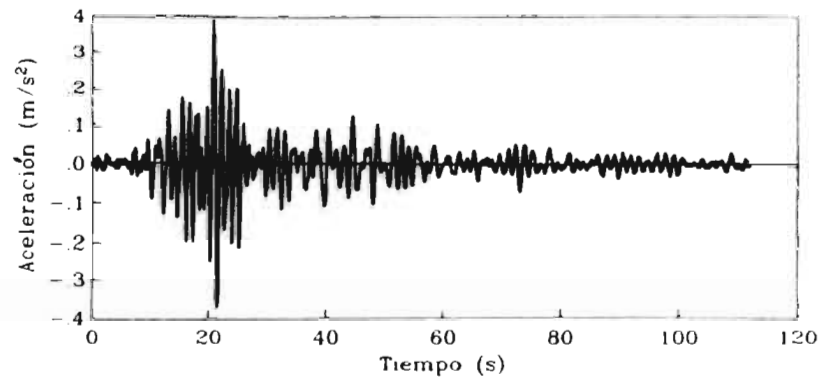


Espectros elásticos

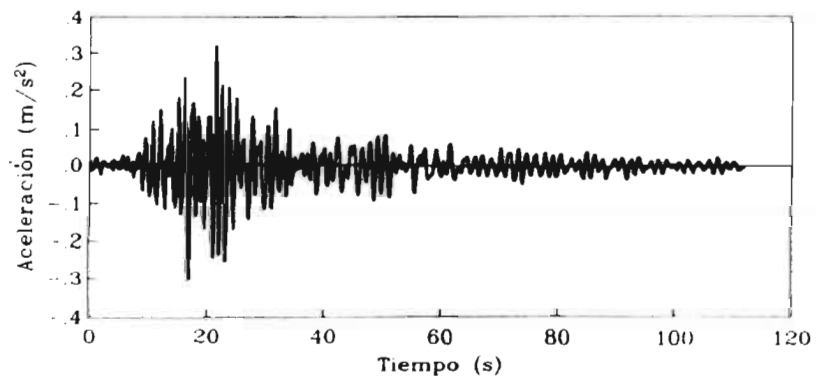
Figura 75.b.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación 44, dirección este-oeste.



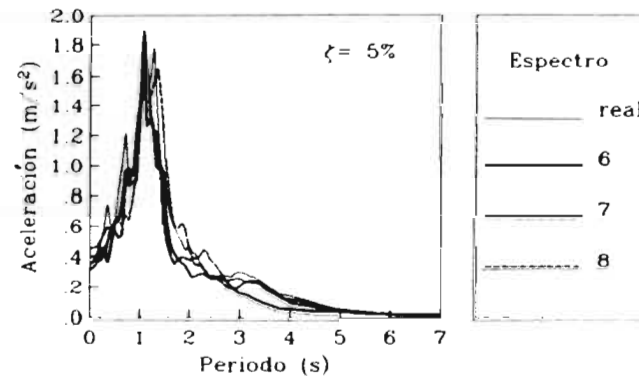
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

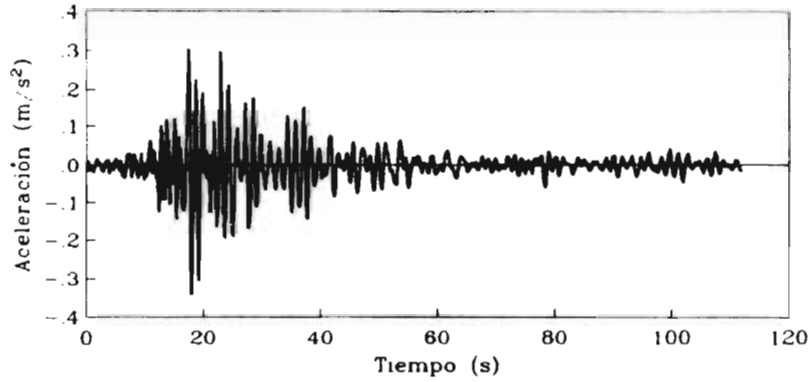


Acelerograma simulado 7

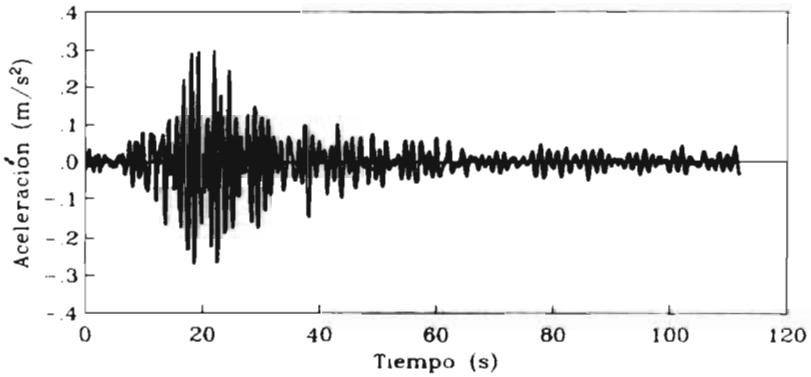


Espectros elásticos

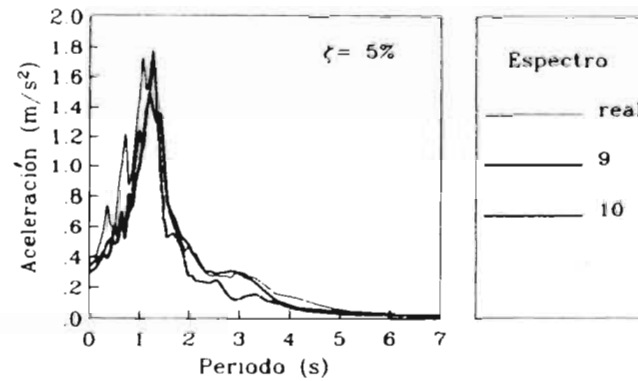
Figura 75.c.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación 44, dirección este-oeste.



Accelerograma simulado 9

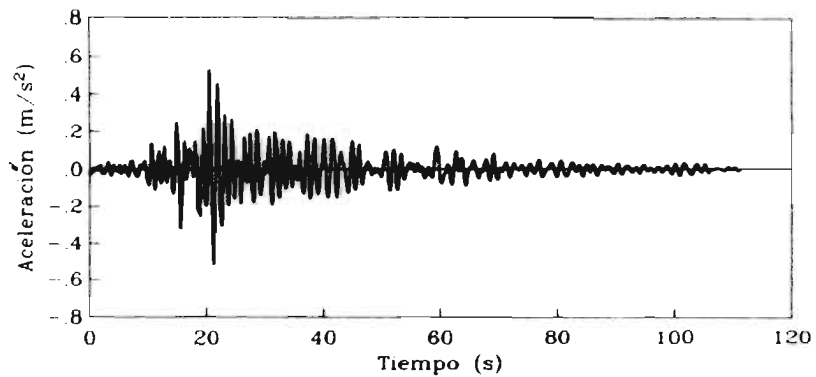


Accelerograma simulado 10

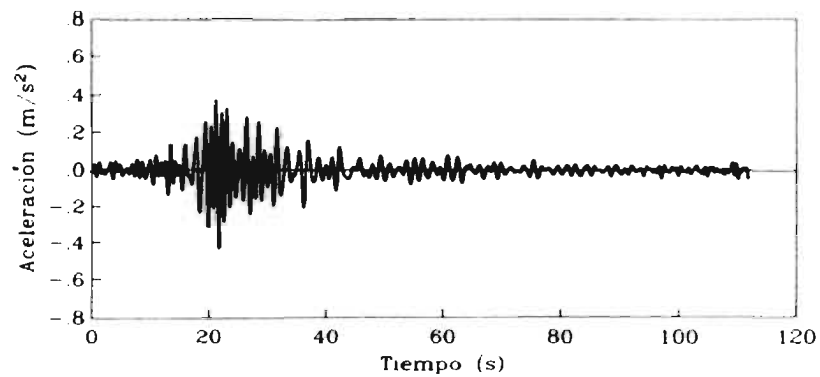


Espectros elásticos

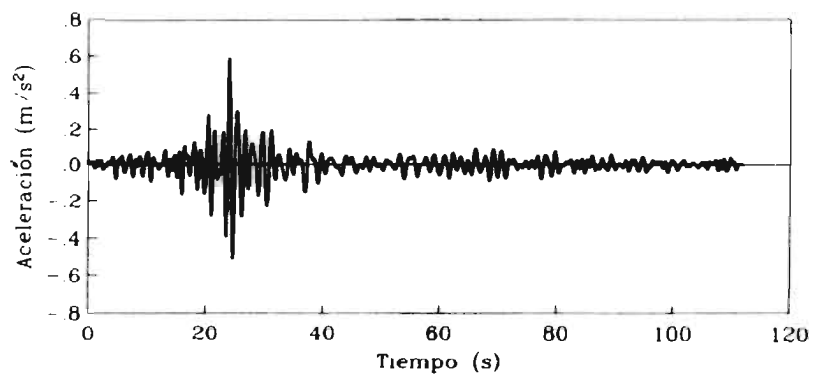
Figura 75.d - Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación 44, dirección este-oeste.



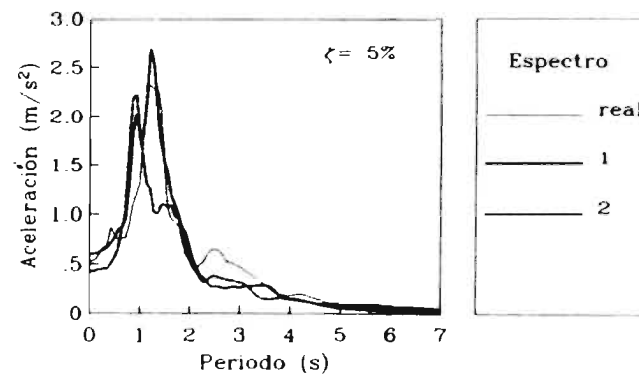
Acelerograma real



Acelerograma simulado 2

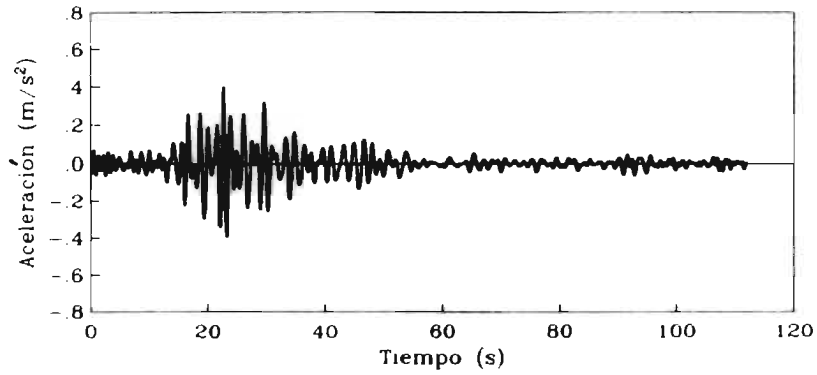


Acelerograma simulado 1

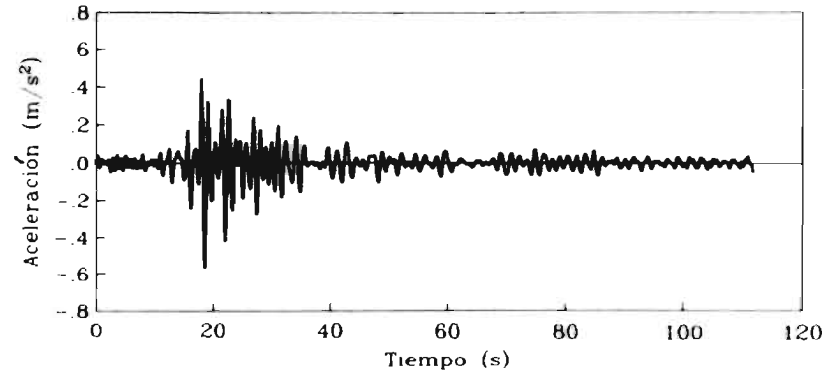


Espectros elásticos

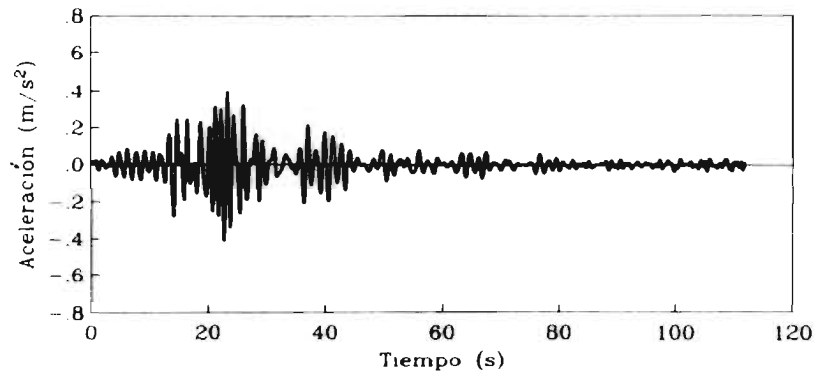
Figura 76.a.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación 44, dirección norte-sur.



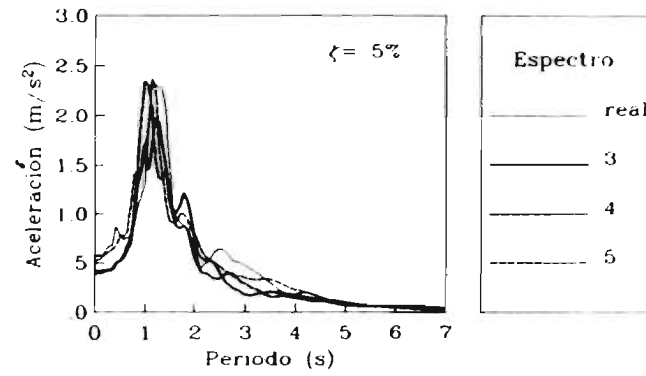
Acelerograma simulado 3



Acelerograma simulado 5

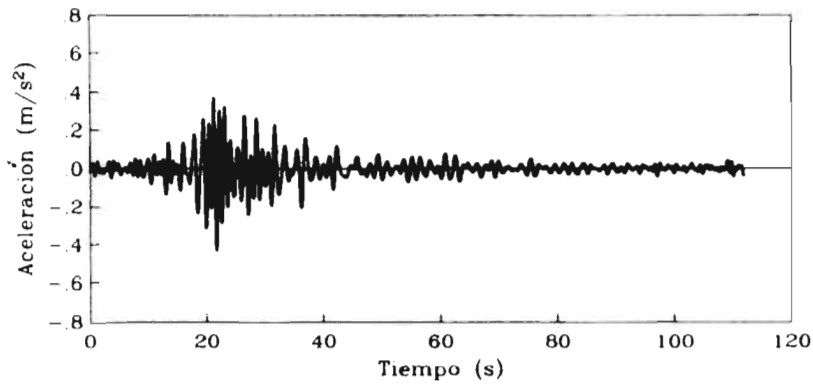


Acelerograma simulado 4

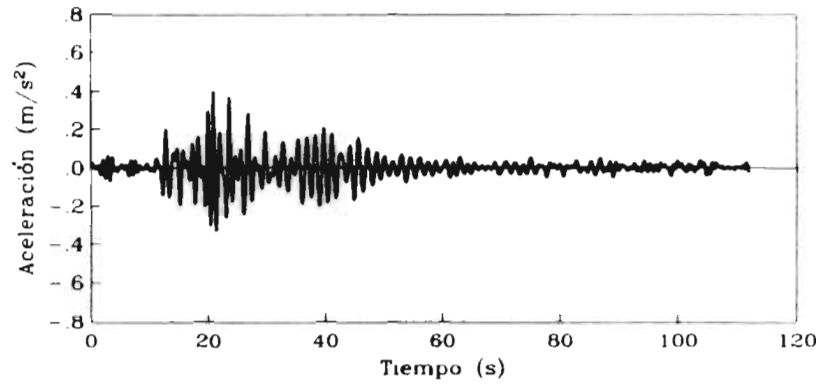


Espectros elásticos

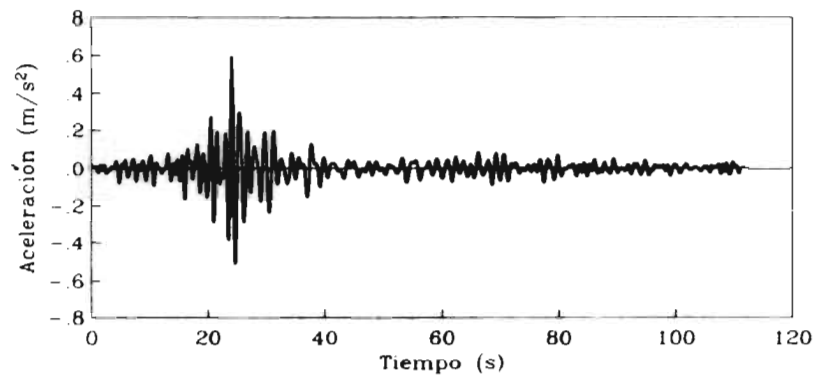
Figura 76.b - Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación 44, dirección norte-sur.



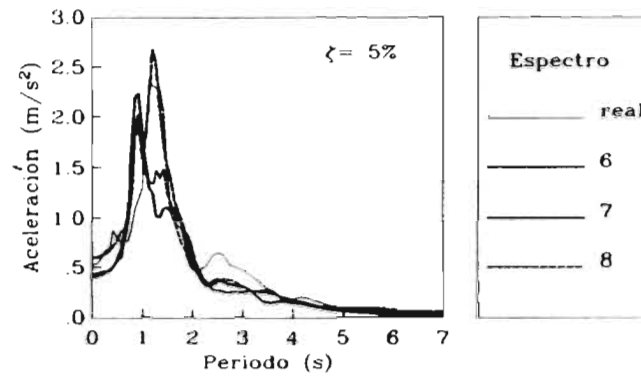
Acelerograma simulado 6



Acelerograma simulado 8

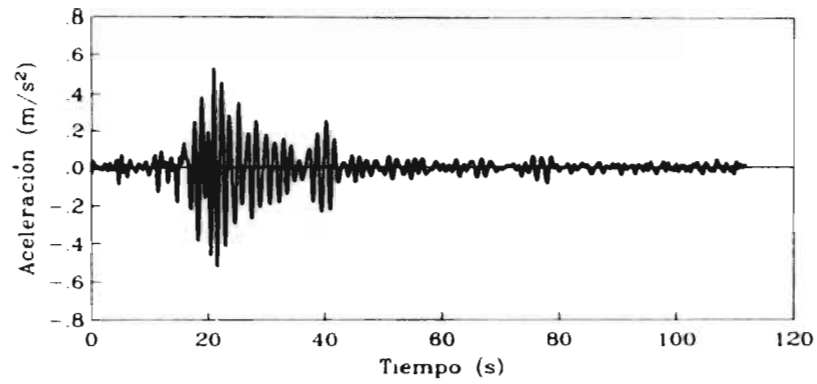


Acelerograma simulado 7

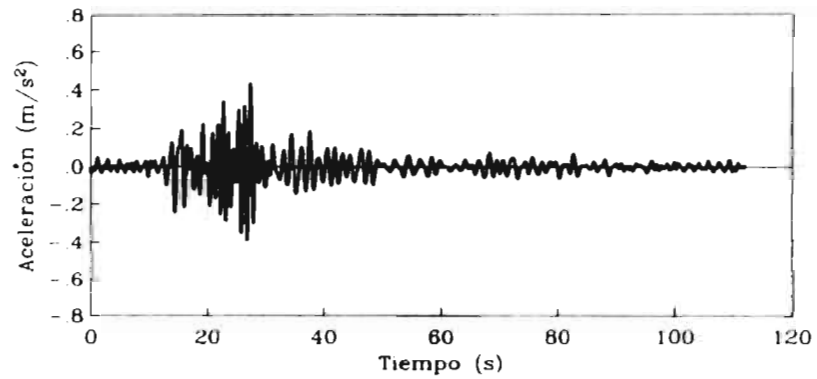


Espectros elásticos

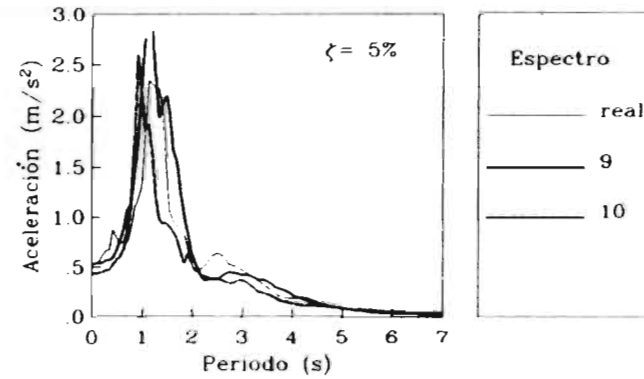
Figura 76.c.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación 44, dirección norte-sur.



Acelerograma simulado 9

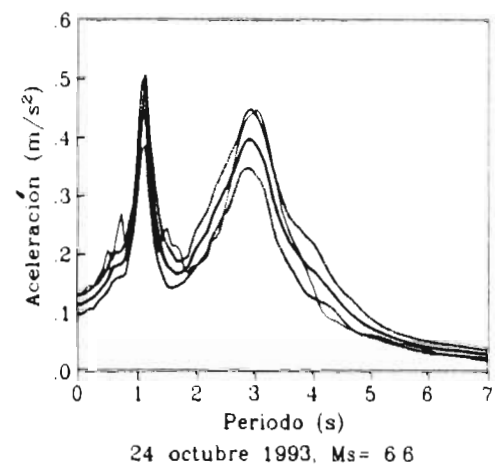
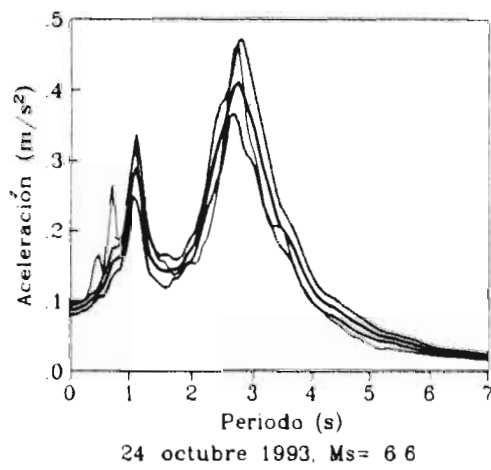
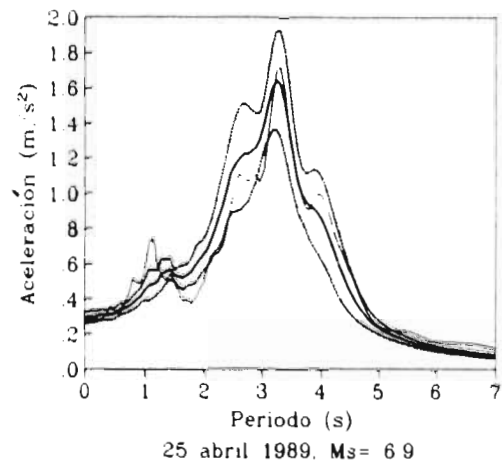
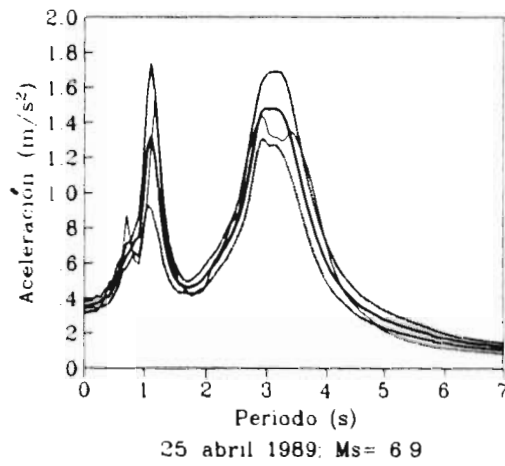
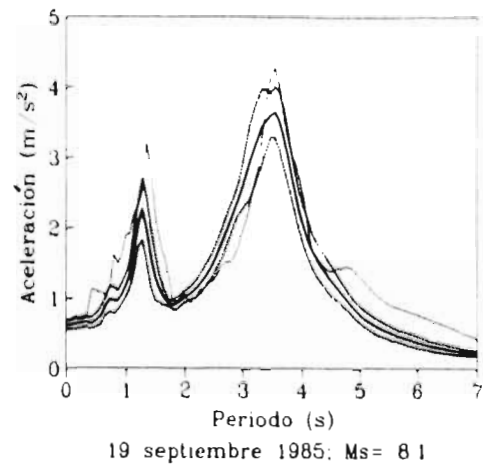
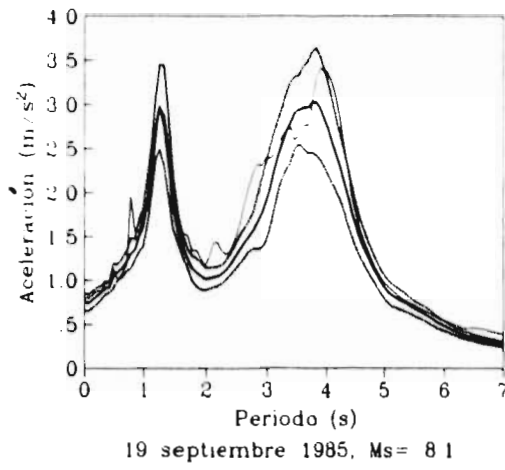


Acelerograma simulado 10



Espectros elásticos

Figura 76.d.- Registros simulados del sismo del 25 de abril de 1989 y sus espectros de respuesta lineal en estación 44, dirección norte-sur.



Dirección este-oeste

Dirección norte-sur

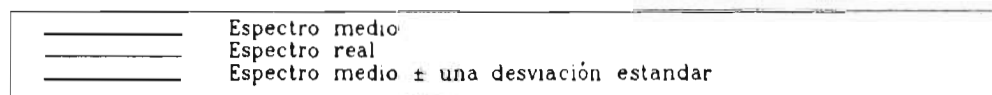


Figura 77.- Espectros elásticos, ($\zeta = 5\%$), de acelerogramas simulados en estación Central de Abastos.

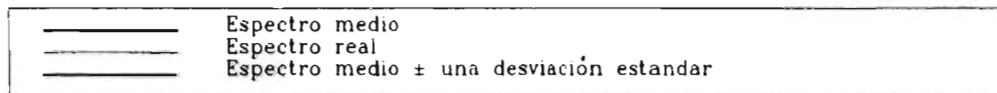
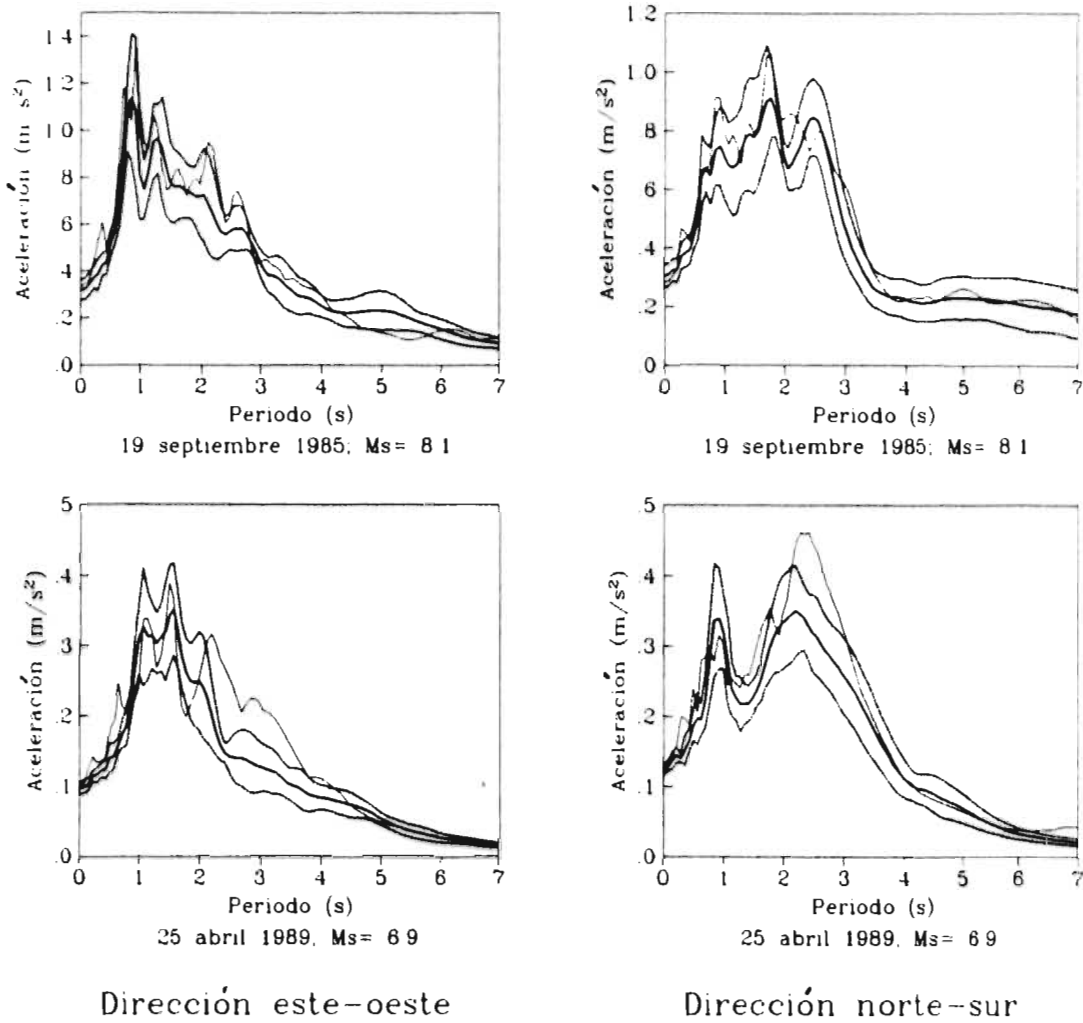
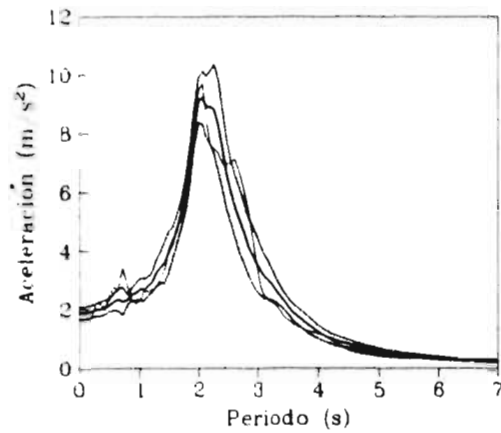
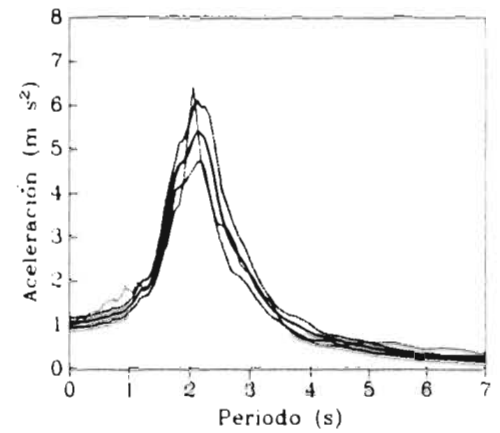


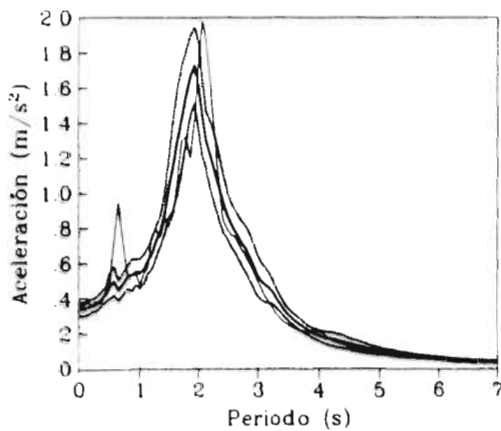
Figura 78.- Espectros elásticos, ($\zeta = 5\%$), de acelerogramas simulados en estación CU.



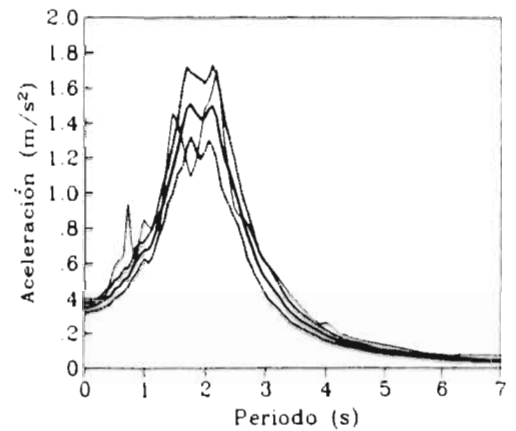
19 septiembre 1985; Ms= 8.1



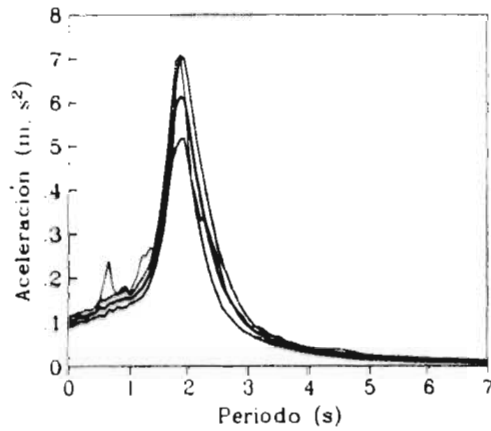
19 septiembre 1985; Ms= 8.1



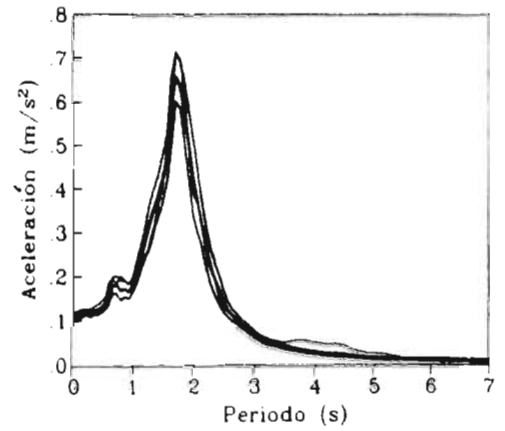
25 abril 1989, Ms= 6.9



25 abril 1989, Ms= 6.9



24 octubre 1993, Ms= 6.6



24 octubre 1993, Ms= 6.6

Dirección este-oeste

Dirección norte-sur

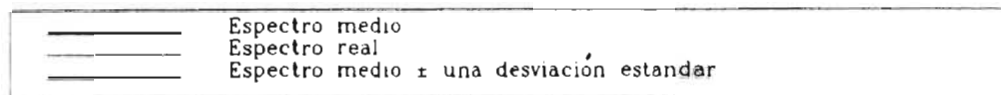
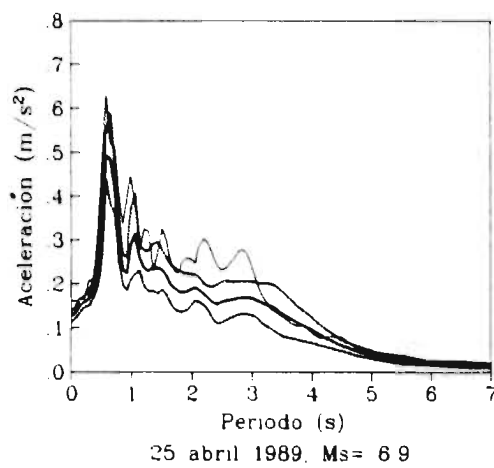
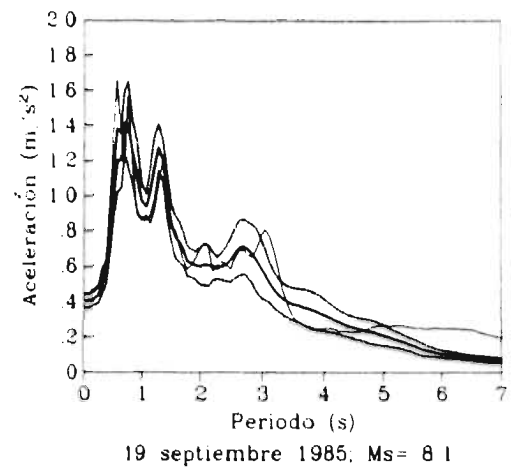
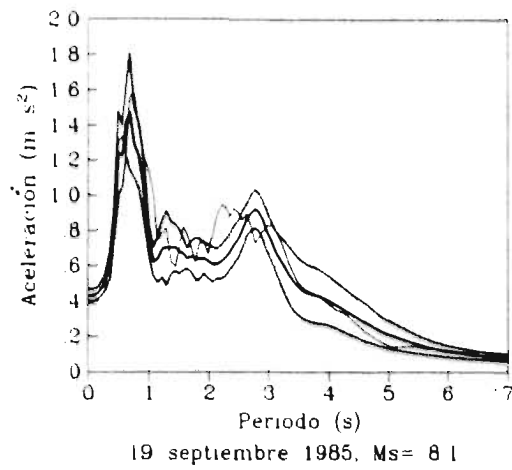
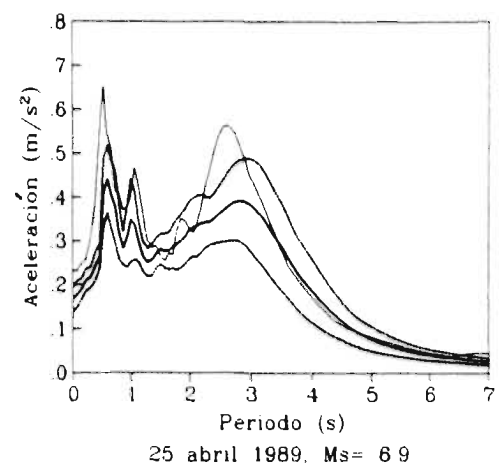


Figura 79.- Espectros elásticos, ($\zeta = 5\%$), de acelerogramas simulados en estación SCT.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



Dirección este-oeste



Dirección norte-sur

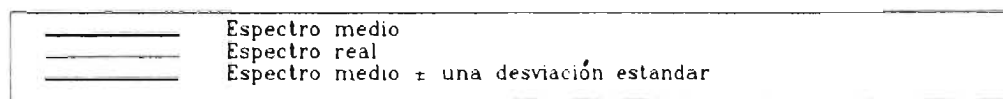
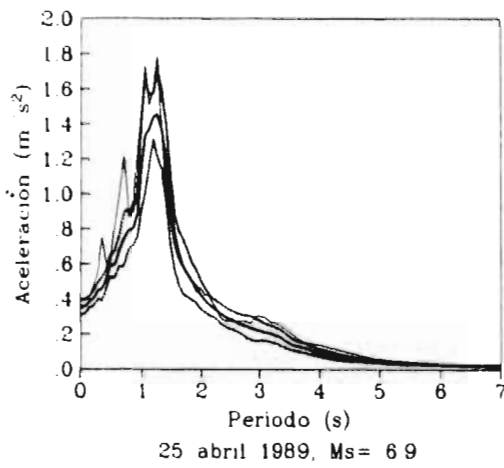
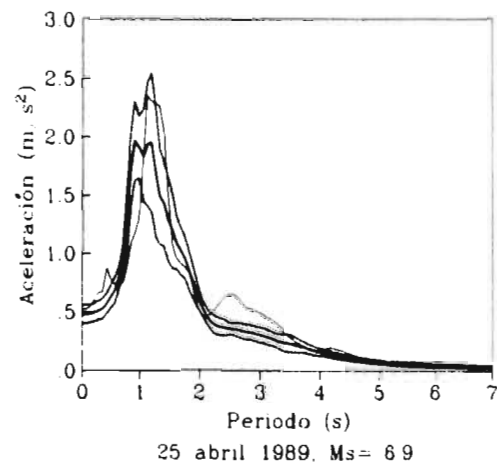


Figura 80.- Espectros elásticos, ($\zeta = 5\%$), de acelerogramas simulados en estación Viveros.



Dirección este-oeste



Dirección norte-sur

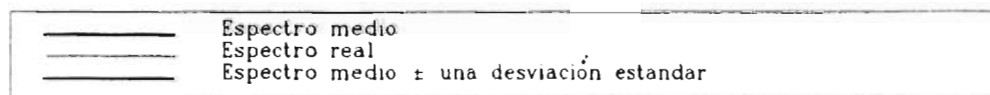


Figura 81.- Espectros elásticos, ($\zeta = 5\%$), de acelerogramas simulados en estación 44.

Apéndice A. "Método de Gauss"

Dado un conjunto de N datos (x_i, y_i) $i=1, \dots, N$. y una función no lineal, $f(x)$, con N_p parámetros θ_k , $k=1, \dots, N_p$, se quiere encontrar el mejor ajuste a los datos de acuerdo al criterio del error mínimo cuadrático.

La función objetivo para la que se minimiza el error es

$$\Phi(\theta_1, \dots, \theta_{N_p}) = \sum_{i=1}^N [y_i - f(x_i; \theta_1, \dots, \theta_{N_p})]^2 \quad (A1)$$

Minimizar la función objetivo Φ equivale a encontrar un conjunto de parámetros tal que $\partial\Phi/\partial\theta_1=0, \dots, \partial\Phi/\partial\theta_{N_p}=0$, e igualar las primeras derivadas parciales de la función objetivo es fundamental para la minimización, sin embargo esto no garantiza que la solución obtenida converga al mínimo global buscado, esto dependerá de la naturaleza del problema.

Muchos algoritmos se han ideado para minimizar la función objetivo, que conducen a resolver un sistema de ecuaciones no lineal de N_p incógnitas.

En el caso unidimensional el método de Newton-Raphson es de los más socorridos, no obstante, en el caso multidimensional es necesario evaluar segundas derivadas de la función objetivo lo que hace tedioso el algoritmo, en particular cuando la función objetivo es complicada y la matriz Hessiana, matriz de segundas derivadas parciales no es positiva definida, no garantizándose la convergencia al mínimo global.

En el presente trabajo los parámetros se evalúan por el método de Gauss, que es iterativo, y que consiste en omitir las segundas derivadas.

Este método es una aproximación al método de Newton y se resume en lo que sigue.

Dada la función objetivo siguiente

$$\Phi(\theta) = \sum_{i=1}^N [y_i - f(x_i; \theta)]^2 = \sum_{i=1}^N [y_i - f_i]^2 = \sum_{i=1}^N e_i^2 \quad (\text{A2})$$

Tomando primeras derivadas parciales de la función objetivo con respecto a los parámetros incógnitas, $\theta_\alpha, \theta_\beta, \dots, \text{etc.}$

$$q_\alpha = \partial\Phi / \partial\theta_\alpha = 2 \sum_{i=1}^N e_i \partial e_i / \partial\theta_\alpha = -2 \sum_{i=1}^N e_i \partial f_i / \partial\theta_\alpha \quad (\text{A3})$$

En el método de Newton-Raphson, la matriz Hessiana, H, es evaluada por las segundas derivadas parciales de la función objetivo, y se expresa en la siguiente forma

$$H_{\alpha\beta} = \partial^2\Phi / \partial\theta_\alpha \partial\theta_\beta = -2 \sum_{i=1}^N \partial^2 f_i / \partial\theta_\alpha \partial\theta_\beta + 2 \sum_{i=1}^N (\partial f_i / \partial\theta_\alpha) (\partial f_i / \partial\theta_\beta) \quad (\text{A4})$$

En el método de Gauss, la matriz Hessiana es aproximada por el segundo término de la ecuación A4; despreciando el primer término y usando N en lugar de H .

El método iterativo de Gauss queda integrado por el siguiente sistema de ecuaciones

$$\theta_{i+1} = \theta_i - \rho_i N_i^{-1} q_i \quad (A5)$$

$$N_{\alpha\beta}(\theta) = 2 \sum_{j=1}^N \frac{\partial f(x_j; \theta)}{\partial \theta_\alpha} \frac{\partial f(x_j; \theta)}{\partial \theta_\beta} \quad (A6)$$

donde ρ_i es un paso de interpolación que indica la dirección de la i -ésima iteración, el algoritmo para calcular el paso, ρ_i , se encuentra en Bard, 1974.

Referencias

1. Amin, M, and Ang, A H-S, A Nonstationary Stochastic Model for Strong Motion Earthquakes, Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE, Vol. 94, No. EM2, pp 559-583, April 1968.
2. Bard, Y., Nonlinear Parameter Estimation, Academic Press, New York and London, 1974.
3. Bartlett, M. S., An Introduction to Stochastic Processes, With Special Reference to Methods and Applications, Cambridge University Press, 1978, Third Edition.
4. Bolotin, V V, Statistical Theory of Aseismic Design of Structures, Proceedings of the Second World Conference on Earthquake Engineering, pp 1365-1374, 1960.
5. Bycroft, G. N., White Noise Representation of Earthquakes, Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE, Vol. 86, No. EM2, pp 1-16, April 1960.
6. Clough, R. W. and Penzien, J., Dynamics of Structures, McGraw-Hill, New York, 1975.
7. Der Kiureghian, A. and Crempien, J., An Evolutionary Model for Earthquake Ground Motion, Structural Safety, 6(1989), pp 235-246.

8. Esteva, L., Diaz, O., Mendoza, E., Bárcena, A., Alamilla, J., Salomón, T., y Soto, G., Bases de confiabilidad estructural para determinar espectros de sitio para diseño sísmico en el DF., Instituto de Ingeniería, UNAM, diciembre, 1995.
9. Grigoriu, M., Ruiz, S. E. and Rosenblueth, E., The Mexico Earthquake of September 19, 1985, Nonstationary Models of Seismic Ground Acceleration, *Earthquake Spectra*, Vol. 4, No. 3, pp 551-568, 1988.
10. Kanai, K., Semi-empirical Formula for the Seismic Characteristics of the Ground, *Bulletin of Earthquake Research Institute, University of Tokyo*, Vol. 35, 1957, pp 309-325.
11. Lin, Y. K. And Yong, Y., Evolutionary Kanai-Tajimi Earthquake Models, *Journal of Engineering Mechanics*, Vol. 113, No. 8, August, 1987, pp 1119-1137.
12. Liu, S. C. , Evolutionary Power Spectral Density of Strong-Motion Earthquakes, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 60, No. 3, pp 891-900, June, 1970.
13. Parzen, E., *Stochastic Processes*, Holden Day, 1962, Lehmann, E. L., Editor.
14. Priestley, M. B., Power Spectral Analysis of Nonstationary Random Processes, *Journal of Sound Vibration*, 6(1), pp 86-97, 1967.

15. Priestley, M. B., Evolutionary Spectra and Non-stationary Processes, R. Statist. Soc. B, 1965, pp 204-237.
16. Yeh and Y. K. Wen, Modeling of Nonstationary Earthquake Ground Motion and Biaxial and Torsional Response of Inelastic Structures, National Science Foundation.
17. Press, W. H., Flannery, B. P., Teukolsky, S. A., Vetterling, W. T., Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing, Cambridge University Press, 1992, Second Edition.
18. Saragoni, G. R. and Hart, G. C., Simulation of Artificial Earthquakes, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 2, pp 249-267, 1974.
19. Shinozuka, M. and Sato, Y., Simulation of Nonstationary Random Process, Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE, Vol. 93, No. EM1, pp 11-40, february 1967.
20. Sociedad Mexicana de Ingenieria Sísmica, A. C., Base Nacional de Datos de Sismos Fuertes, Catálogo de Acelerogramas 1960-1993.
21. Tajimi, H., A Statistical Method of Determining the Maximun Response of a Building Structure During an Earthquake, Proceedings of Second World Conference on Erthquake Engineering, Tokio and Kyoto, Japan, Vol. II, July, 1960.