



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

**CENTRO DE
INVESTIGACIONES
GEOTECNICAS**

**ACTIVIDAD SÍSMICA Y DAÑOS EN LA ZONA DE
MEANGUERA DEL GOLFO, LA UNIÓN
DURANTE ABRIL DE 1999**

POR:

**ING. RODOLFO ELÍAS TORRES
ING. DOUGLAS ANTONIO HERNÁNDEZ**

SAN SALVADOR, AGOSTO DE 1999

Introducción

La Isla Meanguera del Golfo, ubicada en el Golfo de Fonseca, a unos 25 Km al sureste del puerto de La Unión fue sacudida por una serie de sismos que dio inicio a las 10:22 pm hora local con un sismo magnitud 5.3, seguido de otro sismo magnitud 5.8, ocurrido a las 04:10 am del día 3 de abril de 1999. Esta actividad sísmica se prolongó hasta el 16 de abril de 1999.

Durante el período que duró la actividad sísmica, se sintieron en la isla más de 100 sismos habiendo alcanzado los dos sismos de mayor magnitud intensidades de VII en la escala de Mercalli Modificada. Estos dos sismos fueron sentidos hasta en la ciudad de San Salvador, ubicada unos 200 Km. del área epicentral.

En este trabajo se presentan las características del tectonismo y volcanismo de la zona, detalles de la actividad sísmica a partir del 2 de abril, así como las particularidades de los sistemas constructivos de la isla y de los daños observados por la comisión del CIG que inspeccionó la zona con el propósito de diagnosticar y proponer recomendaciones para la reparación de los daños ocasionados por los movimientos sísmicos.

Tectonismo y Volcanismo de la Zona

La historia sísmica y eruptiva de El Salvador registra desde 1835, para la zona de El Golfo de Fonseca, por lo menos siete sismos y una erupción volcánica, que han causado daños en la ciudad de la Unión y poblaciones aledañas. La erupción del volcán Cosigüina en enero de 1835 constituye el evento de mayor trascendencia en la zona del Golfo de Fonseca. En la Tabla 1 aparecen los sismos y erupciones volcánicas históricas en dicha zona.

Desde el punto de vista tectónico, la zona del Golfo de Fonseca es una depresión que se encuentra influenciada por un sistema de fallas geológicas con dirección E-W, la depresión N-S de Comayagua y el sistema de fallas NW-SE (Morán, 1989).

El volcán de Conchagua, ubicado al sur de la ciudad de La Unión, es una estructura geológica del período cuaternario con una elevación de 1243 m. s . n. m. De este volcán no existe registro de actividad eruptiva. Sin embargo, en su flancos Sur y Este existen áreas con actividad

hidrotermal.

El conjunto de islas que emergen en el Golfo de Fonseca son de origen volcánico, la mayor de ellas es la isla Conchagüita, la cual tiene una elevación de 500 m. s. n. m. De esta isla se tiene registrada una erupción de gases con ceniza y desprendimiento de grandes bloques de roca en octubre de 1892 (Martínez, 1978) .

La Isla Meanguera no tiene registro histórico de erupción, sin embargo, la presencia de dos cráteres sobre su eje Norte- Sur y de áreas con actividad hidrotermal, son evidencias de su origen volcánico. La parte Norte de esta isla pertenece a la formación San Salvador y la parte Sur a la formación Cuscatlán. Véase Figura 1.

El origen de los sismos destructivos de la zona del Golfo de Fonseca no ha sido lo suficientemente detallado como para determinar con exactitud, si éstos han sido originados por la reactivación del sistema de fallas geológicas locales o por el proceso de subducción entre las placas de Cocos y Caribe.

Sismicidad a Partir del 2 de Abril de 1999

La actividad sísmica a partir del 2 de abril de 1999 fue registrada por la Red Nacional de Telemetría Sísmica de El Salvador (RNTS), constituida por once estaciones telemétricas y una estación central de registro. También se contó con las señales de cuatro estaciones telemétricas de la red sísmica de Berlín. Todas las estaciones están equipadas con sismómetros verticales de período corto. Véase en la Figura 2 la distribución de la Red.

El total de sismos registrados por la RNTS fue de 87. De éstos, 17 fueron reportados sentidos en Meanguera del Golfo. Los parámetros principales de los sismos sentidos se presentan en la Tabla 2 y su localización en la Figura 3.

La estación sismológica más cercana al área epicentral está ubicada en el volcán de San Miguel, a unos 60 Km. Esto ocasionó que los sismos de pequeña magnitud no fueran registrados por la Red. Por lo anterior, se instaló en la alcaldía de Meanguera un sismógrafo portátil y un acelerógrafo analógico. El sismógrafo portátil estaba equipado con un sismómetro

L4-C con registro sobre papel ahumado.

El sismógrafo portátil registró 219 sismos, entre la 1 pm del 7 de abril y las 6:00 am del 16 de abril de 1999. Del total de sismos registrados por este equipo, únicamente se registraron 13 . Cabe mencionar que todos ellos fueron sentidos en la Isla Meanguera. Lo anterior permite inferir que los 87 sismos registrados por la Red fueron sentidos por los habitantes de dicho lugar. Los parámetros principales de los 87 sismos registrados se muestran en la Tabla 3.

La actividad sísmica del Golfo de Fonseca no contó con sismicidad premonitora ya que durante la semana anterior no se registró ningún sismo con epicentro en esa zona. La liberación repentina de energía sísmica, la hora de ocurrencia de los sismos y la magnitud de estos, fueron factores que contribuyeron a que el pánico en los habitantes de Meanguera fuera mayor.

Magnitud de los sismos sentidos

La magnitud es un parámetro cuantitativo que representa el tamaño de un sismo en términos de la cantidad de energía liberada por el mismo. El cálculo de la magnitud fue realizado con base en la duración del registro de la señal sísmica.

Las magnitudes máximas registradas fueron de 5.3 y 5.8 y correspondieron a los sismos del 2 de abril a las 10:22 pm y 3 de abril a las 04:10 respectivamente. De los sismos de mayor magnitud registrados, sólo el 3 % tuvo magnitudes mayores de 4.0. En la Tabla 4 se muestra la distribución de sismos por orden de magnitud.

La energía liberada en conjunto por los dos sismos de mayor magnitud en el Golfo de Fonseca fue de 47×10^{19} ergios. Este valor representa aproximadamente 28 veces la energía liberada por todos los sismos sentidos durante los meses de marzo-abril de 1999 en la zona de San Vicente y alrededor de 6 veces la energía liberada por el sismo del 10 de octubre de 1986.

Intensidad

La Intensidad es un parámetro cualitativo que indica el nivel de daño que causa un sismo a las personas, infraestructura y al terreno. Comúnmente se utiliza la escala de Mercalli Modificada.

La mayor Intensidad reportada fue de VII en la ciudad de Meanguera del Golfo,

Departamento de La Unión. Esta Intensidad fue alcanzada por los dos sismos de mayor magnitud. Este valor de Intensidad fue asignado con base en los daños observados en dicha población.

Con base en la información proporcionada por los habitantes de Meanguera y a los registros obtenidos tanto de la RNTS como de la estación portátil, puede afirmarse que el número de sismos sentidos en dicha población sobrepasó el centenar.

En la ciudad de San Salvador, ubicada a unos 200 Km del área epicentral, sólo fueron sentidos, con intensidad III en la escala de Mercalli Modificada, los dos sismos de mayor magnitud.

Registro Acelerográfico

Los dos sismos de mayor magnitud fueron registrados por los acelerógrafos analógicos instalados en el puerto de Cutuco y en la ciudad de Santiago de María, ubicados a unos 30 y 95 km del área epicentral respectivamente. De estos registros se obtuvieron los parámetros de aceleración, velocidad y desplazamiento del terreno. En la Tabla 5 se muestran los valores máximos de aceleración para las componentes Norte-Sur, Vertical y Este-Oeste.

En la Tabla 5 se observa que el sismo de magnitud 5.3 fue el que causó la mayor aceleración pico del terreno con un valor de 47.4 cm/seg^2 (4.8 % de g). Este sismo causó en Santiago de María una aceleración pico máxima del terreno de 3.12 cm/seg^2 (0.3% de g). El sismo de magnitud 5.8 causó menor aceleración pico, sin embargo el registro de aceleración tuvo mayor duración

Mecanismos Focales

La determinación del mecanismo focal de los dos sismos de mayor magnitud tuvo como propósito calcular la orientación del plano de fractura, el cual está definido por su acimut, buzamiento y deslizamiento.

En los mecanismos focales obtenidos predomina el rumbo NNW-SSE. Esta dirección coincide con la de algunas de las fallas de la zona, dos de las cuales atraviesan la Isla Meanguera del Golfo. Sin embargo, la escasa cobertura de estaciones sismológicas respecto al área epicentral origina un número elevado de posibles soluciones, lo cual no permite aseverar con exactitud

cual de las fallas fue la que dio origen a esta actividad sísmica.

Inspección de Daños

Una comisión del Centro de Investigaciones Geotécnicas realizó una visita a la Isla Meanguera, el día 7 de abril de 1999, con el propósito de realizar un diagnóstico de la situación de la isla y proponer recomendaciones de reparación de daños, tanto en el terreno como en las viviendas del núcleo poblacional de la isla, véase Foto 1. Se presenta a continuación un detalle de los sistemas constructivos en la isla así como los daños observados.

Sistemas constructivos en la zona

El sistema constructivo en la Isla Meanguera está influenciado por aspectos característicos, entre los cuales están:

- a) Escasez de suelos apropiados en la zona de las viviendas, para la fundación de las mismas.
- b) Abundancia de material rocoso.
- c) Escasez de mano de obra calificada
- d) Los materiales de construcción son transportados a la isla por medio de botes o barcazas
- e) El transporte marítimo es irregular.

En vista de lo anterior las personas han ideado un sistema constructivo apropiado a los materiales del lugar, lo cual unido a la escasa fundamentación técnica ha hecho que las personas utilicen las piedras al “estilo egipcio”.

Sistemas constructivos en viviendas.

- a) Sistema de Mampostería Confinada (sistema mixto)

Este sistema se observa en la mayoría de viviendas de la zona principal del poblado.

El sistema constructivo de las viviendas en esta zona está esencialmente estructurado a base de paredes de ladrillo de barro cocido y elementos estructurales de concreto reforzado (mampostería confinada) de un solo nivel; el sistema de techos de las viviendas es esencialmente a base de madera y teja. Vease Foto 2.

b) Sistema de Madera.

Estas viviendas se encuentran localizadas en su mayor parte en los alrededores del poblado principal, zona alta. La mayoría en estas zonas están fundadas sobre muros de piedra sin mortero, los cuales son conocidos como muros de piedra secos, véase Foto 3.

La fundación de ambos sistemas (mampostería y madera) está formada por relleno de rocas sueltas acomodadas y confinadas por muros secos. Esto constituye la fundación de las viviendas, véase Foto 4.

Sistemas constructivos de muros de retención.

Los muros de retención que se han construido para el mantenimiento de niveles en las zonas altas de la isla son estructurados a base de muros secos. En algunos de los casos se les ha colocado mortero solamente en la cara vista del muro, véase Foto 5.

Daños observados

Los daños observados en las zonas inspeccionadas durante la visita efectuada por personal del CIG son:

Zona principal. (áreas cercanas a la alcaldía municipal y escuela).

- a) Los daños se concentran en los techos de la mayoría de las viviendas. Las tejas de barro cocido se encuentran fuera de su posición y/o destruidas en el suelo.**
- b) Se observan pequeñas grietas en paredes de algunas viviendas**

Zonas altas (área del barrio San Francisco).

- a) Muros de piedra secos volcados en la mayoría de los lugares inspeccionados. En algunos casos se observan grietas en el suelo.**
- b) Daños en los techos de la mayoría de las viviendas. Las tejas de barro cocido se encuentra fuera de su posición y/o destruidas en el suelo, dejando al descubierto las viviendas.**
- c) Agrietamiento en paredes y pisos en la mayoría de viviendas inspeccionadas. Esto se originó debido al movimiento sísmico que ocasionó vibraciones de acomodación en la plantilla de rocas bajo la cimentación, que las paredes no pudieron absorber.**
- d) Algunas viviendas en estas zonas poseen daños en un 70 % aproximadamente. las fallas**

fueron debido a la pérdida de confinamiento de los muros secos en donde se observan rocas volcadas al pie de estos muros

- e) Taludes. Debido a que el terreno es montañoso y a que posee pendientes con ángulos de aproximadamente 30° el movimiento del sismo produjo desplazamientos de rocas con diámetros mayores de 50 cm. Asimismo, las rocas con diámetros menores de 50 cm. rodaron, véase Foto 6.

Comentarios

La elevada proporción de sismos registrados por la estación portátil con relación a los registrados por la RNTS , la mayor concentración de daños en la Isla Meanguera respecto a las poblaciones cercanas y a la corta distancia focal, determinada a partir de los registros de dicha estación portátil, son indicadores que sirvieron de base para definir que esta actividad sísmica fue originada por la reactivación del sistema de fallas geológicas de la zona y no por el proceso de subducción entre las placas de Cocos y de Caribe como fue interpretado inicialmente.

A continuación se presentan algunas de las recomendaciones hechas por la comisión del CIG que vale la pena retomar, ya que se considera podrían tener aplicabilidad en aquellas zonas con características similares a las observadas en la Isla Meanguera.

Con relación a las rocas sobre taludes, se recomienda darle soporte a las rocas en su parte inferior (al pie). Para ello se pueden utilizar rocas de menor tamaño acomodadas y/o enterradas.

En cuanto a la reparación de techos de vivienda, se recomienda sustituir la teja por lámina, para tener una reducción apreciablemente en el peso.

Finalmente, para la reparación de las grietas en las paredes, se recomienda llenar dichas grietas con mortero con la relación de cemento arena de 1 a 3, de manera tradicional.

BIBLIOGRAFÍA

Havskov, Jens and Lindholm, Conrad., (1997). The Seisan Earthquake Analysis Software for the IBM Pc and Sun". Version 6.0. Institute of Solid Earth Physics, University of Bergen, Norway.

Informe de Inspección de Daños. Isla Meanguera del Golfo, (1999). Centro de Investigaciones Geotécnicas, Ministerio de Obras Públicas, República de El Salvador.

Mapa Geológico de la República de El Salvador, (1978). Bundesantalt Geowissenschaften und Rohstoffe, Hanover, Alemania. Impreso por el Instituto Geográfico Nacional de El Salvador.

Martínez, Maximiliano. (1978). Cronología Sísmica y Eruptiva de la República de El Salvador desde 1520 hasta 1976. Centro de Investigaciones Geotécnicas, Ministerio de Obras Públicas, República de El Salvador.

Morán O. Guillermo N. (1989)., Evaluación de la Amenaza Sísmica para el Área Geotérmica de Berlín, El Salvador, Centro América, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

**Tabla 1. Sismos históricos destructivos de la zona del Golfo de Fonseca
(Modificado de Martínez, 1977)**

Fecha	Magnitud	Localización	Comentarios
20-01-1835		Volcán Cosigüina	Desde las 8:00 horas se observa desde la Unión una negra columna de humo en dirección al sureste. A partir de las 14:00 horas dio inicio un movimiento continuo del terreno hasta las 18:00 horas. El día 21 a las 15:08 en el Puerto de La Unión se sintió un temblor muy fuerte. Ese mismo día la atmósfera se esclareció, y luego de violentas detonaciones en la madrugada del 22, a las 7:00 horas de ese día, la erupción había concluido. Los retumbos se oyeron de México a Colombia y las cenizas cayeron más allá de los límites de Centroamérica.
25-08-1859		Golfo de Fonseca	Fuerte temblor a las 23:00 horas en el Puerto de La Unión causa daños sin víctimas que lamentar. A las 24:00 horas se producen temblores no muy fuertes. En el mar el temblor del 25 causó graves estragos y se sintió muy fuerte en El Viejo, El Tigre y La Brea; produjo una ola sísmica (Tsunami) que causó daño a dos bongos que se dirigían hacia Honduras. El 26 y 27 los temblores continuaron aunque pequeños.
01-09-1859		Golfo de Fonseca	Los temblores del Golfo de Fonseca continúan. Se sienten seis movimientos, dos de ellos muy fuertes a las 10:30 y a las 14:00 horas
11-02-1868		Volcán Conchagua	Secuencia de fuertes temblores atribuidas al volcán Conchagua. El día 23 dio comienzo un período eruptivo que se extendió por varias semanas, al activarse el cráter de la pendiente sur del Cerro La Bandera a dos tercios de altura.
18-10-1892		Golfo de Fonseca	Una serie de temblores dio inicio en el área de la Bahía de Fonseca, causando fuertes derrumbes en la isla Conchagüita. Se produce considerable daño en La Unión. V. M. Díaz, señala fuertes temblores el día 10 en esa región y el 20 una emanación intermitente de humo en el Conchagüita con olor a azufre

Continuación de Tabla 1.

Fecha	Magnitud	Localización	Comentarios
29-06-1919	6.75 Ms	Golfo de Fonseca	Temblores con epicentro en el Golfo de Fonseca produjo daños en San Miguel y La Unión. Sus efectos alcanzaron Chinandega y Managua en territorio de Nicaragua
28-03-1921	7.3 Ms	Golfo de Fonseca	Terremoto ocurrido a las 01:47 horas, con origen en el Golfo de Fonseca, causa daños en la zona central y oriental de El Salvador. En San Salvador hubo caída de repellos.
24-01-1947	7.2 Ms	Golfo de Fonseca	Una serie de temblores causa daños en La Unión. El puerto queda casi en escombros, muchos edificios desaparecieron y se reportan varias víctimas
23-02-1991	3.4 Md	Conchagua	Una serie sísmica de más de 3000 réplicas produjo daños en Conchagua. De éstos 151 fueron sentidos. Esta actividad se prolongó hasta el 18 de marzo de 1991.
02-04-1999	5.8 Md	Golfo de Fonseca	Una serie sísmica inicia a las 22:22 horas del día 2 de abril con un sismo de magnitud 5.3. Aproximadamente seis horas después (04:10 am, día 3) ocurrió otro sismo magnitud 5.8. En la isla Meanguera del Golfo se observaron daños considerables. Esta actividad sísmica se prolongó hasta el 15 abril. La Red Nacional de Telemetría Sísmica de El Salvador registró durante ese período 87 sismos. En la ciudad de San Salvador se sintieron únicamente los dos sismos de mayor magnitud.

**Tabla 1. Sismos históricos destructivos de la zona del Golfo de Fonseca
(Modificado de Martínez, 1977)**

Fecha	Magnitud	Localización	Comentarios
20-01-1835		Volcán Cosigüina	Desde las 8:00 horas se observa desde la Unión una negra columna de humo en dirección al sureste. A partir de las 14:00 horas dio inicio un movimiento continuo del terreno hasta las 18:00 horas. El día 21 a las 15:08 en el Puerto de La Unión se sintió un temblor muy fuerte. Ese mismo día la atmósfera se esclareció, y luego de violentas detonaciones en la madrugada del 22, a las 7:00 horas de ese día, la erupción había concluido. Los retumbos se oyeron de México a Colombia y las cenizas cayeron más allá de los límites de Centroamérica.
25-08-1859		Golfo de Fonseca	Fuerte temblor a las 23:00 horas en el Puerto de La Unión causa daños sin víctimas que lamentar. A las 24:00 horas se producen temblores no muy fuertes. En el mar el temblor del 25 causó graves estragos y se sintió muy fuerte en El Viejo, El Tigre y La Brea; produjo una ola sísmica (Tsunami) que causó daño a dos bongos que se dirigían hacia Honduras. El 26 y 27 los temblores continuaron aunque pequeños.
01-09-1859		Golfo de Fonseca	Los temblores del Golfo de Fonseca continúan. Se sienten seis movimientos, dos de ellos muy fuertes a las 10:30 y a las 14:00 horas
11-02-1868		Volcán Conchagua	Secuencia de fuertes temblores atribuidas al volcán Conchagua. El día 23 dio comienzo un período eruptivo que se extendió por varias semanas, al activarse el cráter de la pendiente sur del Cerro La Bandera a dos tercios de altura.
18-10-1892		Golfo de Fonseca	Una serie de temblores dio inicio en el área de la Bahía de Fonseca, causando fuertes derrumbes en la isla Conchagüita. Se produce considerable daño en La Unión. V. M. Díaz, señala fuertes temblores el día 10 en esa región y el 20 una emanación intermitente de humo en el Conchagüita con olor a azufre

Continuación de Tabla 1.

Fecha	Magnitud	Localización	Comentarios
29-06-1919	6.75 Ms	Golfo de Fonseca	<p>Temblores con epicentro en el Golfo de Fonseca produjo daños en San Miguel y La Unión. Sus efectos alcanzaron Chinandega y Managua en territorio de Nicaragua</p>
28-03-1921	7.3 Ms	Golfo de Fonseca	<p>Terremoto ocurrido a las 01:47 horas, con origen en el Golfo de Fonseca, causa daños en la zona central y oriental de El Salvador. En San Salvador hubo caída de repellos.</p>
24-01-1947	7.2 Ms	Golfo de Fonseca	<p>Una serie de temblores causa daños en La Unión. El puerto queda casi en escombros, muchos edificios desaparecieron y se reportan varias víctimas</p>
23-02-1991	3.4 Md	Conchagua	<p>Una serie sísmica de más de 3000 réplicas produjo daños en Conchagua. De éstos 151 fueron sentidos. Esta actividad se prolongó hasta el 18 de marzo de 1991.</p>
02-04-1999	5.8 Md	Golfo de Fonseca	<p>Una serie sísmica inicia a las 22:22 horas del día 2 de abril con un sismo de magnitud 5.3. Aproximadamente seis horas después (04:10 am, día 3) ocurrió otro sismo magnitud 5.8. En la isla Meanguera del Golfo se observaron daños considerables. Esta actividad sísmica se prolongó hasta el 15 de abril.</p> <p>La Red Nacional de Telemetría Sísmica de El Salvador registró durante ese período 87 sismos. En la ciudad de San Salvador se sintieron únicamente los dos sismos de mayor magnitud.</p>

Tabla 2. Parámetros principales de los sismos sentidos reportados en la zona del Golfo de Fonseca, registrados por la Red Nacional de Telemetría Sísmica, durante Abril de 1999.

Fuente: Centro de Investigaciones Geotécnicas

No	Fecha	Hora Local	Profundidad (Km)	Magnitud (Md)	Latitud (N) (Grados)	Longitud (O) (Grados)	Localización	Intensidad
1	2 abril	10:22 pm	14.1	5.3	13.296	87.575	Golfo de Fonseca	VII Meanguera
2	3 abril	04:10 am	12.5	5.8	13.225	87.603	Golfo de Fonseca	VII Meanguera
3	5 abril	01:54 pm	29.3	3.5	12.890	87.745	Golfo de Fonseca	III Meanguera
4	5 abril	07:47 pm	34.1	3.7	13.136	87.804	Golfo de Fonseca	IV Meanguera
5	7 abril	07:54 pm	10.1	2.9	13.121	87.764	Golfo de Fonseca	II Meanguera
6	8 abril	01:33 am	24.5	3.0	13.154	87.640	Golfo de Fonseca	II Meanguera
7	8 abril	07:42 am	12.1	2.8	13.133	87.684	Golfo de Fonseca	III Meanguera
8	8 abril	11:37 am	19.7	3.2	13.187	-87.683	Golfo de Fonseca	IV Meanguera
9	8 abril	03:55 pm	11.1	2.9	12.865	87.772	Golfo de Fonseca	II Meanguera
10	8 abril	03:56 pm	11.9	3.4	13.291	87.594	Golfo de Fonseca	III Meanguera
11	8 abril	06:39 pm	9.3	3.5	13.194	87.701	Golfo de Fonseca	III Meanguera

12	9 abril	06:08 am	4.1	3.2	13.207	87.801	Golfo de Fonseca	III Meanguera
13	9 abril	03:02 pm	15.3	3.2	13.163	87.572	Golfo de Fonseca	III Meanguera
14	9 abril	10:40 pm	13.7	3.0	13.180	87.742	Golfo de Fonseca	II Meanguera
15	11 abril	00:06 am	11.9	3.0	13.110	87.758	Golfo de Fonseca	II Meanguera
16	14 abril	04:26 pm	6.1	2.9	13.120	87.712	Golfo de Fonseca	II Meanguera
17	15 abril	03:54 pm	9.3	2.9	13.031	87.782	Golfo de Fonseca	III Meanguera

Tabla 3. Sismos registrados por la Red Nacional de Telemetría Sísmica
Fuente: Centro de Investigaciones Geotécnicas

No	Año	Mes	Día	Hora(GMT)	Lat(N)	Lon(O)	Prof.(km)	N	RMS	MAG.	INT(MM)
01	1999	4	3	0422	20.6	13.296	-87.575	14.1	13	0.4	5.3CSAL VII Meanguera
02	1999	4	3	0450	29.0	12.931	-87.699	34.8	5	0.2	3.5CSAL
03	1999	4	3	0453	22.6	13.109	-87.557	12.5	14	0.3	4.0CSAL
04	1999	4	3	0459	44.4	13.282	-87.668	13.1	4	0.1	2.7CSAL
05	1999	4	3	0516	15.4	13.271	-87.671	19.0	4	0.1	2.8CSAL
06	1999	4	3	0518	44.9	13.459	-87.610	9.4	4	0.2	2.6CSAL
07	1999	4	3	0519	53.7	13.034	-87.760	18.7	4	0.2	2.9CSAL
08	1999	4	3	0553	39.2	13.082	-87.779	11.4	6	0.1	3.1CSAL
09	1999	4	3	0611	13.4	13.170	-87.709	18.1	5	0.2	3.0CSAL
10	1999	4	3	0619	58.6	13.164	-87.748	12.4	10	0.1	3.3CSAL
11	1999	4	3	0634	49.6	13.225	-87.619	19.9	5	0.2	3.3CSAL
12	1999	4	3	0715	56.4	13.024	-87.624	17.4	6	0.2	3.2CSAL
13	1999	4	3	0728	24.9	13.057	-87.763	13.8	7	0.1	3.1CSAL
14	1999	4	3	0733	30.0	13.255	-88.102	25.6	6	0.2	3.0CSAL
15	1999	4	3	0906	6.4	13.158	-87.764	18.9	6	0.1	3.1CSAL
16	1999	4	3	1010	28.0	13.225	-87.603	12.5	12	0.2	5.8CSAL VII Meanguera
17	1999	4	3	1028	57.1	12.864	-87.524	18.2	8	0.2	3.7CSAL
18	1999	4	3	1036	22.6	13.395	-87.613	15.0	7	0.6	3.2CSAL
19	1999	4	3	1042	21.0	13.155	-87.685	2.8	13	0.2	3.8CSAL
20	1999	4	3	1045	56.9	13.321	-87.695	11.8	11	0.1	3.4CSAL
21	1999	4	3	1054	8.0	13.170	-87.710	7.3	13	0.3	4.5CSAL
22	1999	4	3	1103	5.0	13.182	-87.618	21.4	5	0.2	3.3CSAL
23	1999	4	3	1110	33.4	13.186	-87.671	3.9	9	0.2	3.5CSAL
24	1999	4	3	1116	42.7	12.832	-87.678	18.4	4	0.5	3.5CSAL
25	1999	4	3	1120	23.4	12.826	-87.649	33.0	9	0.1	3.6CSAL
26	1999	4	3	1122	30.5	13.314	-87.598	13.8	5	0.3	3.4CSAL
27	1999	4	3	1146	2.6	13.003	-87.803	9.2	7	0.2	3.4CSAL
28	1999	4	3	1201	0.8	13.136	-87.705	17.7	8	0.3	3.4CSAL
29	1999	4	3	1211	56.7	13.264	-87.648	14.4	5	0.1	3.4CSAL
30	1999	4	3	1243	59.4	13.054	-87.685	12.5	3	0.1	3.3CSAL
31	1999	4	3	1312	2.5	13.229	-87.734	12.5	14	0.3	3.7CSAL
32	1999	4	3	1314	3.4	13.226	-87.804	10.9	6	0.3	3.5CSAL
33	1999	4	3	1316	21.9	13.238	-87.612	15.1	5	0.2	3.1CSAL
34	1999	4	3	1319	24.5	13.218	-87.689	14.2	7	0.1	3.4CSAL

Continuación Tabla 3.

35	1999	4	3	1323	42.7	12.866	-87.332	40.0	13	0.9	4.1	CSAL
36	1999	4	3	1327	21.0	12.819	-87.320	11.7	10	0.2	4.2	CSAL
37	1999	4	3	1333	31.9	13.185	-87.785	2.1	10	0.2	3.4	CSAL
38	1999	4	3	1416	20.8	13.267	-87.694	21.5	7	0.1	3.0	CSAL
39	1999	4	3	1446	20.2	13.008	-87.770	16.6	10	0.6	3.6	CSAL
40	1999	4	3	1458	42.2	12.926	-87.907	9.6	3	0.2	2.4	CSAL
41	1999	4	3	1506	20.6	13.184	-87.656	20.0	7	0.4	3.3	CSAL
42	1999	4	3	1625	13.1	12.802	-87.744	10.0	4	0.4	3.4	CSAL
43	1999	4	3	1638	53.9	13.304	-87.690	9.7	4	0.1	3.1	CSAL
44	1999	4	3	1642	55.5	13.243	-87.695	13.2	5	0.2	3.1	CSAL
45	1999	4	3	1652	57.1	12.924	-87.780	6.3	7	0.2	3.3	CSAL
46	1999	4	3	1708	58.9	13.224	-87.714	2.1	15	0.3	3.5	CSAL
47	1999	4	3	1728	57.9	13.080	-87.848	9.5	9	0.3	3.3	CSAL
48	1999	4	3	1735	57.9	13.193	-87.712	7.9	8	0.1	3.7	CSAL
49	1999	4	3	1746	18.2	13.039	-87.855	6.6	7	0.3	3.3	CSAL
50	1999	4	3	1810	27.6	13.050	-87.590	50.0	3	0.1	3.2	CSAL
51	1999	4	3	1812	4.3	12.777	-88.188	12.2	4	0.2	3.0	CSAL
52	1999	4	3	1843	.8	13.221	-87.759	4.3	3	0.3	2.4	CSAL
53	1999	4	3	1853	15.0	13.082	-87.666	17.1	8	0.2	3.1	CSAL
54	1999	4	3	1926	53.3	13.218	-87.918	24.6	6	0.1	3.2	CSAL
55	1999	4	3	2005	1.3	13.147	-87.782	10.8	11	0.2	3.3	CSAL
56	1999	4	3	2031	33.0	13.247	-87.787	5.7	13	0.2	3.6	CSAL
57	1999	4	3	2035	17.9	13.140	-87.804	1.5	9	0.2	3.3	CSAL
58	1999	4	3	2038	37.0	13.199	-87.763	12.6	10	0.1	3.7	CSAL
59	1999	4	4	0050	21.4	13.489	-87.621	6.7	9	0.2	3.8	CSAL
60	1999	4	4	0343	7.2	13.299	-87.976	6.6	8	0.1	3.5	CSAL
61	1999	4	4	1452	47.8	13.226	-87.821	18.0	11	0.1	3.3	CSAL
62	1999	4	4	1938	7.1	13.335	-87.638	17.7	6	0.1	3.1	CSAL
63	1999	4	5	0140	9.2	13.092	-87.697	7.1	4	0.2	3.3	CSAL
64	1999	4	5	0604	31.9	13.168	-87.829	14.6	10	0.2	3.4	CSAL
65	1999	4	5	0729	54.3	13.021	-87.820	16.2	7	0.1	3.4	CSAL
66	1999	4	5	0953	57.6	13.194	-87.675	14.7	6	0.3	3.2	CSAL III Meanguera
67	1999	4	5	1158	47.8	13.185	-87.823	6.4	12	0.2	3.5	CSAL
68	1999	4	5	1954	48.7	12.890	-87.745	29.3	10	0.3	3.5	CSAL III Meanguera
69	1999	4	6	0147	25.9	12.846	-87.660	34.1	10	0.5	3.9	CSAL IV Meanguera
70	1999	4	6	0557	2.0	13.434	-87.480	29.9	6	0.3	3.3	CSAL
71	1999	4	8	0154	58.0	13.121	-87.764	10.1	4	0.3	2.9	CSAL III Meanguera
72	1999	4	8	0206	28.5	13.403	-88.133	2.5	3	0.1	2.4	CSAL
73	1999	4	8	0733	.1	13.154	-87.640	24.5	4	0.1	3.0	CSAL II Meanguera

74	1999	4	8	1342	44.1	13.113	-87.684	12.1	5	0.1	2.8	CSAL	III	Meanguera
75	1999	4	8	1737	31.3	13.160	-87.714	5.0	8	0.2	3.1	CSAL	IV	Meanguera
76	1999	4	8	2155	34.2	12.865	-87.772	11.1	6	0.5	2.9	CSAL	II	Meanguera
77	1999	4	8	2156	55.3	13.291	-87.594	11.9	4	0.1	3.4	CSAL	III	Meanguera
78	1999	4	9	0039	15.7	13.194	-87.701	9.3	5	0.4	3.5	CSAL	III	Meanguera
70	1999	4	9	0924	56.3	13.038	-87.945	28.6	4	0.1	2.6	CSAL		
80	1999	4	9	1208	18.1	13.207	-87.801	4.1	4	0.2	3.2	CSAL	III	Meanguera
81	1999	4	9	1701	14.8	12.969	-88.085	28.2	6	0.1	3.2	CSAL		
82	1999	4	9	2102	58.2	13.163	-87.572	15.3	6	0.1	3.2	CSAL	III	Meanguera
83	1999	410	0440	34.5	13.180	-87.742	13.7	7	0.4	3.0	CSAL	II	Meanguera	
84	1999	410	0922	43.1	13.001	-87.877	5.3	4	0.4	2.9	CSAL			
85	1999	411	0606	59.2	13.110	-87.758	11.9	8	0.2	3.0	CSAL	II	Meanguera	
86	1999	414	2226	2.9	13.120	-87.712	6.1	4	0.3	2.9	CSAL			
87	1999	415	2154	44.3	13.031	-87.782	9.3	5	0.1	2.9	CSAL	III	Meanguera	

Tabla 4. Distribución de sismos sentidos por orden de magnitud

Fuente: Centro de Investigaciones Geotécnicas

Magnitud de a	Número de sismos	Porcentaje (%)	Porcentaje acumulado (%)
2.1 2.5	3	3.5	3.5
2.6 3.0	20	23.0	26.5
3.1 3.5	52	59.8	86.3
3.6 4.0	9	10.4	96.7
4.1 4.5	1	1.1	97.8
4.6 5.0	0	0.0	97.8
5.1 5.5	1	1.1	98.9
5.6 6.0	1	1.1	100.0
Total	87	100.0	

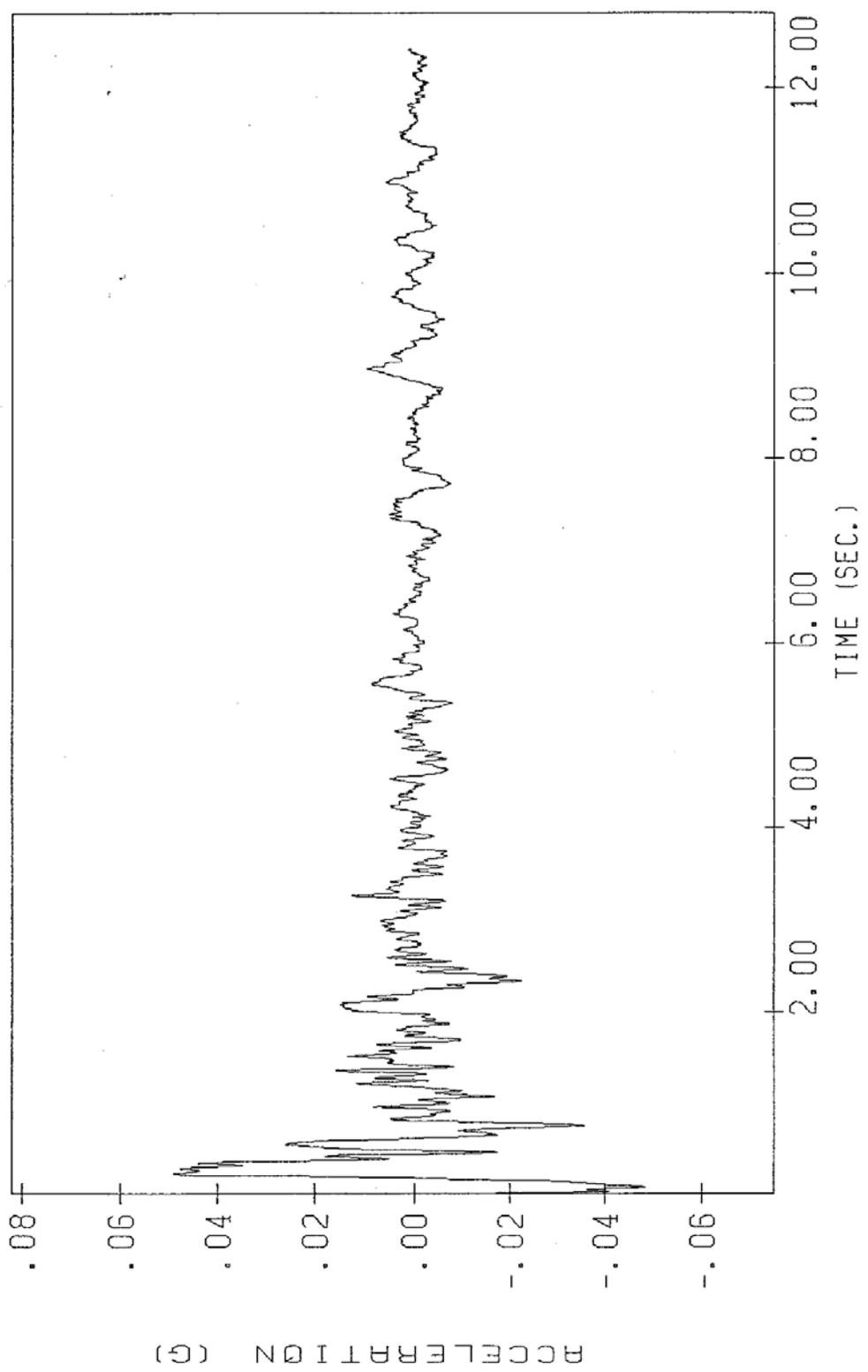
Tabla 5. Datos de Aceleración de sismos de la zona del Golfo de Fonseca durante abril de 1999
Fuente: Centro de Investigaciones Geotécnicas

No	Fecha AA-MM-DD	Hora (GMT)	Coordenadas		Prof. (Km)	Mag. (Md)	Estación Acelerográfica	Aceleración Máxima (% de g)		
			Latitud (Grados)	Longitud (Grados)				N-S	Z	EO
1	99-04-03	04:22	13.296	-87.575	14.1	5.3	CUTUCO	4.8	1.5	2.3
							STGO. DE MARÍA	0.3	0.4	0.6
2	99-04-03	10:10	13.225	-87.603	12.5	5.8	CUTUCO	1.5	0.7	1.3
							STGO DE MARÍA	0.6	0.5	1.2

CU030422.V1

UNCORRECTED ACCELERATION
SISMO GOLFO DE FONSECA
COMP 1

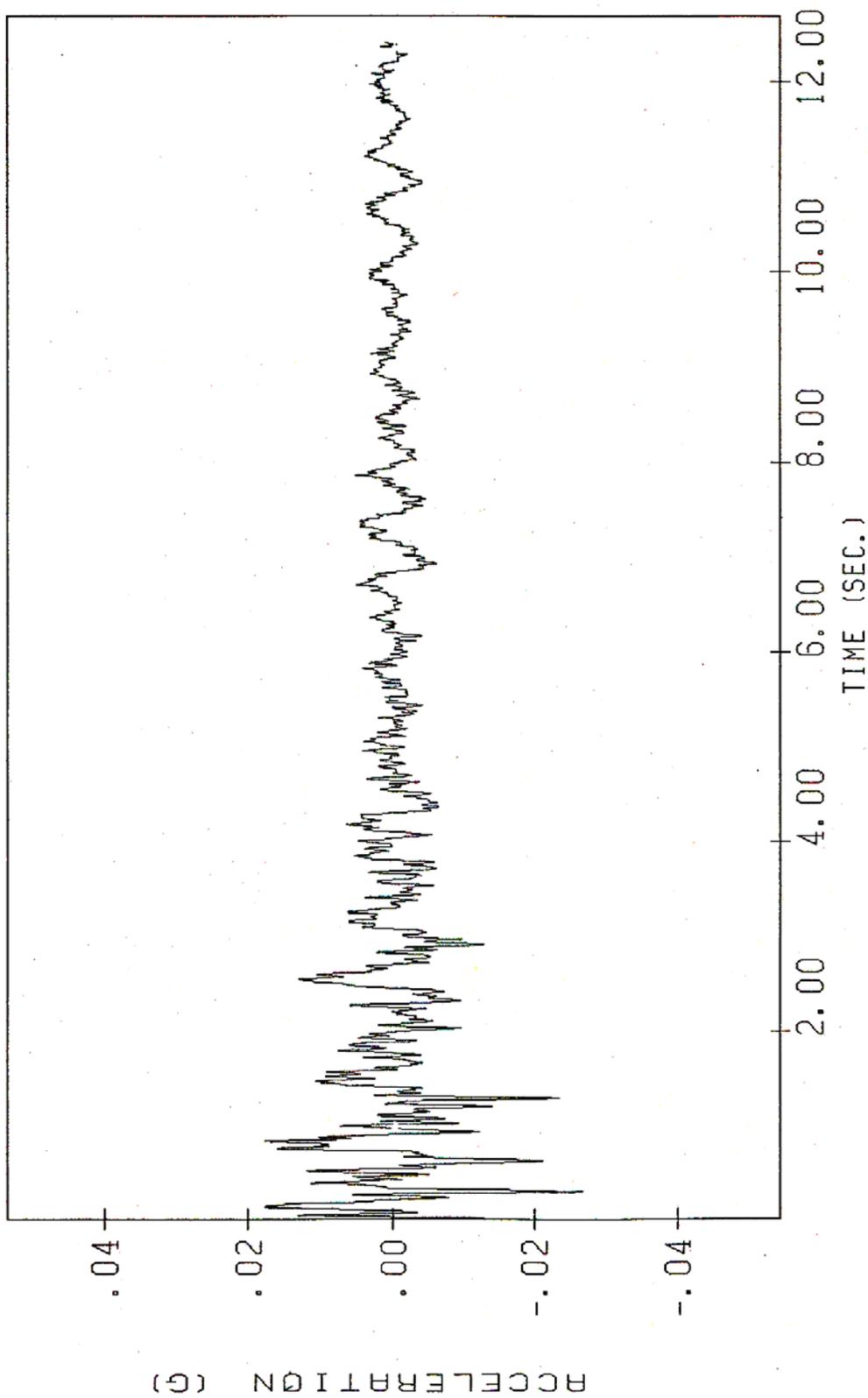
-L- STN 00015 13.333N 87.817W SMA-1 S/N 7135



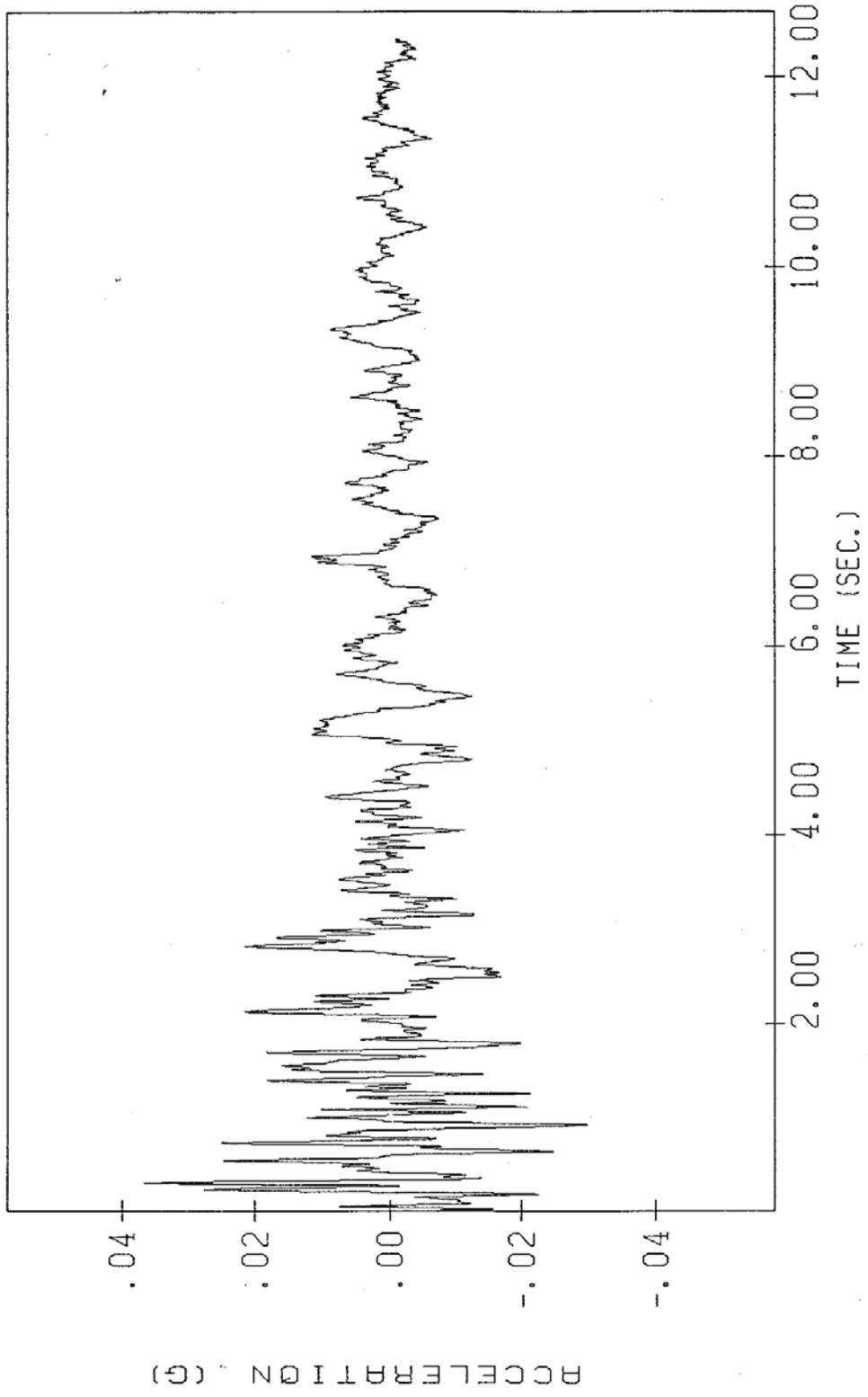
CU030422.V1

UNCORRECTED ACCELERATION
SISMO GOLFO DE FONSECA
COMP 2

-V- STN 00015 13.333N 87.817W SMA-1 S/N 7135



UNCORRECTED ACCELERATION
SISMO GOLFO DE FONSECA
COMP 3
-T- STN 00015 13.333N 87.817W SMA-1 S/N 7135 CU030422.V1



SISMO GOLFO DE FONSECA

EST. C U T U C 0

BANDPASS FILTER LIMITS: .150-.250

PEAKS: ACC=.4741E+02 VEL=-.5428E+01 DISP=-.6696E+00

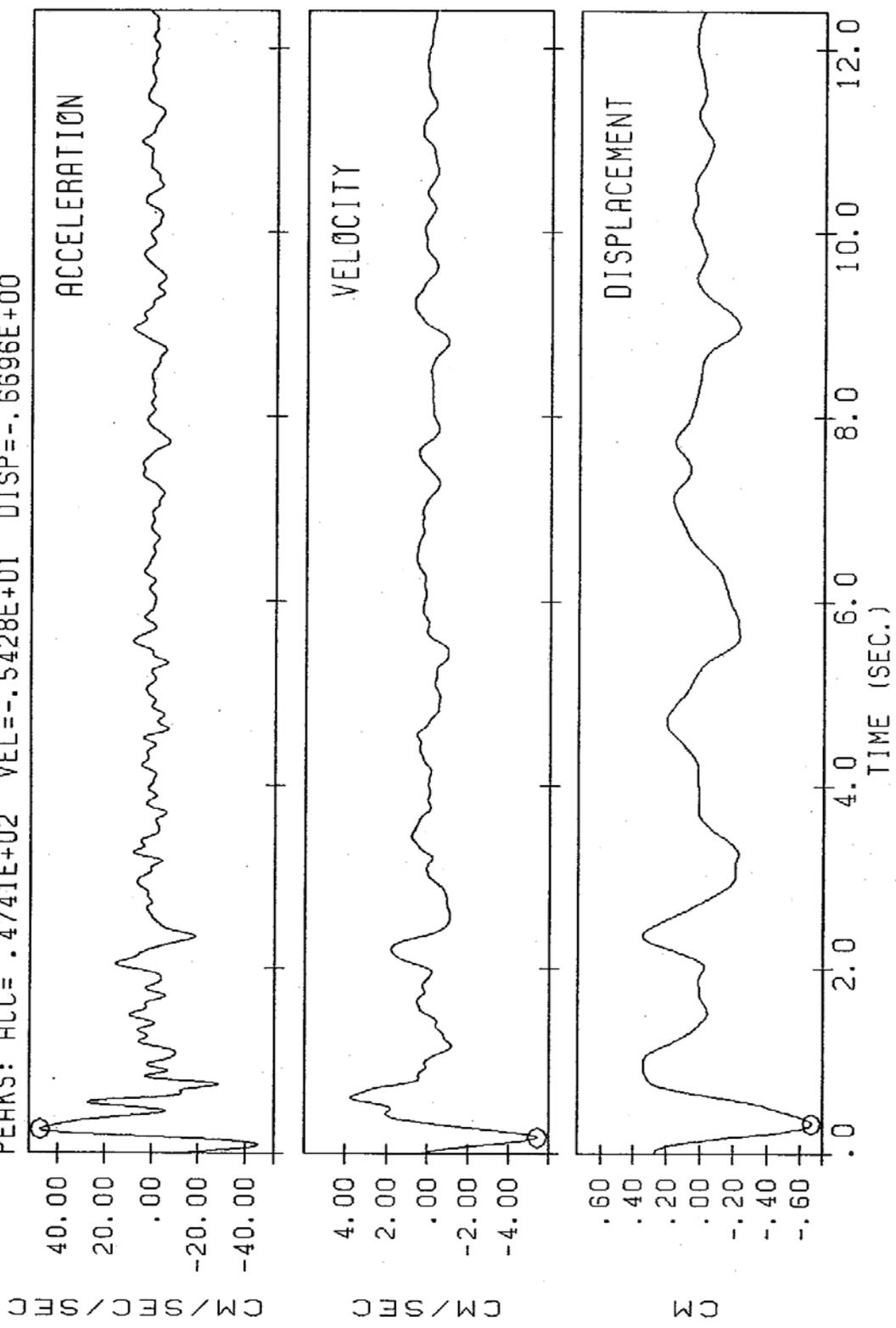
COMP 1 -L-

7.00-10.00

DISP=-.6696E+00

CU030422.V2

6 6



SISMO GOLFO DE FONSECA

EST. C U T U C 0

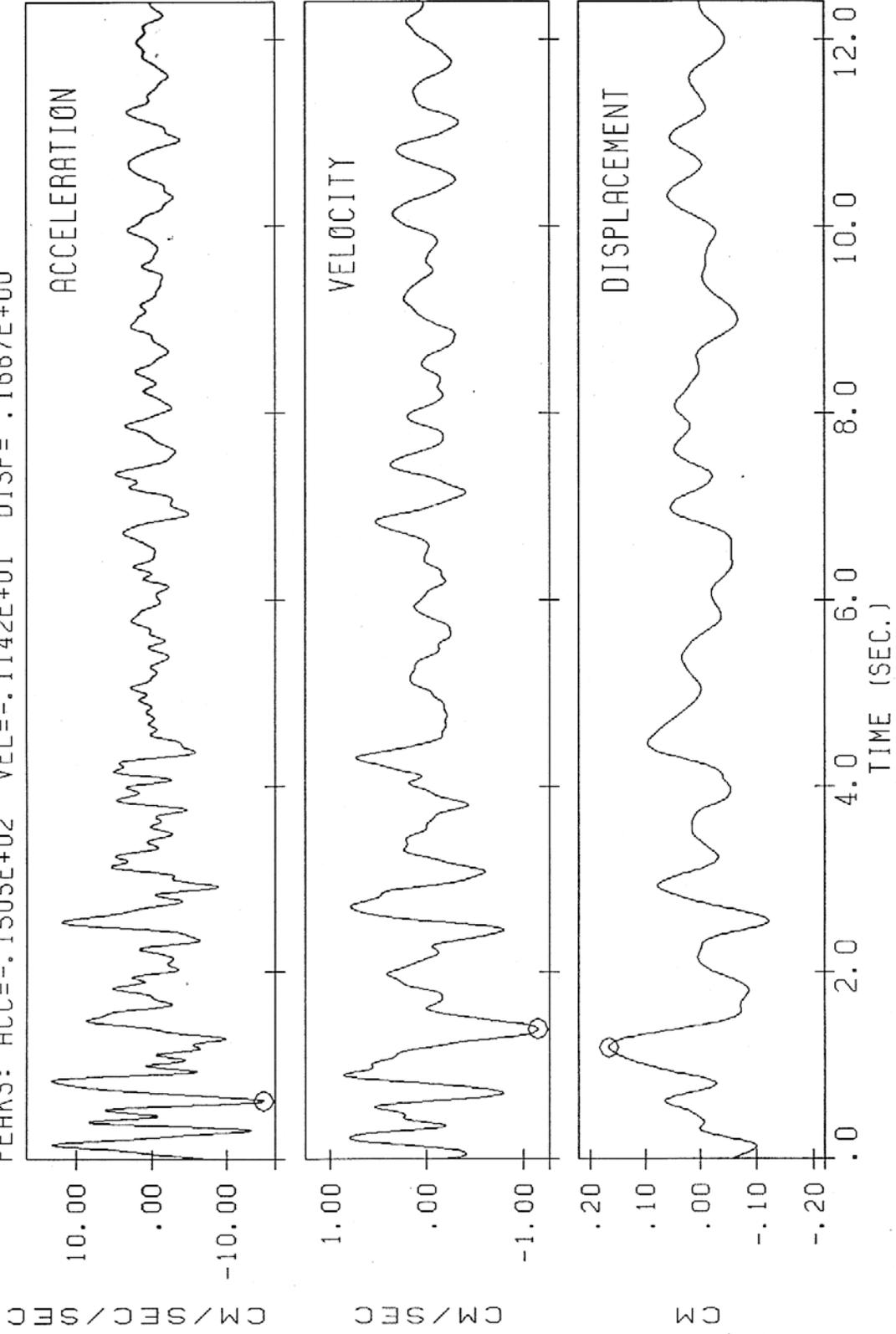
BANDPASS FILTER LIMITS: .150- .250

PEAKS: ACC=-.1505E+02 VEL=-.1142E+01 DISP= .1667E+00

CU030422.V2

COMP 2 -V-

7.00-10.00



SISMO GOLFO DE FONSECA

EST. CUTU C 0

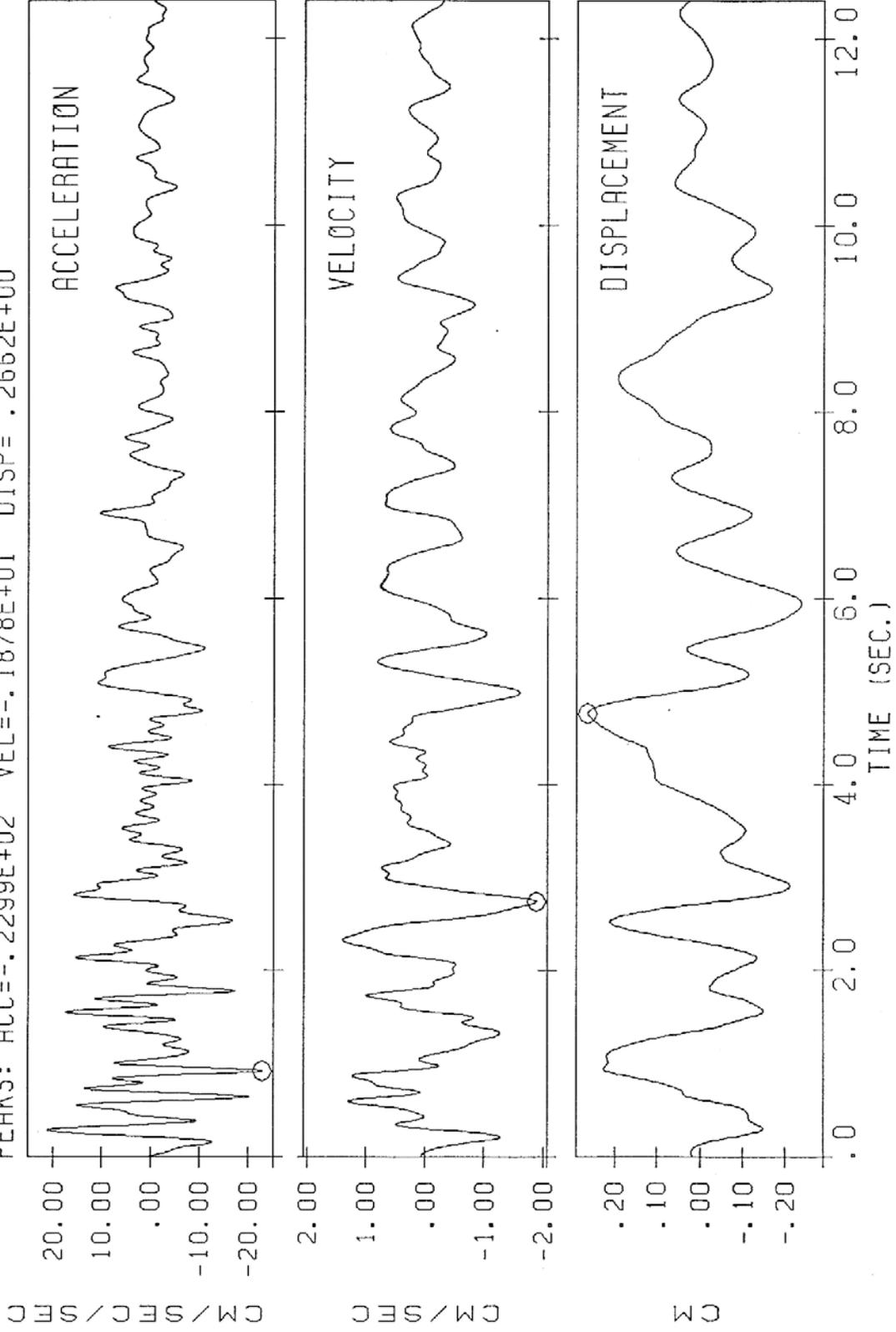
BANDPASS FILTER LIMITS: .150- .250

PEAKS: ACC=-.2299E+02 VEL=-.1878E+01 DISP= .2662E+00

COMP 3 -T-

7.00-10.00

CU030422.V2



RESPONSE SPECTRUM

SISMO GOLFO DE FONSECA

EST. C U T U C O

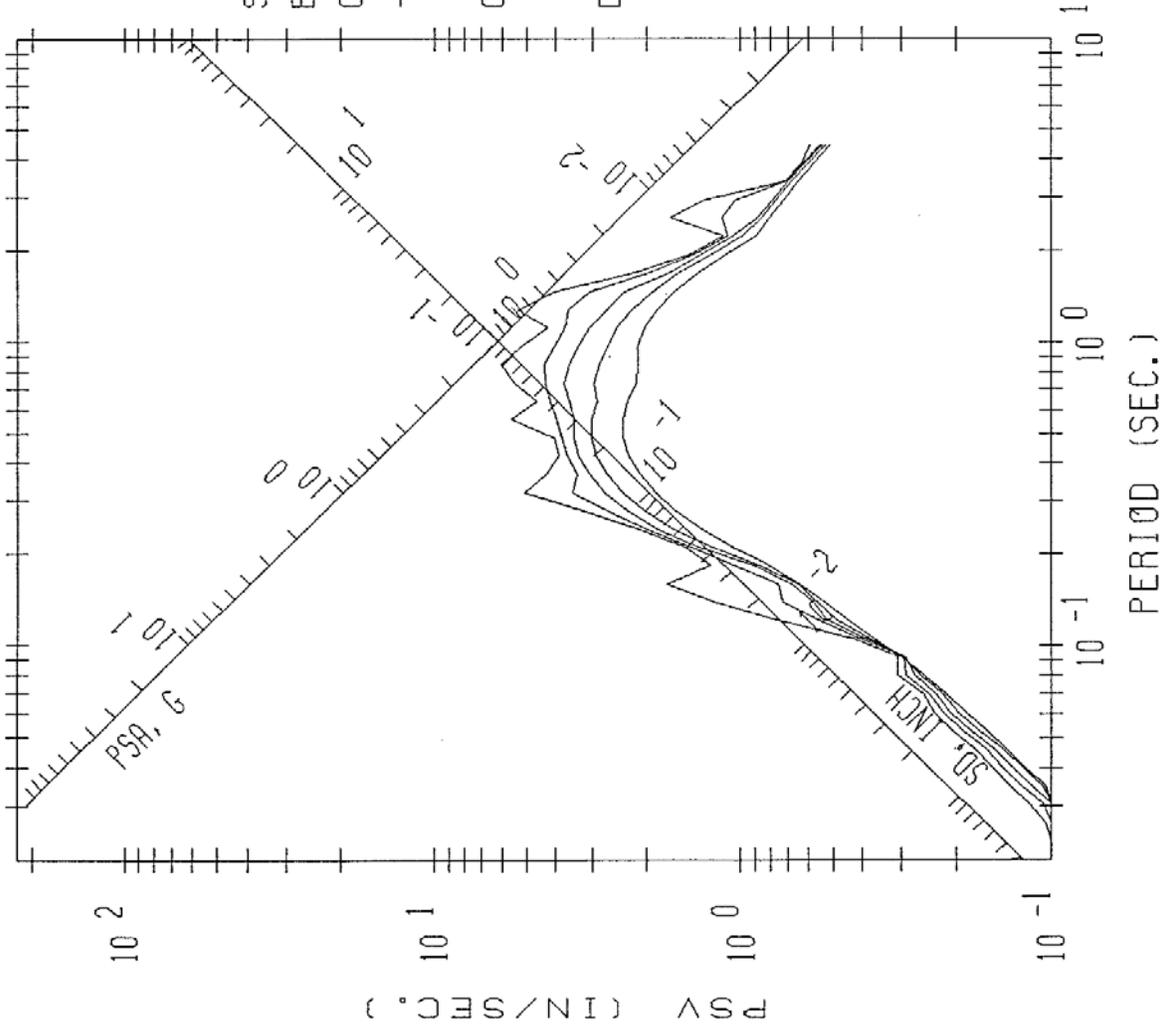
COMP. I

-L- STN 00015 13.333N 87.811

CU030422.V3

DAMPING VALUES:

- .00
- .02
- .05
- .10
- .20



RESPONSE SPECTRUM

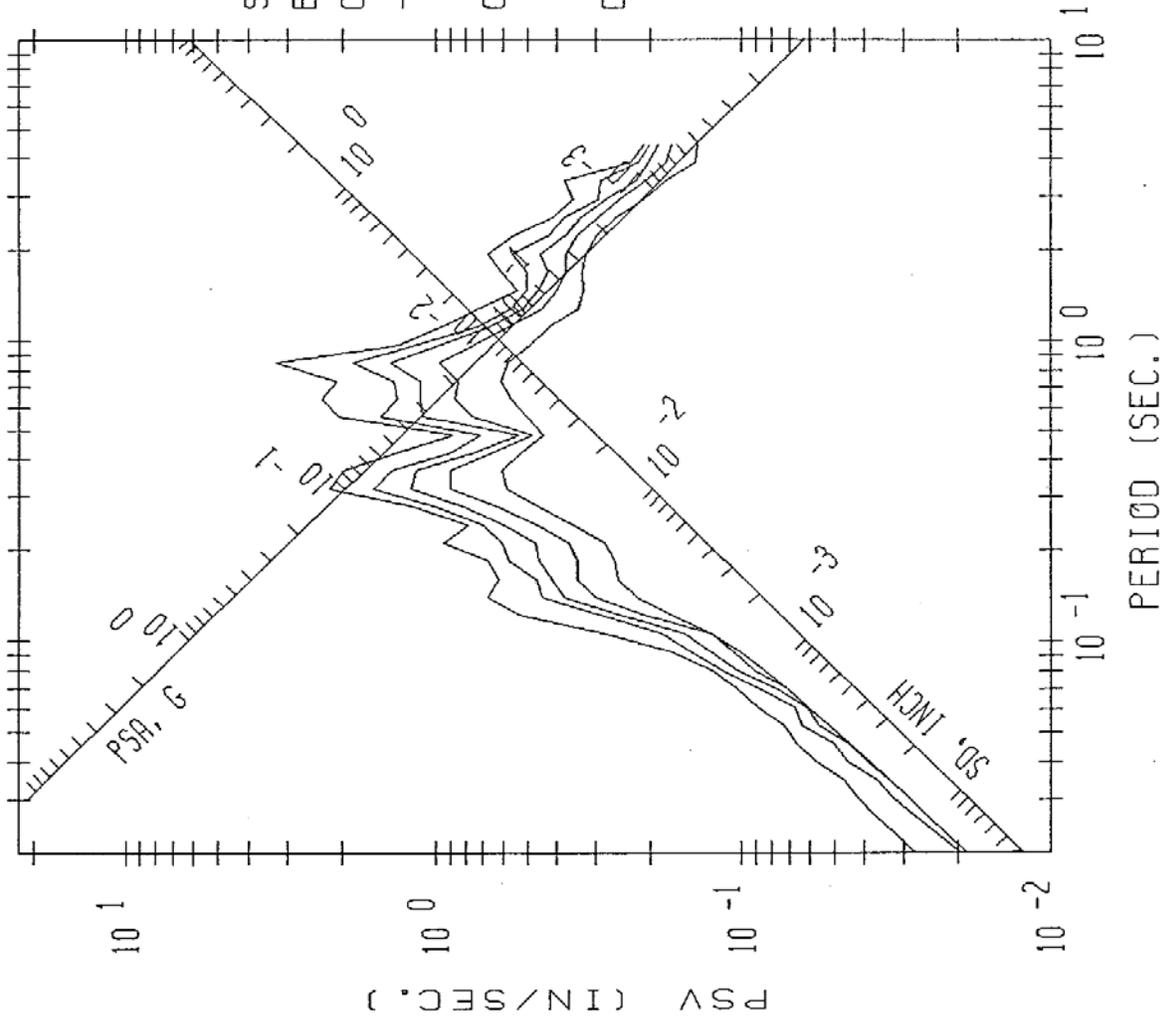
SISMO GOLFO DE FONSECA
EST. C U T U C O
COMP 2

-V- STN 00015 13.333N 87.81W

CU030422.V3

DAMPING VALUES:

- .00
- .02
- .05
- .10
- .20



RESPONSE SPECTRUM

SISMO GOLFO DE FONSECA

EST. CUTUCO

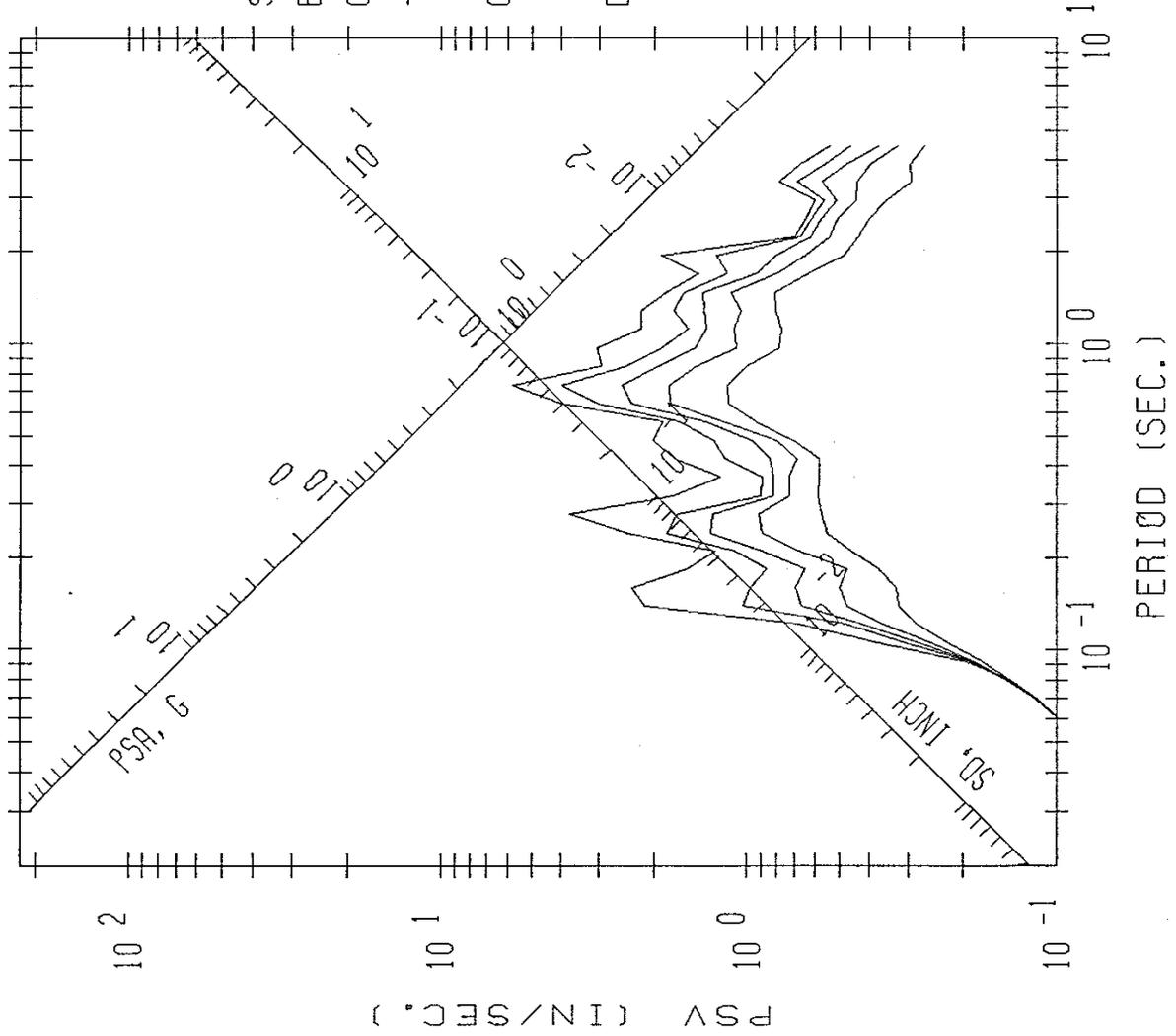
COMP 3

-T- STN 00015 13.333N 87.817

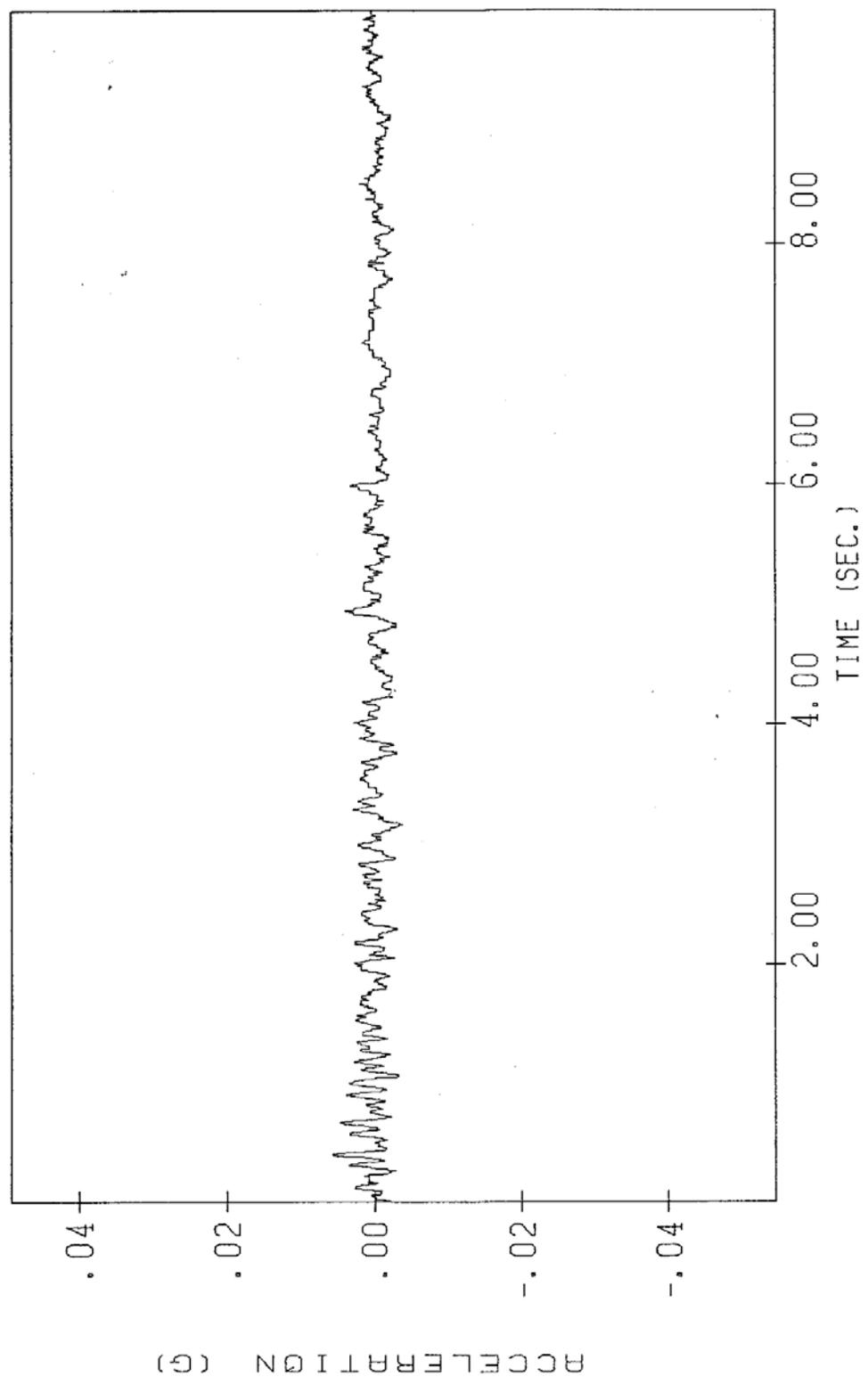
CU030422.V3

DAMPING VALUES:

- .00
- .02
- .05
- .10
- .20



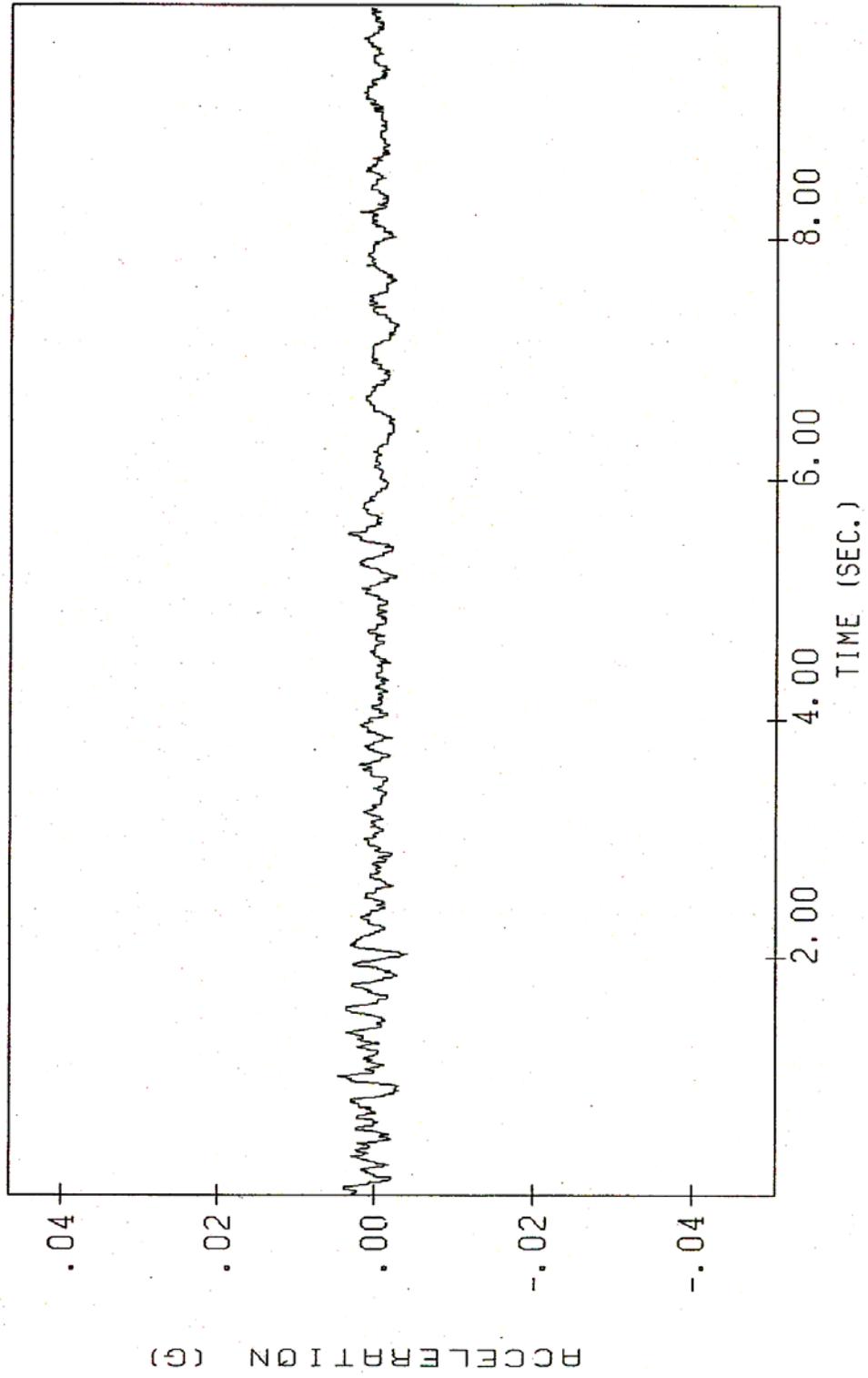
UNCORRECTED ACCELERATION
SISMO GOLFO DE FONSECA
COMP 1
-L- STN 00011 13.486N 88.471W SMR-1 S/N 4355
SMD30422.V1



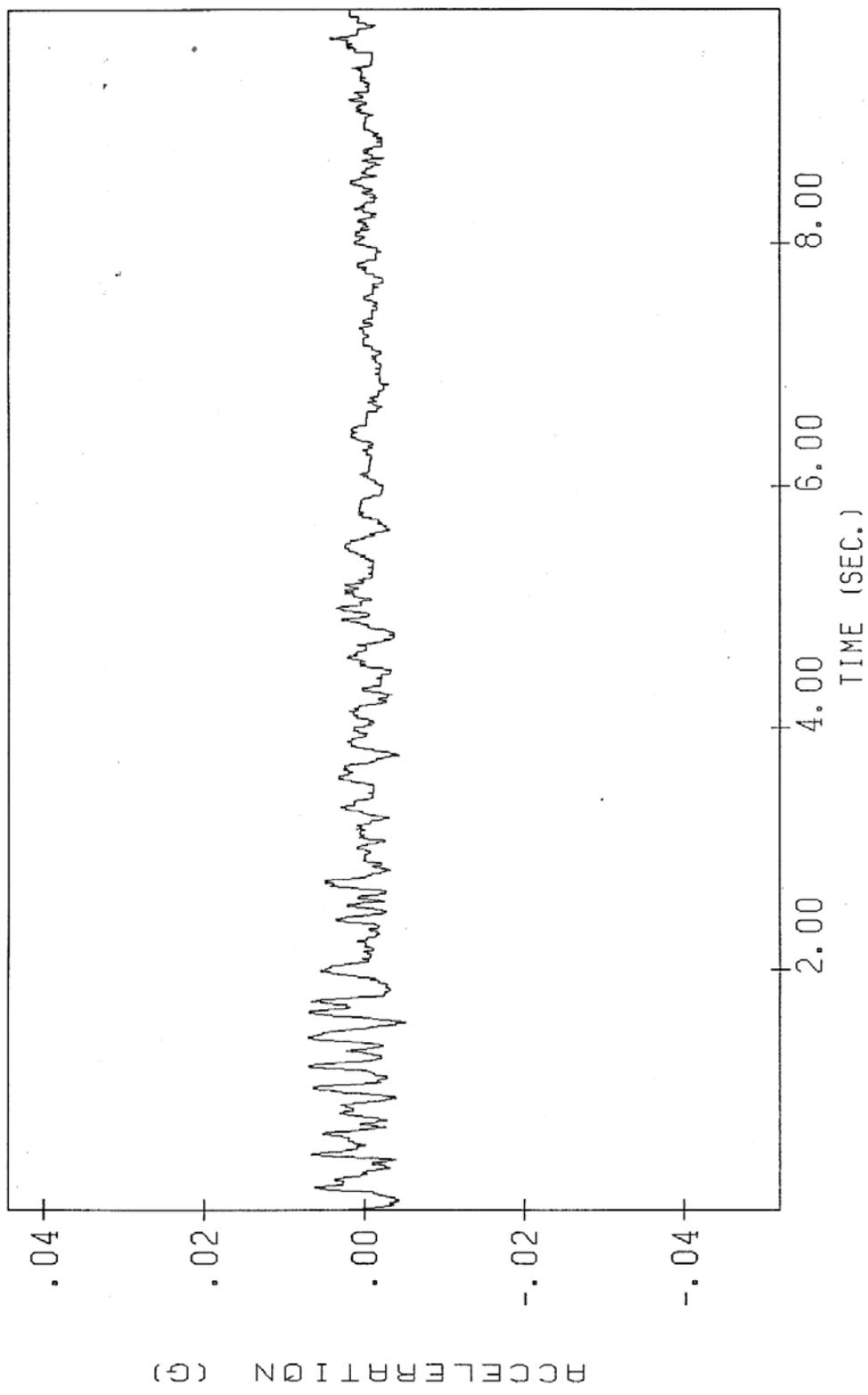
UNCORRECTED ACCELERATION
SISMO GOLFO DE FONSECA
COMP 2
-V-

SM030422.V1

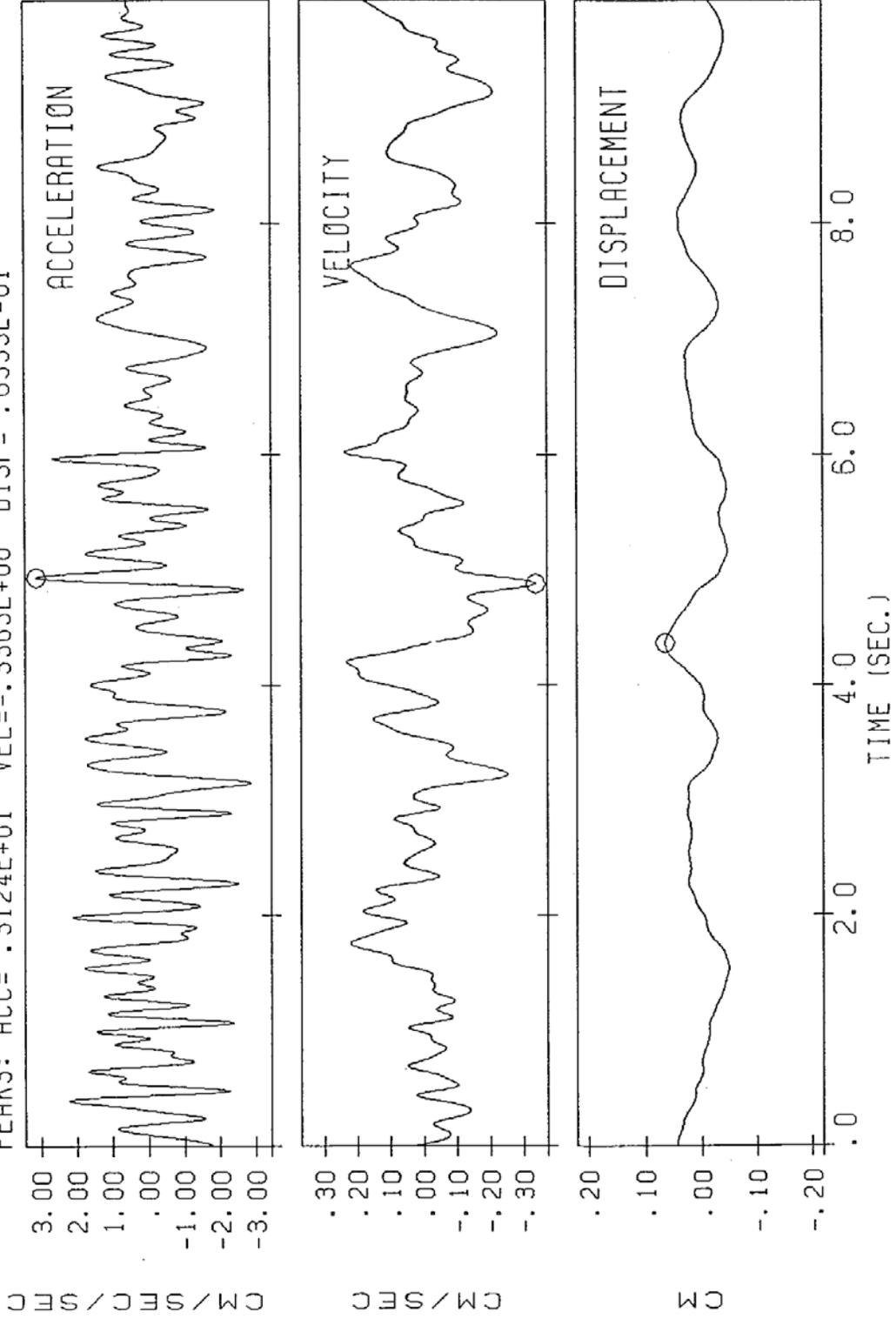
STN 00011 13.486N 88.471W SMA-1 S/N 4355



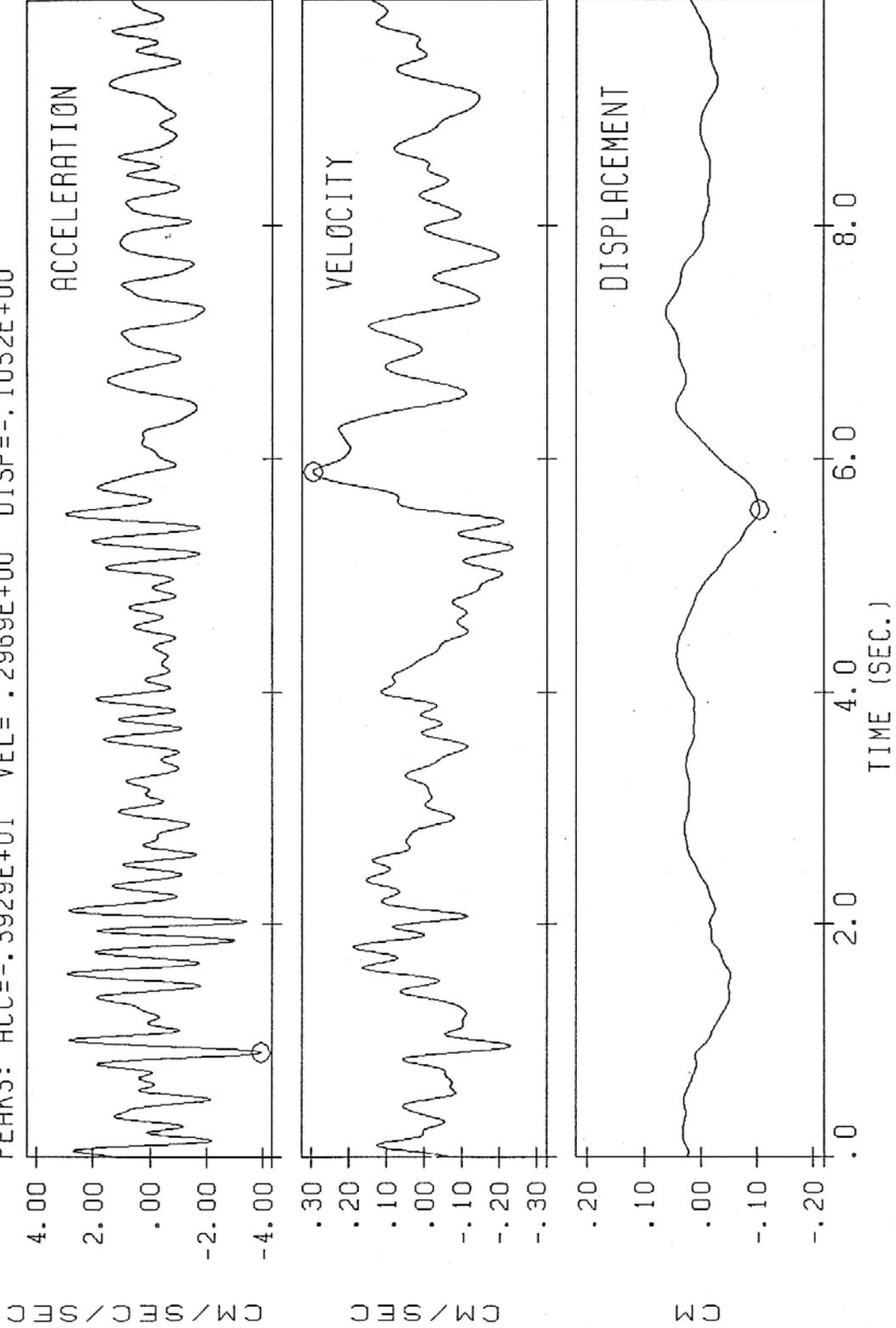
UNCORRECTED ACCELERATION
SISMO GOLFO DE FONSECA
COMP 3
-T- STN 00011 13.486N 88.471W SMA-1 S/N 4355
SM030422.V1



SISMO GOLFO DE FONSECA
 EST. SANTIAGO DE MARIA
 BANDPASS FILTER LIMITS: .150- .250
 PEAKS: ACC= .3124E+01 VEL=-.3365E+00 DISP= .6355E-01
 COMP 1 -L-
 7.00-10.00
 SM030422.V2



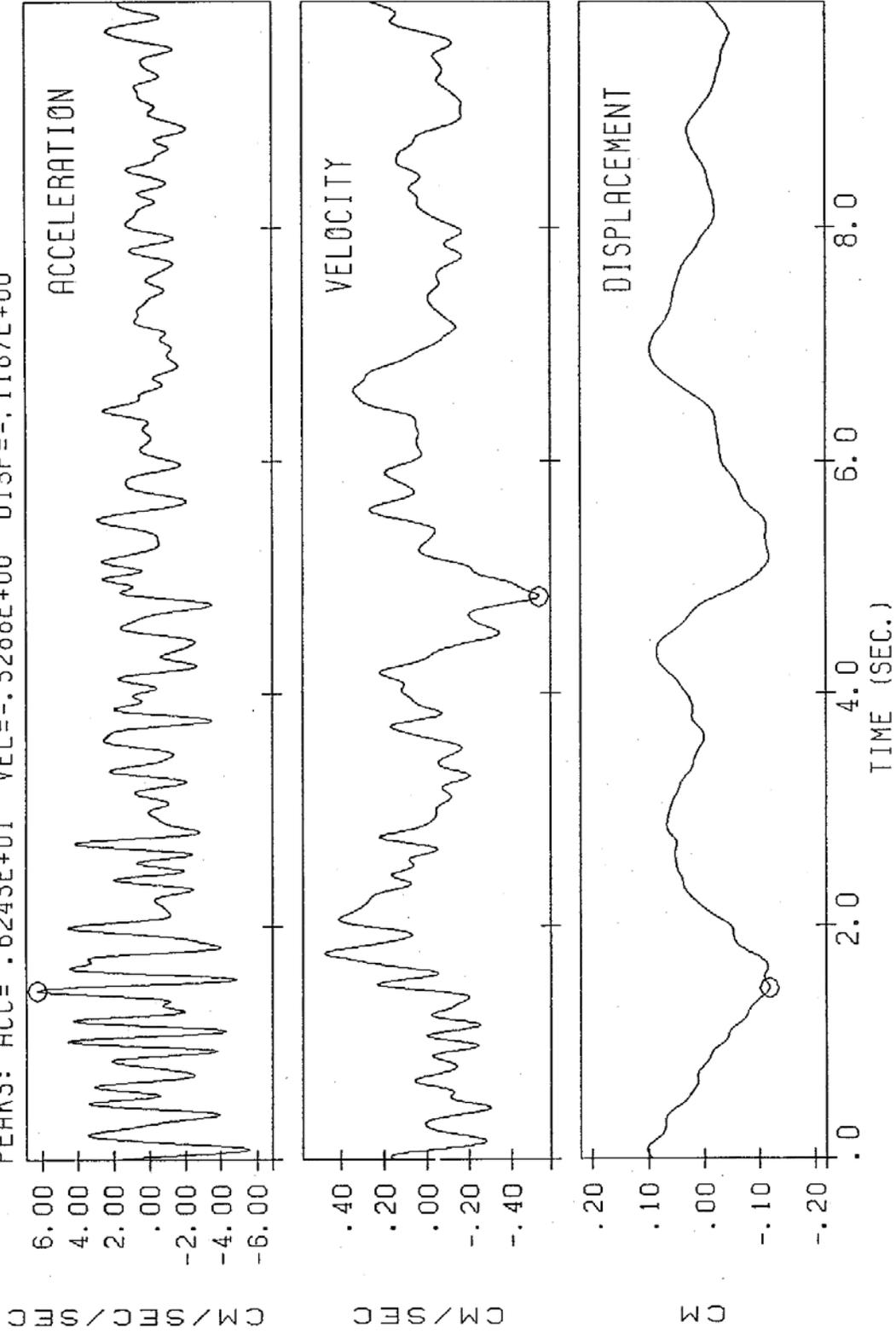
SISMO GÓLFO DE FONSECA
 EST. SANTIAGO DE MARIA
 BANDPASS FILTER LIMITS: .150-.250
 PEAKS: ACC=-.3929E+01 VEL=.2969E+00 DISP=-.1052E+00
 COMP 2 -V-
 7.00-10.00
 SM030422.V2



SISMO GOLFO DE FONSECA
EST. SANTIAGO DE MARIA
BANDPASS FILTER LIMITS:
PEAKS: ACC= .6243E+01 VEL=-.5288E+00 DISP=-.1187E+00

COMP 3 -T-
7.00-10.00
DISP=-.1187E+00

SM030422.V2



RESPONSE SPECTRUM

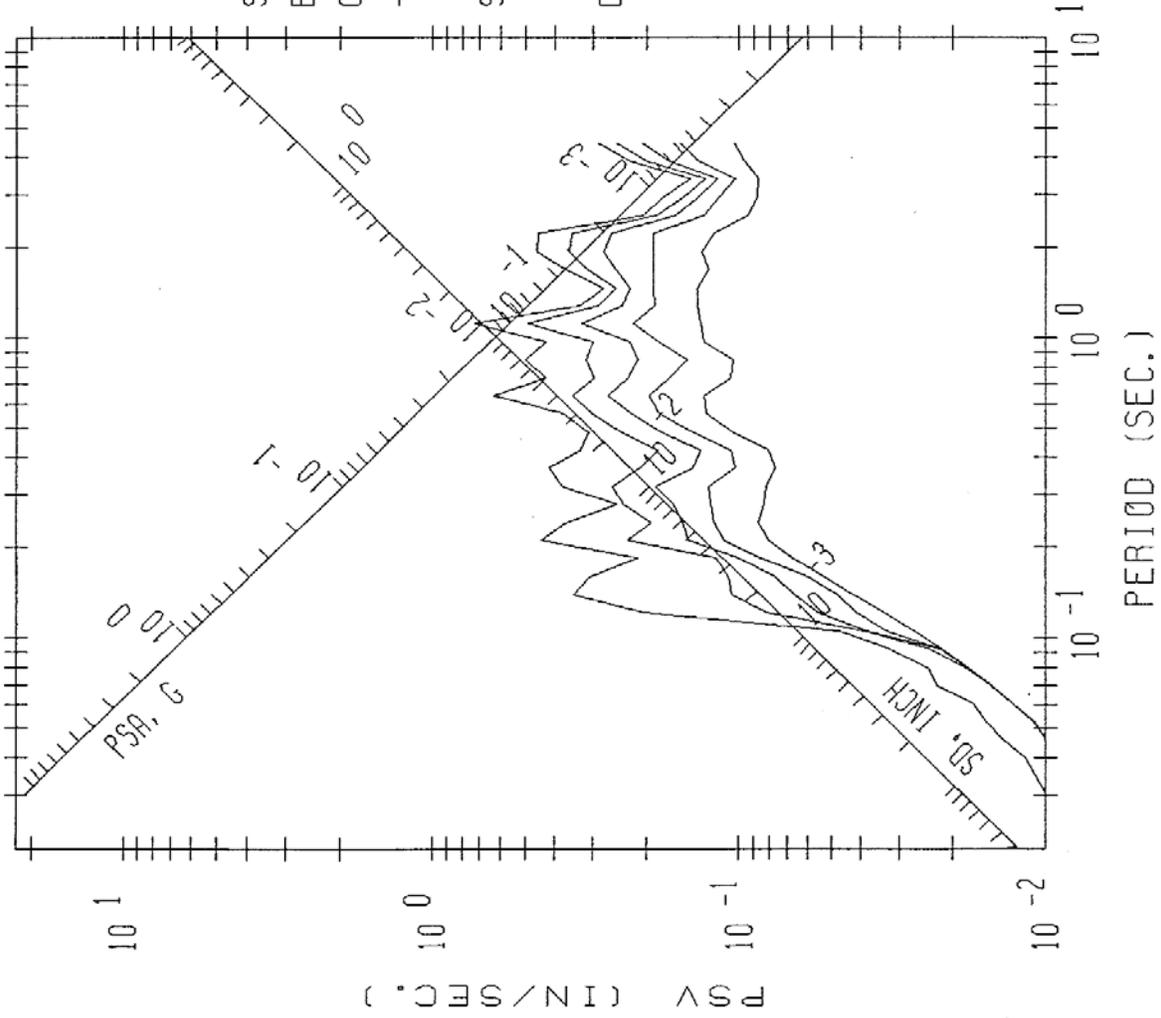
SISMO GOLFO DE FONSECA
EST. SANTIAGO DE MARIA
COMP 1

-L- STN 00011 13.486N 88.47:

SMD30422.V3

DAMPING VALUES:

- .00
- .02
- .05
- .10
- .20



RESPONSE SPECTRUM

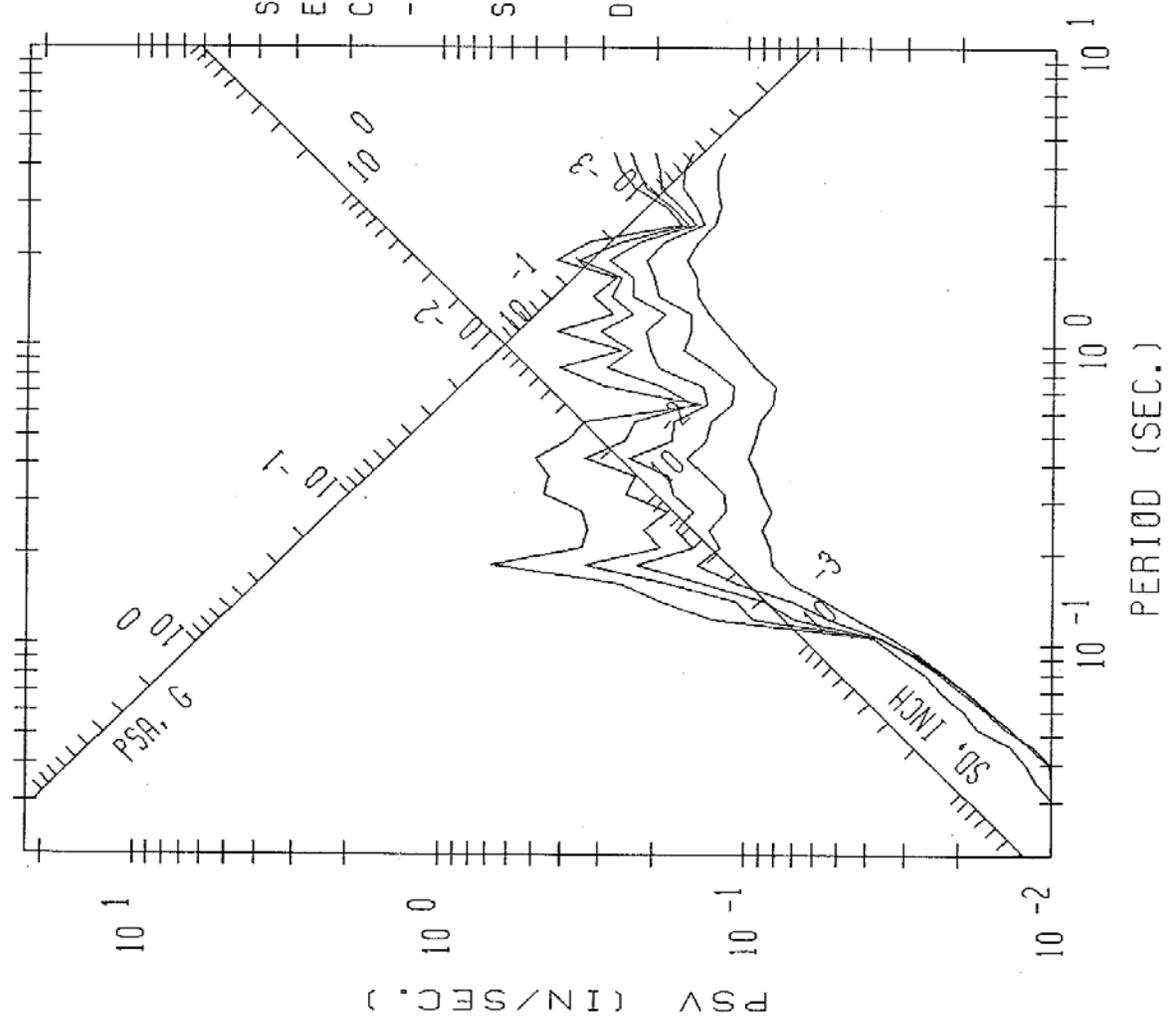
SISMO GOLFO DE FONSECA
EST. SANTIAGO DE MARIA
COMP 2

-V- STN 00011 13.486N 88.47E

SM030422.V3

DAMPING VALUES:

- .00
- .02
- .05
- .10
- .20



RESPONSE SPECTRUM

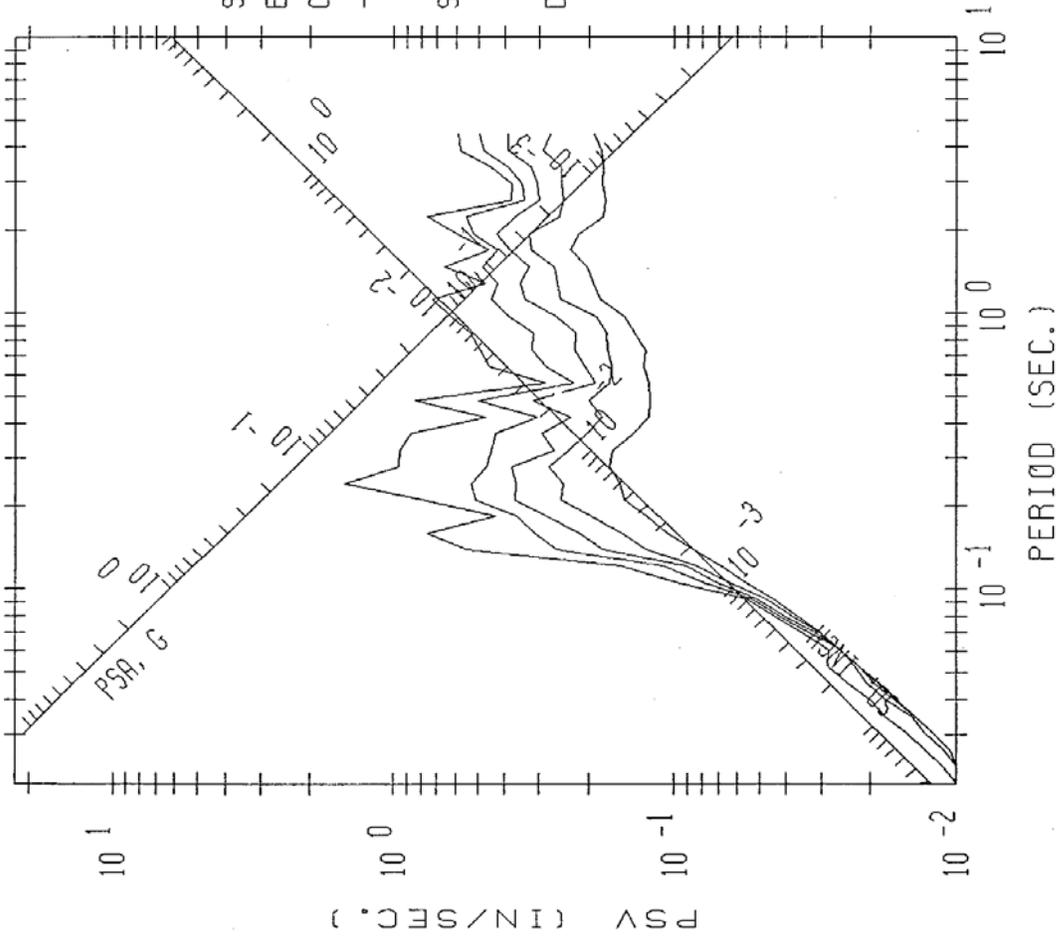
SISMO GOLFO DE FONSECA
EST. SANTIAGO DE MARIA
COMP 3

-T- STN 00011 13.486N 88.47:

SM030422.V3

DAMPING VALUES:

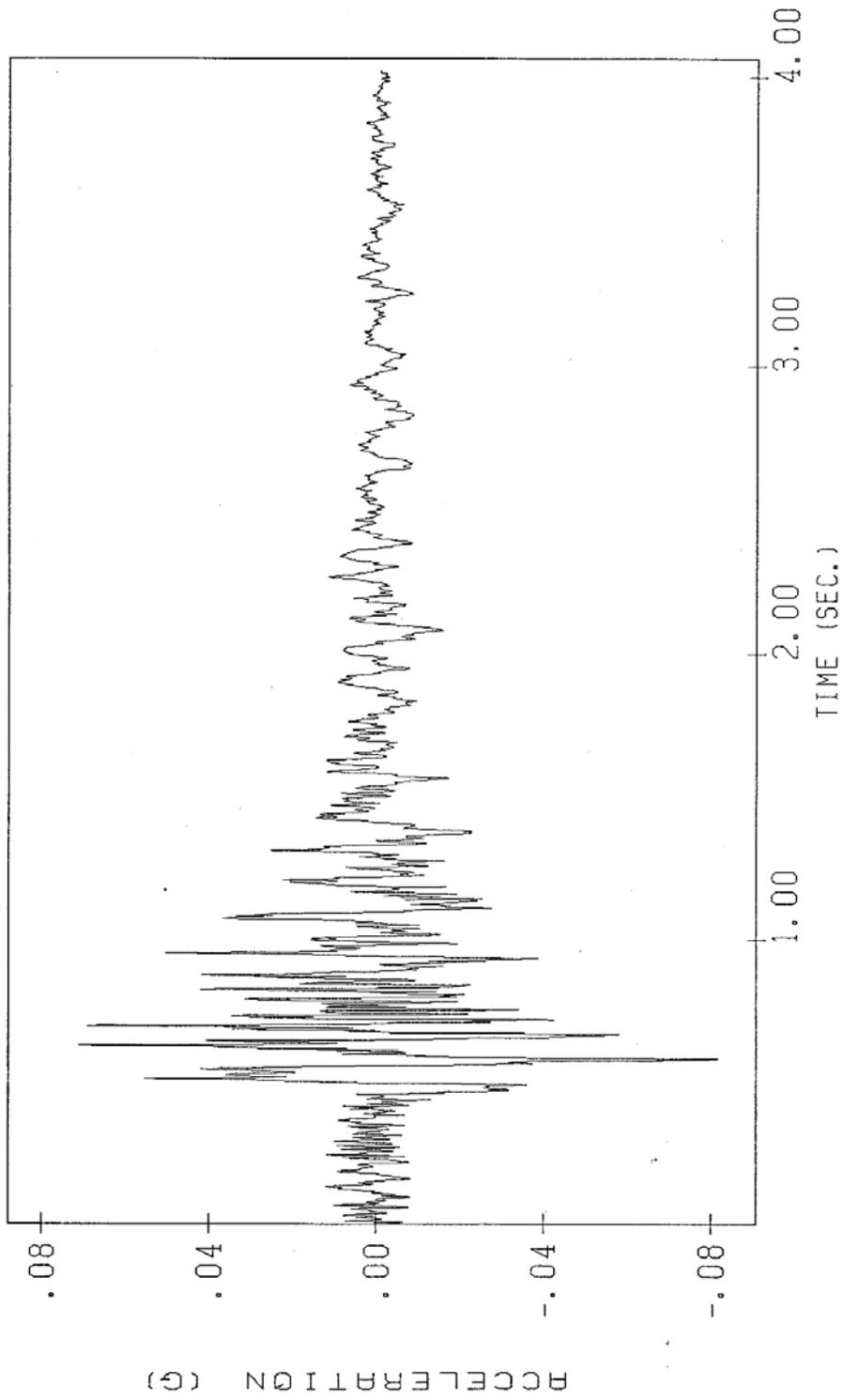
- .00
- .02
- .05
- .10
- .20



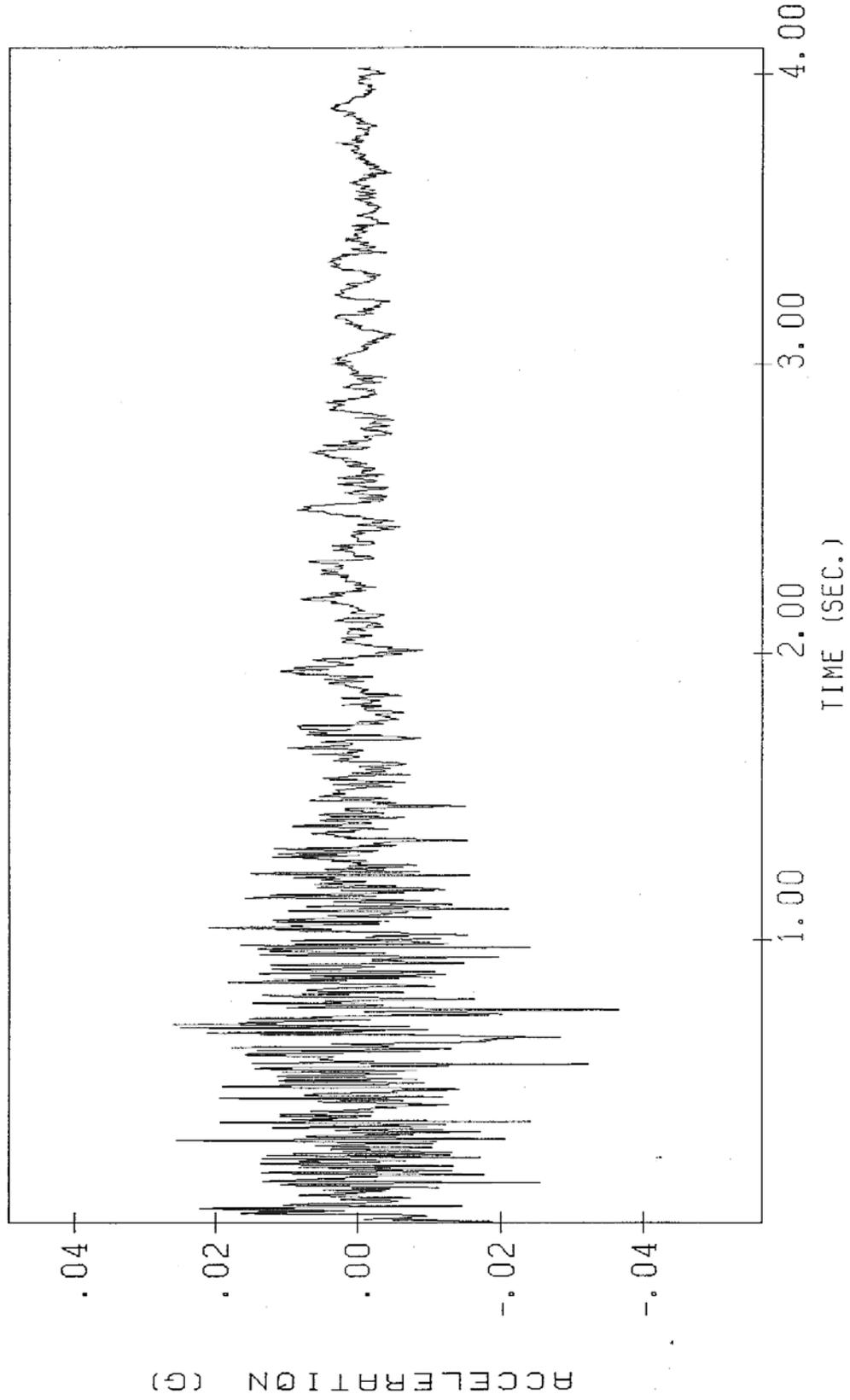
CU031009.V1

UNCORRECTED ACCELERATION
SISMO GOLFO DE FONSECA
COMP 1

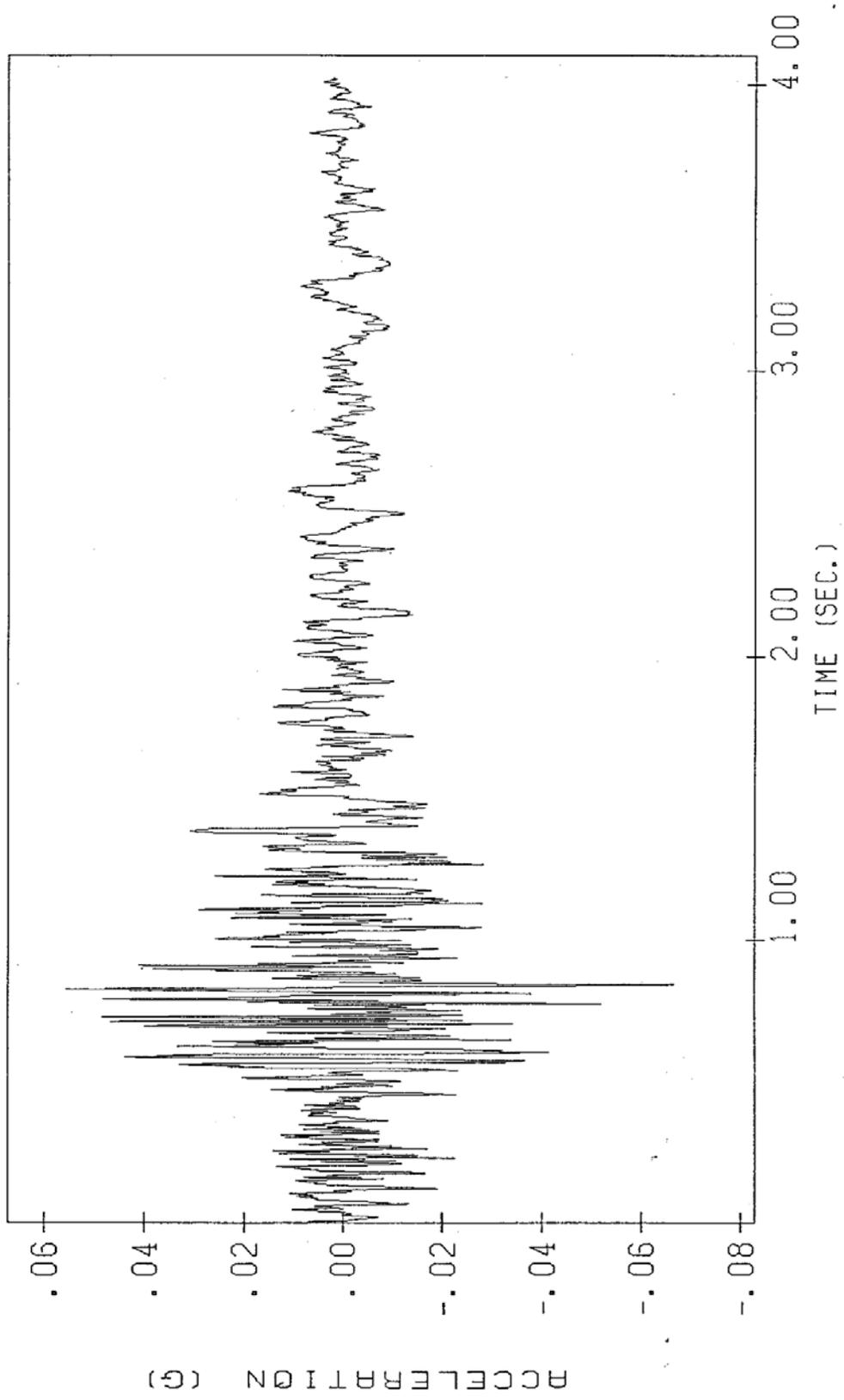
-L- STN 00015 13.333N 87.817W SMA-1 S/N 7135



UNCORRECTED ACCELERATION
SISMO GOLFO DE FONSECA
COMP 2
-V- STN 00015 13.333N 87.817W SMA-1 S/N 7135 CU031009.V1



UNCORRECTED ACCELERATION
SISMO GOLFO DE FONSECA
COMP 3
-T- STN 00015 13.333N 87.817W SMA-1 S/N 7135 CU031009.V1



SISMO GOLFO DE FONSECA

EST. C U T U C 0

BANDPASS FILTER LIMITS: .150-.250

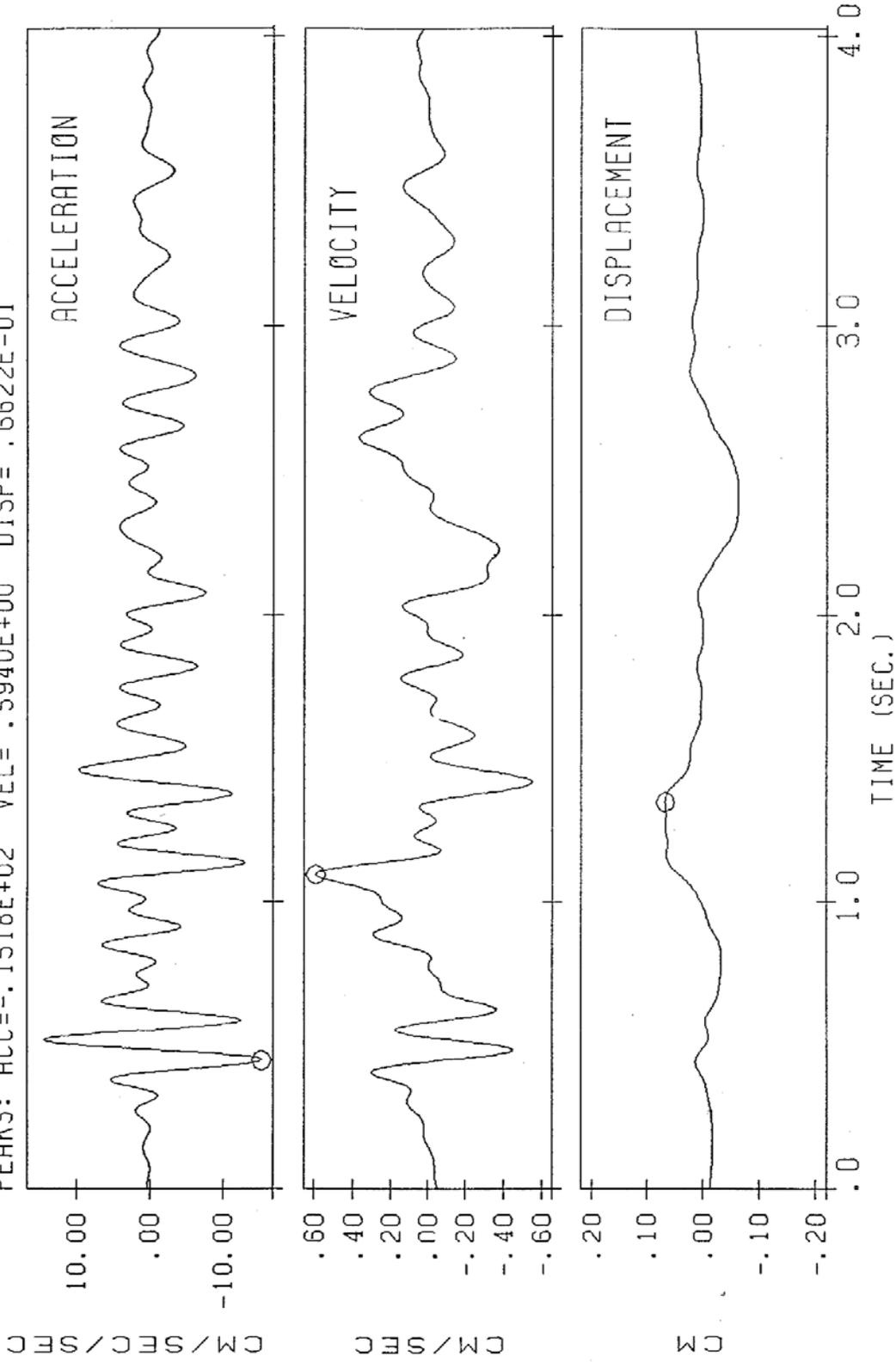
PEAKS: ACC=-.1518E+02 VEL=.5940E+00 DISP=.6622E-01

COMP 1 -L-

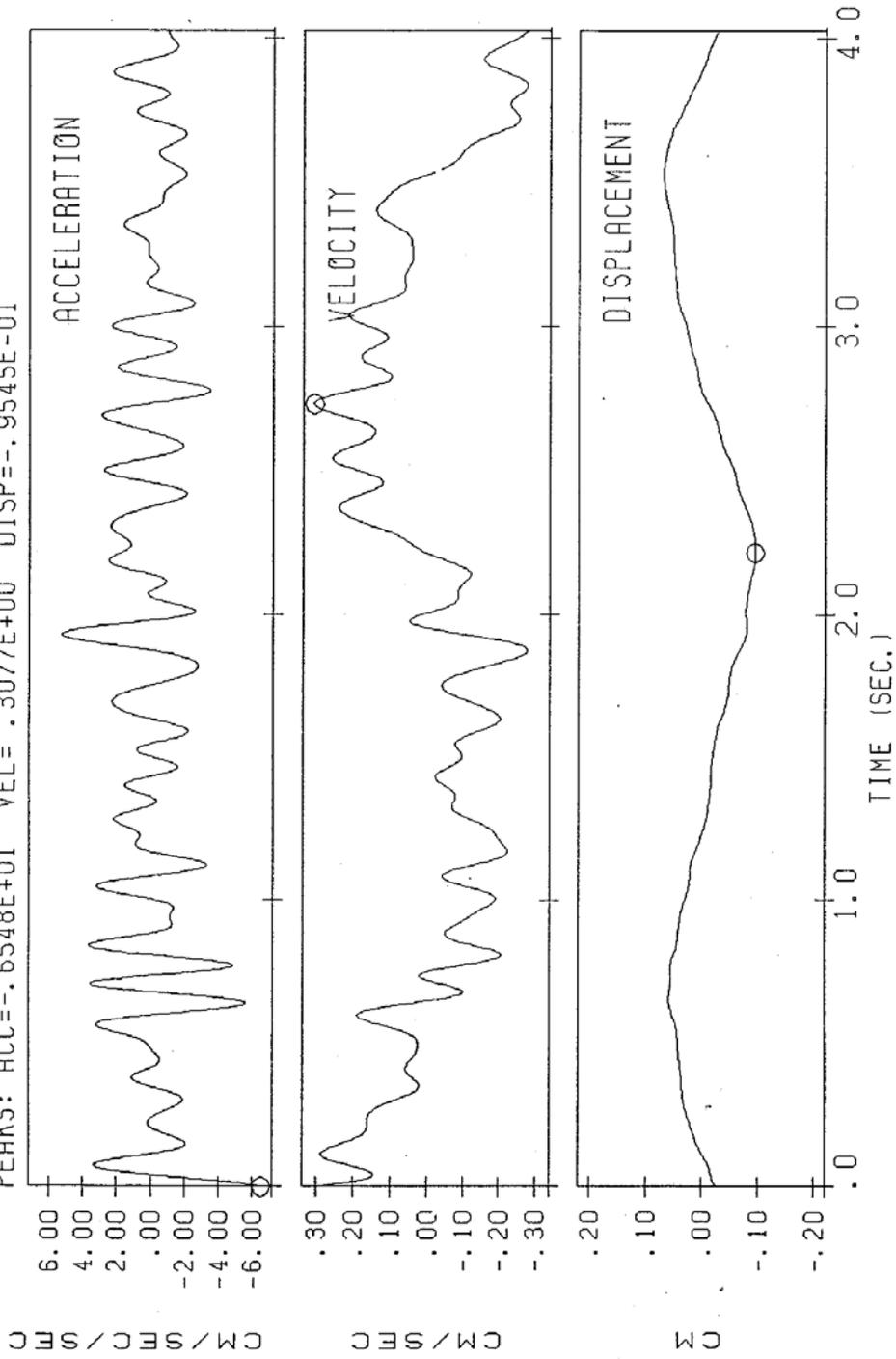
7.00-10.00

DISP= .6622E-01

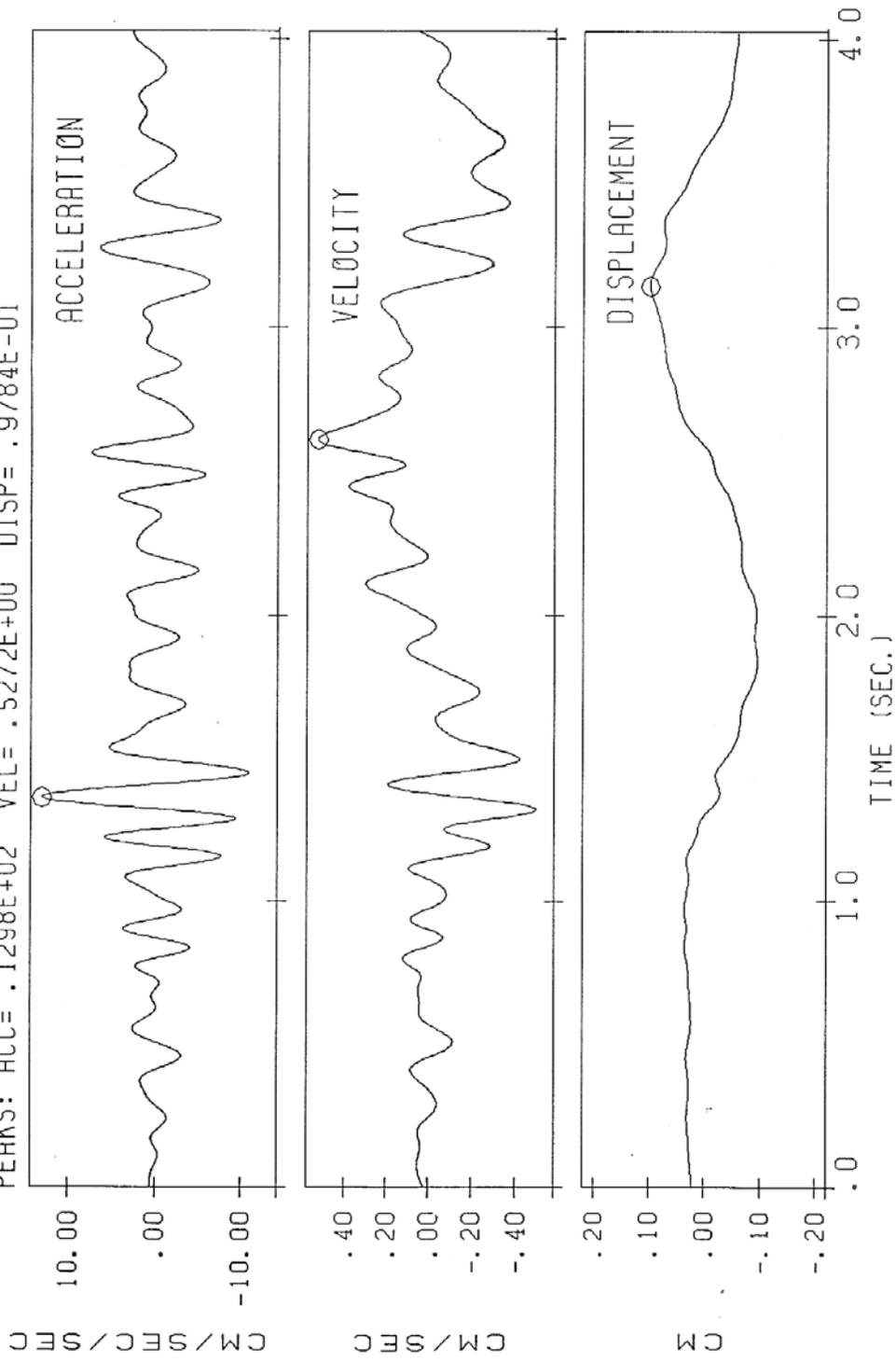
CU031009.V2



SISMO GOLFO DE FONSECA
 EST. C U T U C 0
 BANDPASS FILTER LIMITS: .150-.250
 PEAKS: ACC=-.6548E+01 VEL=.3077E+00 DISP=-.9545E-01
 COMP 2 -V-
 CU031009.V2



SISMO GOLFO DE FONSECA
EST. CUTUCO
BANDPASS FILTER LIMITS: .150- .250
PEAKS: ACC= .1298E+02 VEL= .5272E+00 DISP= .9784E-01
COMP 3 -T-
7.00-10.00
CU031009.V2



RESPONSE SPECTRUM

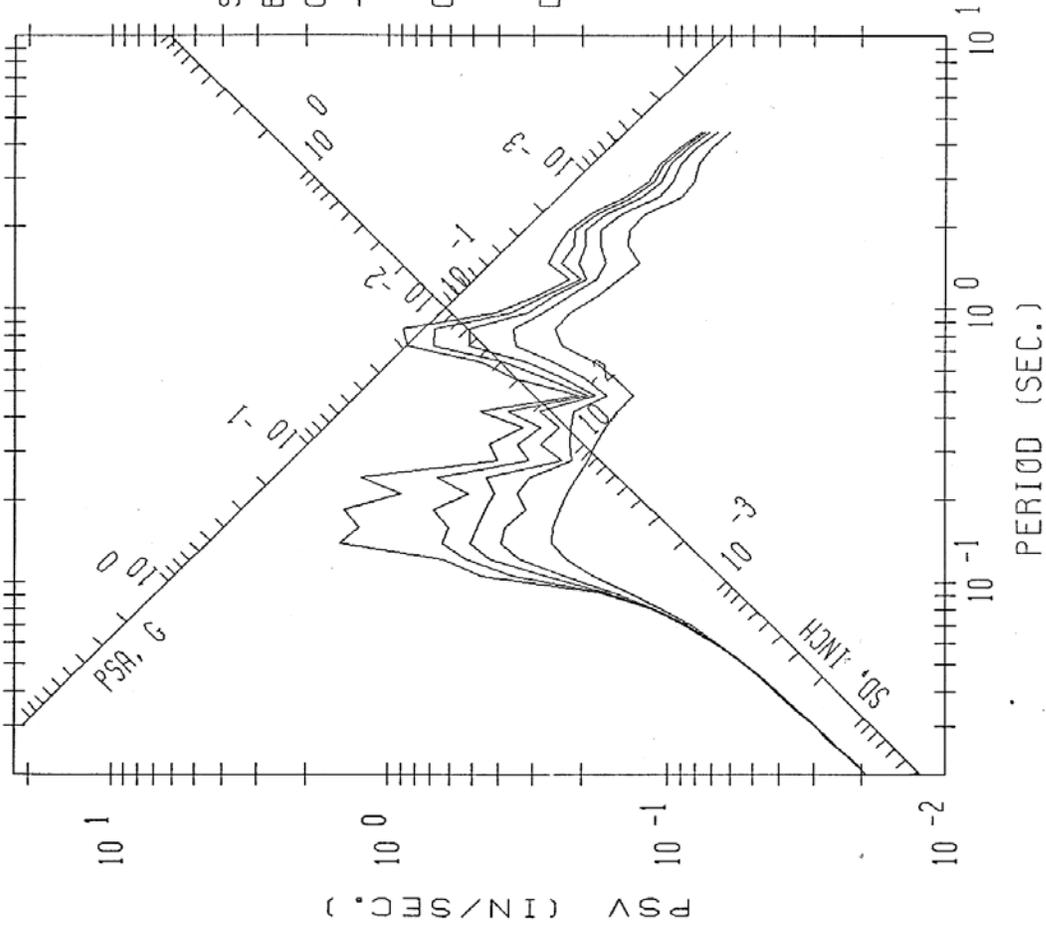
SISMO GOLFO DE FONSECA
EST. CUTUCO
COMP 1

-L- STN 00015 13.333N 87.811W

CU031009.V3

DAMPING VALUES:

- .00
- .02
- .05
- .10
- .20



RESPONSE SPECTRUM

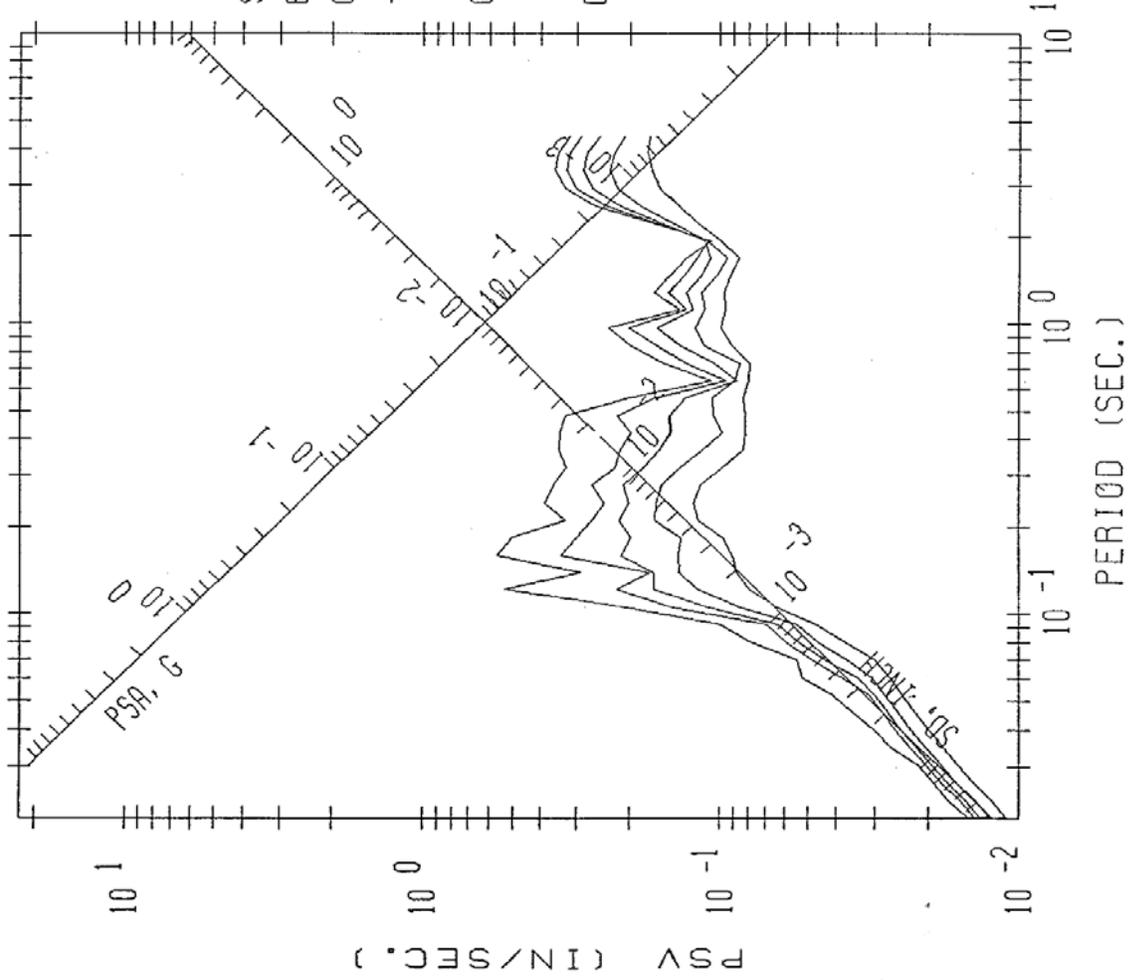
SISMO GOLFO DE FONSECA
EST. CUTUCO
COMP 2

-V- STN 00015 13.333N 87.811

CU031009.V3

DAMPING VALUES:

- .00
- .02
- .05
- .10
- .20



RESPONSE SPECTRUM

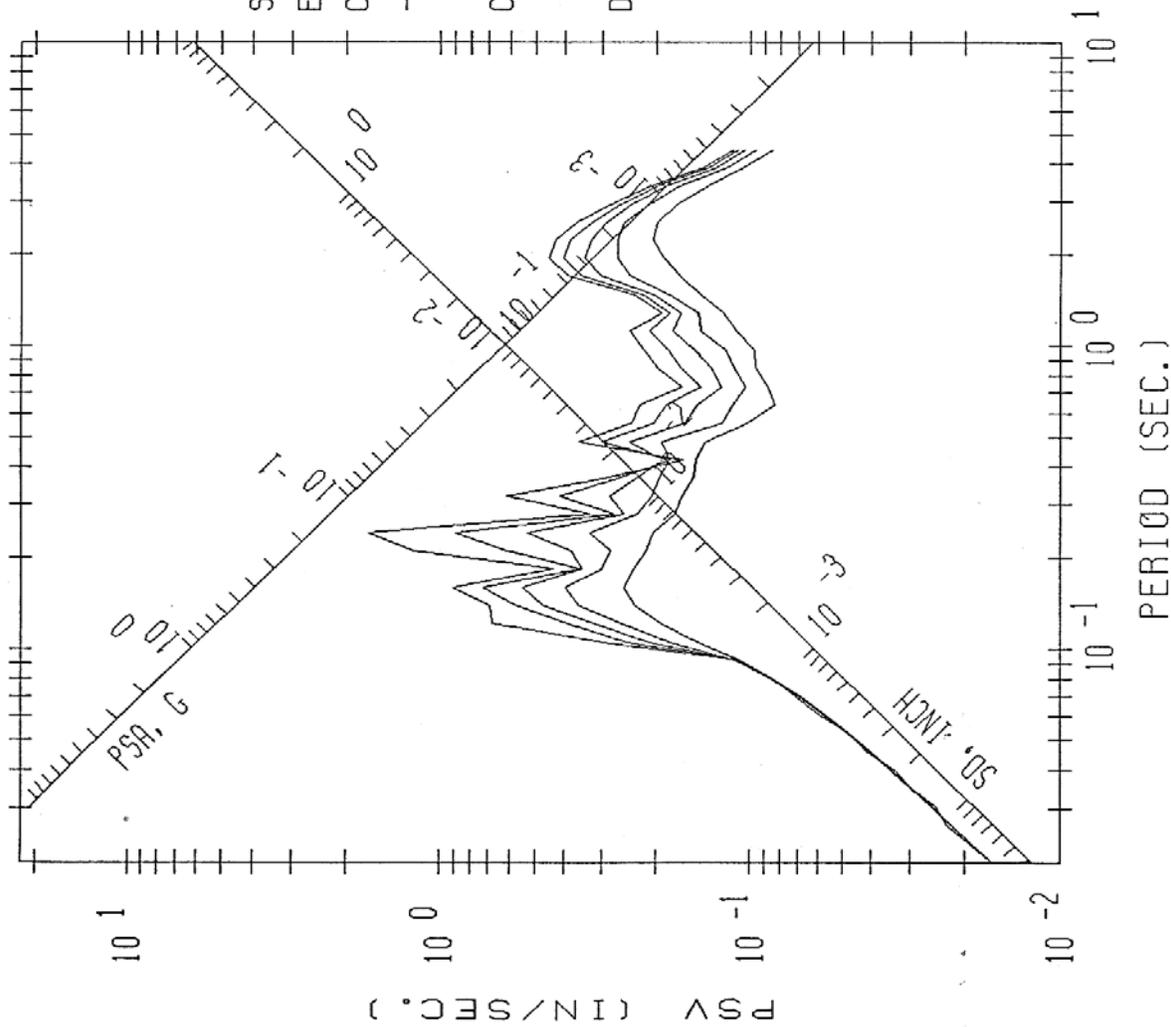
SISMO GOLFO DE FONSECA
EST. CUTUCO
COMP 3

-T- STN 00015 13.333N 87.811

CU031009.V3

DAMPING VALUES:

- .00
- .02
- .05
- .10
- .20



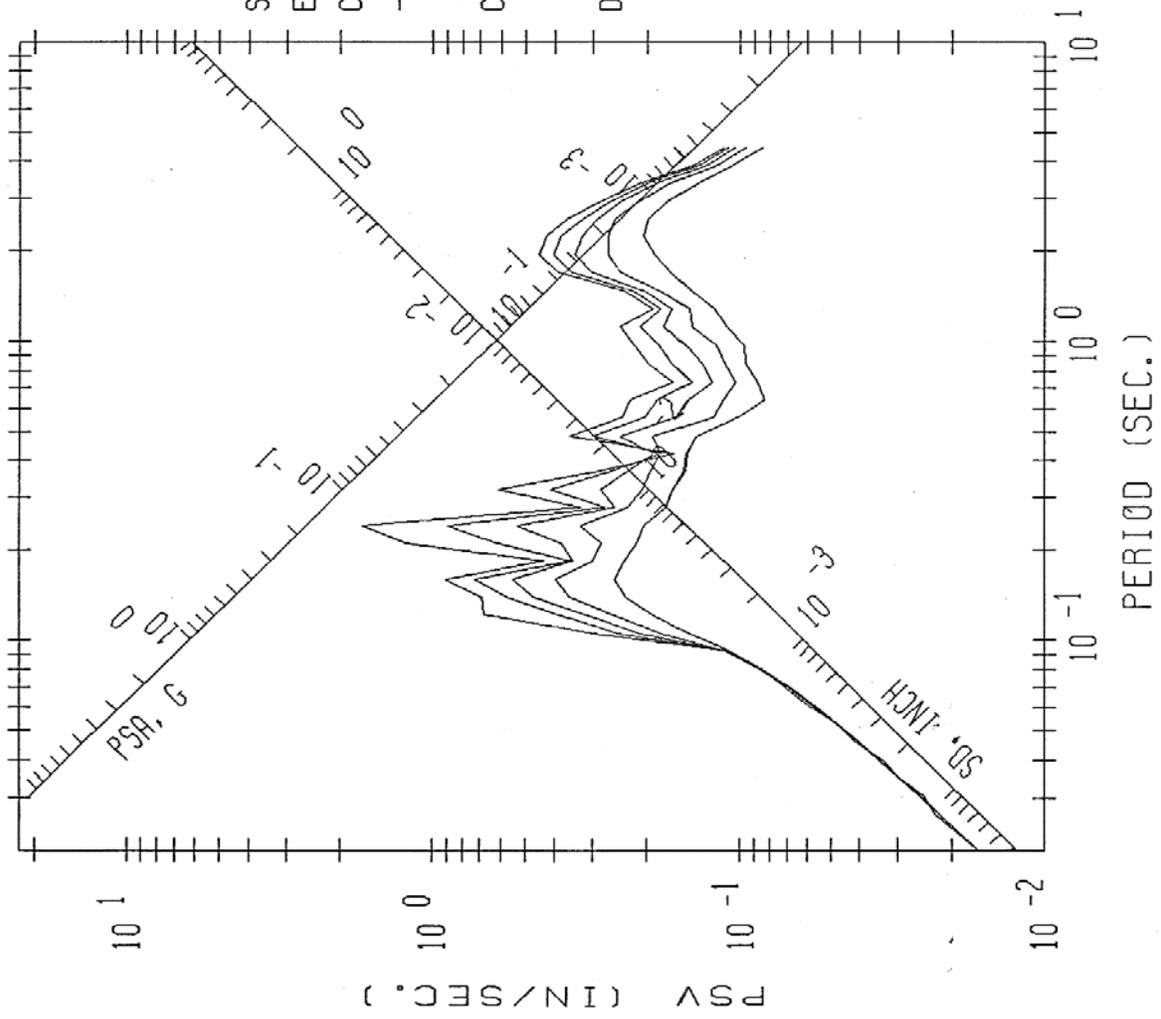
RESPONSE SPECTRUM

SISMO GOLFO DE FONSECA
EST. CUTUCO
COMP 3
-T- STN 00015 13.333N 87.811

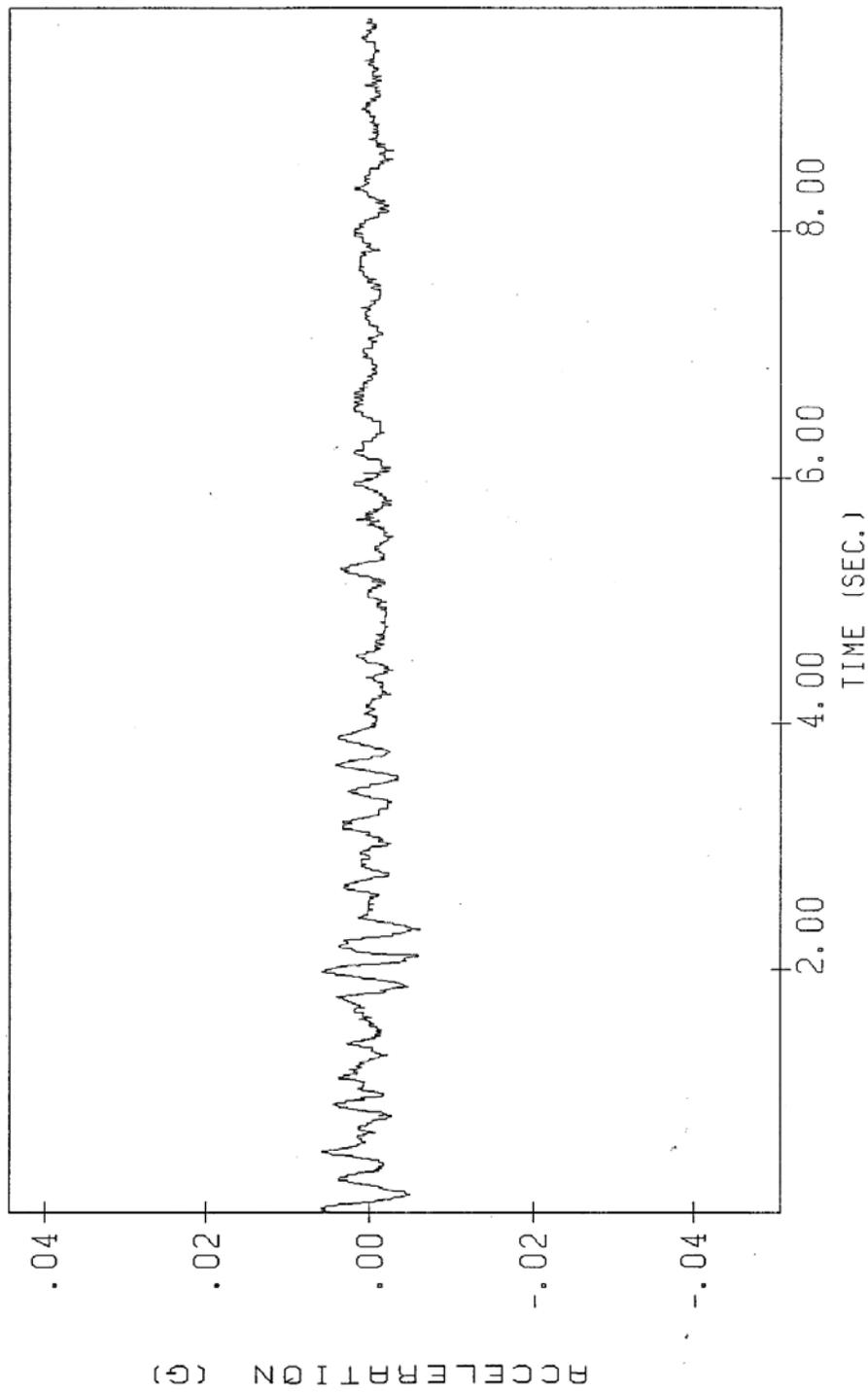
CU031009.V3

DAMPING VALUES:

- .00
- .02
- .05
- .10
- .20



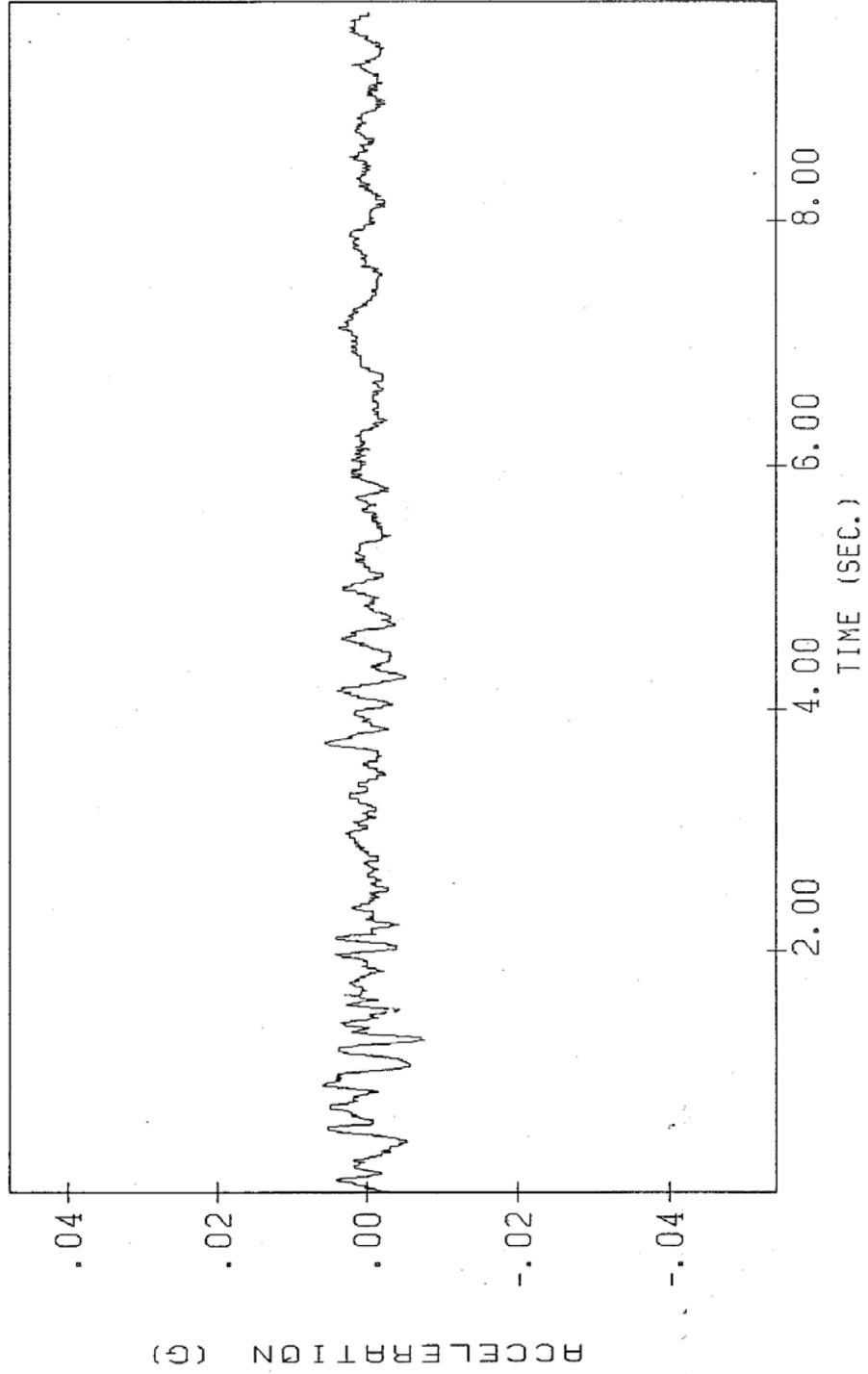
UNCORRECTED ACCELERATION
SISMO GOLFO DE FONSECA
COMP 2
-V- STN 00011 13.486N 88.471W SMA-1 S/N 4355 SM031009.V1



SM031009.V1

UNCORRECTED ACCELERATION
SISMO GOLFO DE FONSECA
COMP 1

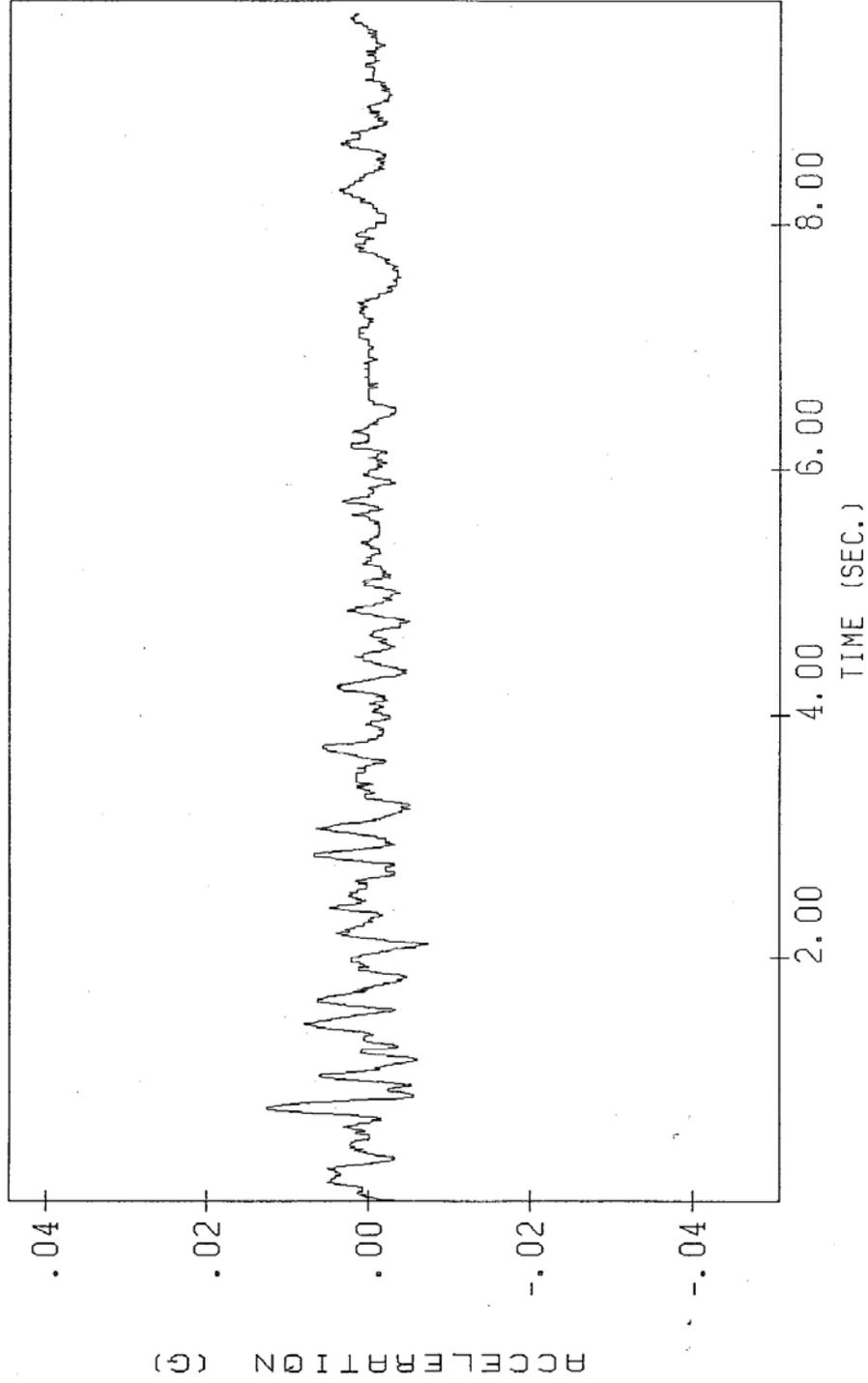
-L- STN 00011 13.486N 88.471W SMA-1 S/N 4355



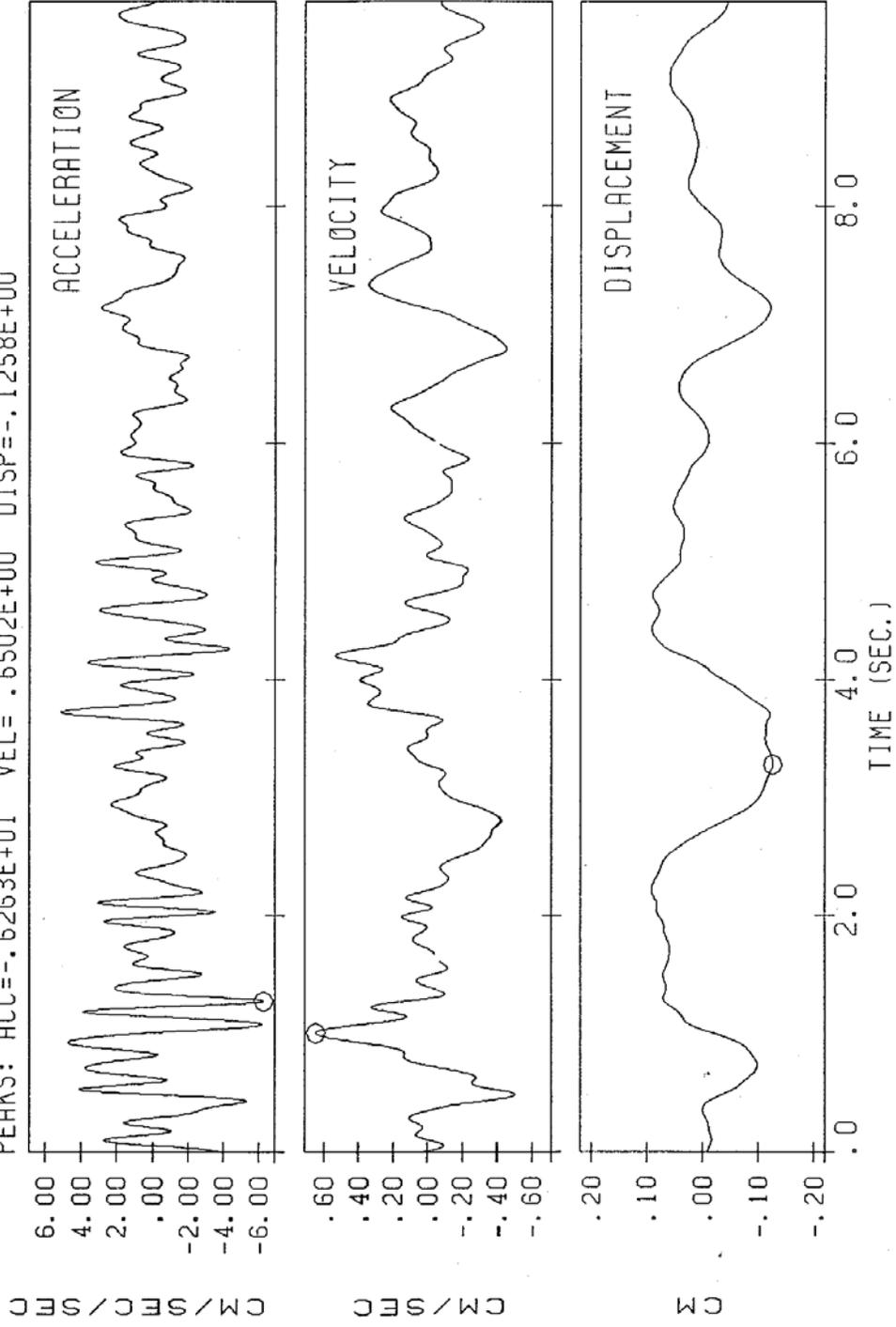
UNCORRECTED ACCELERATION
SISMO GOLFO DE FONSECA
COMP 3

SM031009.V1

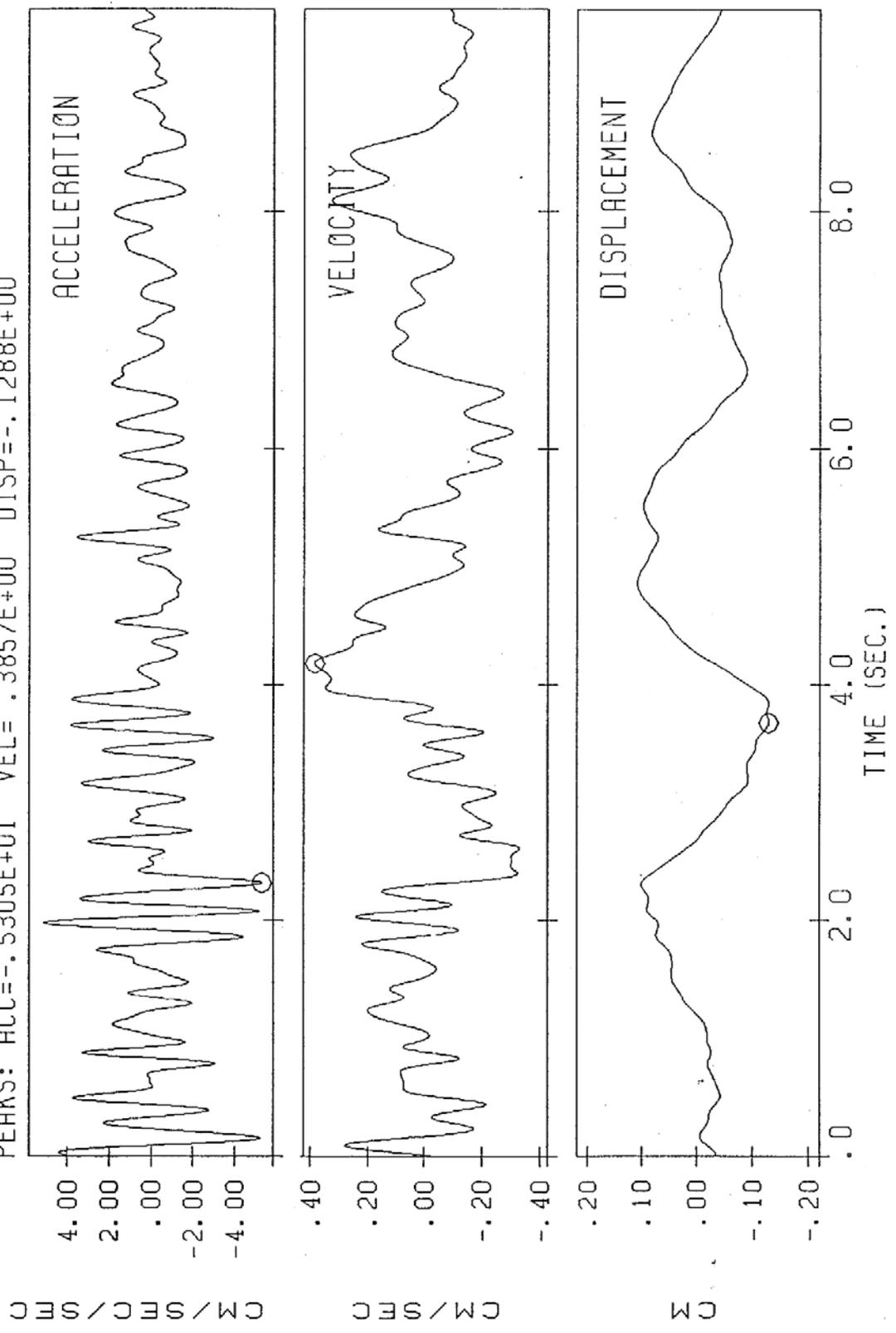
-T- STN 00011 13.486N 88.471W SMA-1 S/N 4355



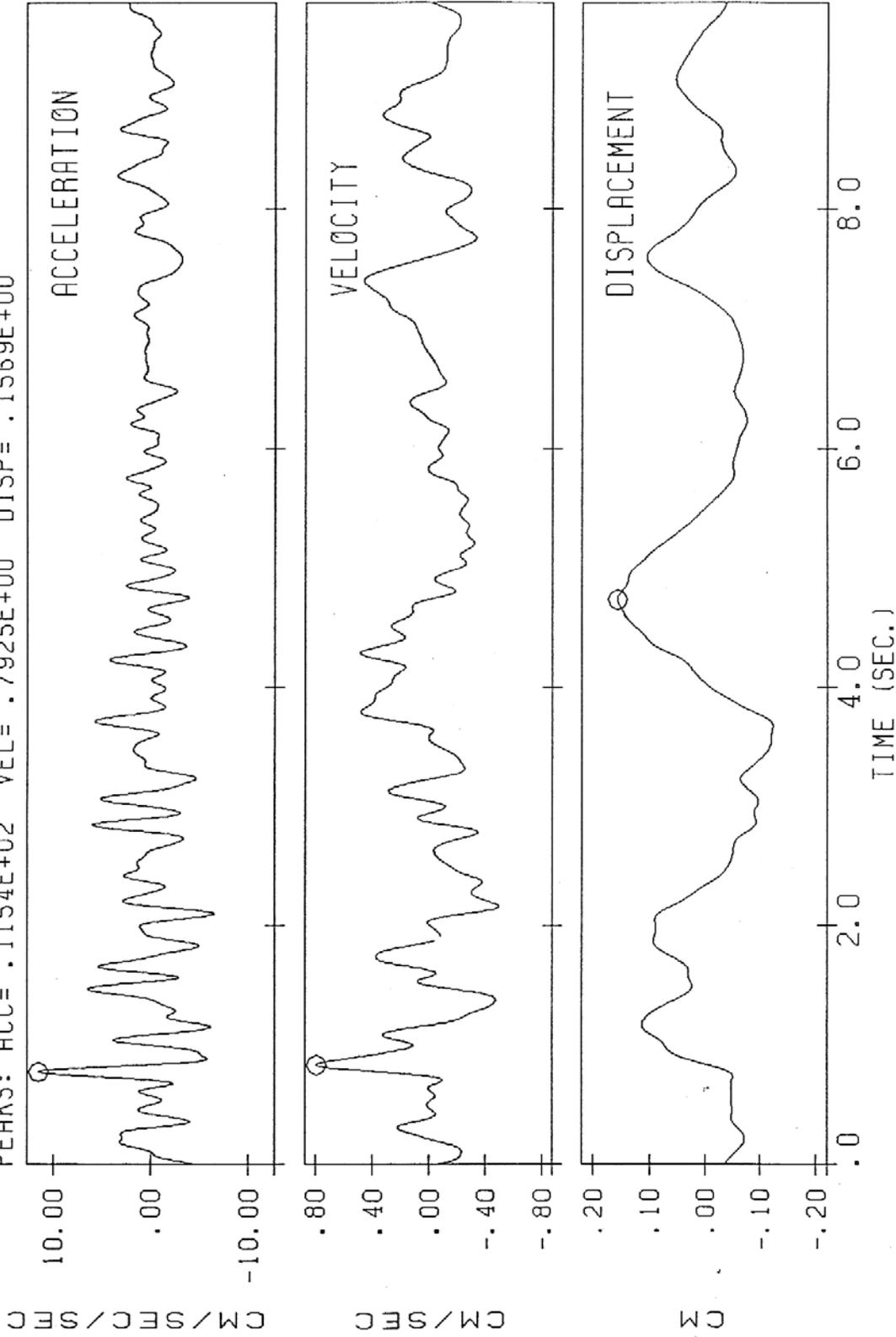
SISMO GOLFO DE FONSECA
EST. SANTIAGO DE MARIA
BANDPASS FILTER LIMITS: .150-.250
PEAKS: ACC=-.6263E+01 VEL=.6502E+00 DISP=-.1258E+00
COMP 1 -L-
7.00-10.00
SM031009.V2



SISMO GOLFO DE FONSECA
 EST. SANTIAGO DE MARIA
 BANDPASS FILTER LIMITS: .150- .250
 PEAKS: ACC=-.5305E+01 VEL=.3857E+00 DISP=-.1288E+00
 COMP 2 -V-
 7.00-10.00
 SM031009.V2



SISMO GOLFO DE FONSECA
 EST. SANTIAGO DE MARIA
 BANDPASS FILTER LIMITS: .150-.250
 PEAKS: ACC= .1154E+02 VEL= .7925E+00 DISP= .1569E+00
 COMP 3 -T-
 SM031009.V2



RESPONSE SPECTRUM

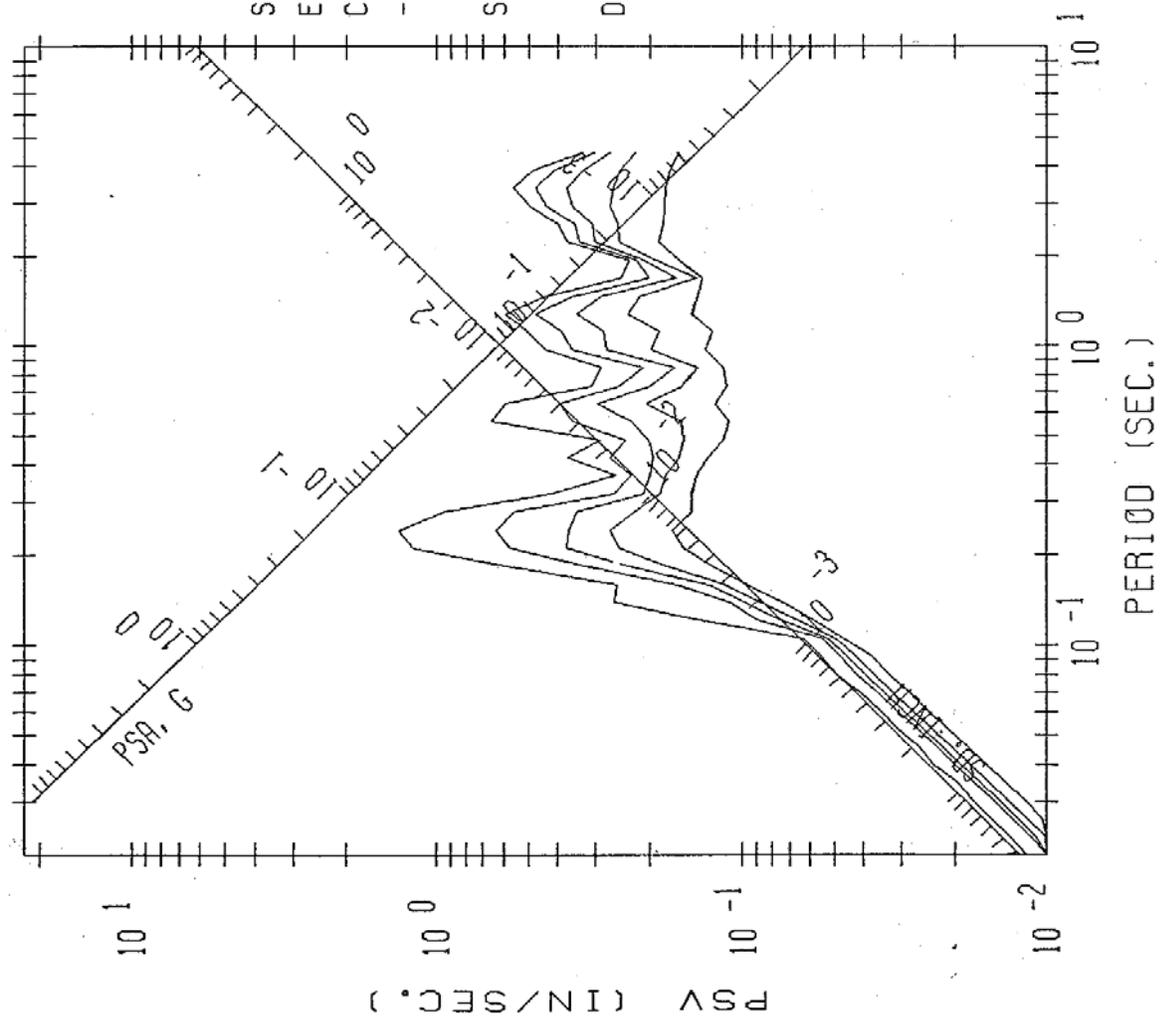
SISMO GOLFO DE FONSECA
EST. SANTIAGO DE MARIA
COMP 2

-V- STN 00011 13.486N 88.47:

SM031009.V3

DAMPING VALUES:

- .00
- .02
- .05
- .10
- .20



RESPONSE SPECTRUM

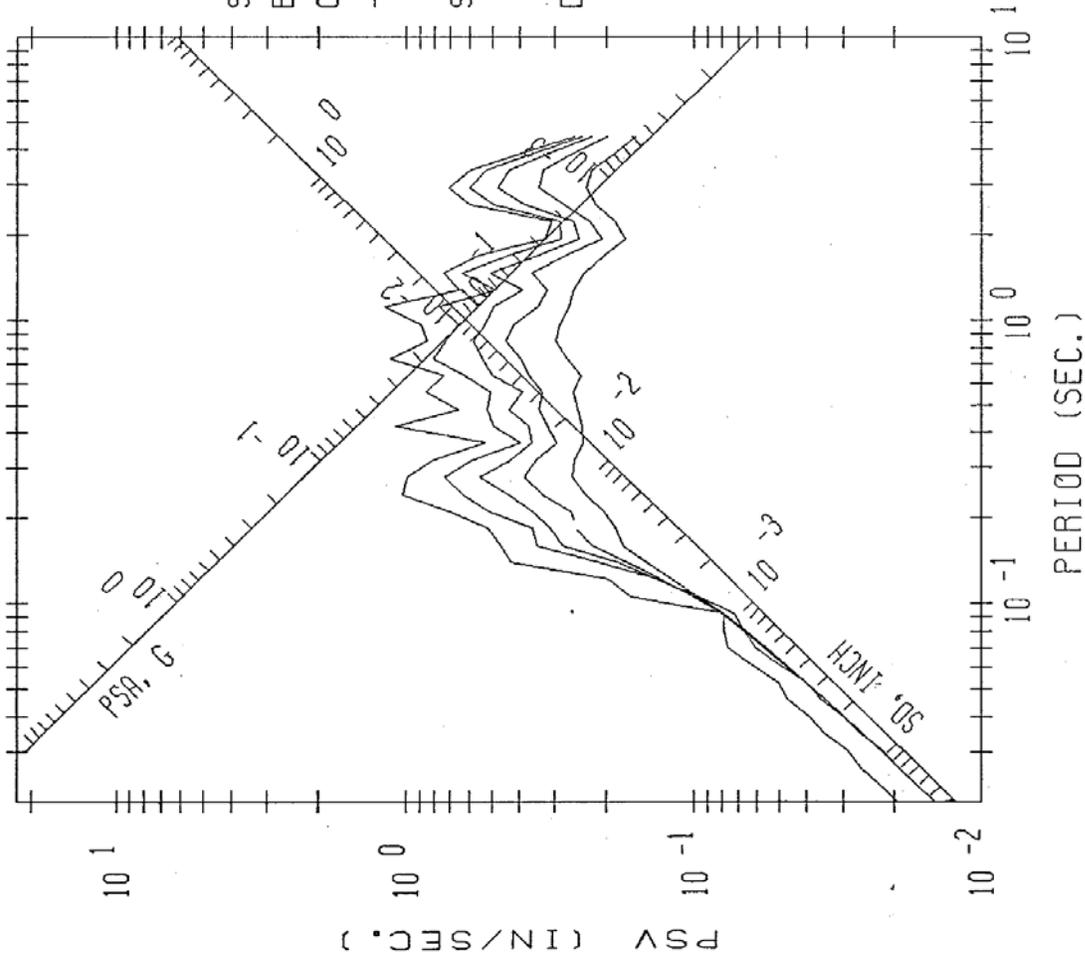
SISMO GOLFO DE FONSECA
EST. SANTIAGO DE MARIA
COMP 3

-T- STN 00011 13.486N 88.47E

SM031009.V3

DAMPING VALUES:

- .00
- .02
- .05
- .10
- .20



RESPONSE SPECTRUM

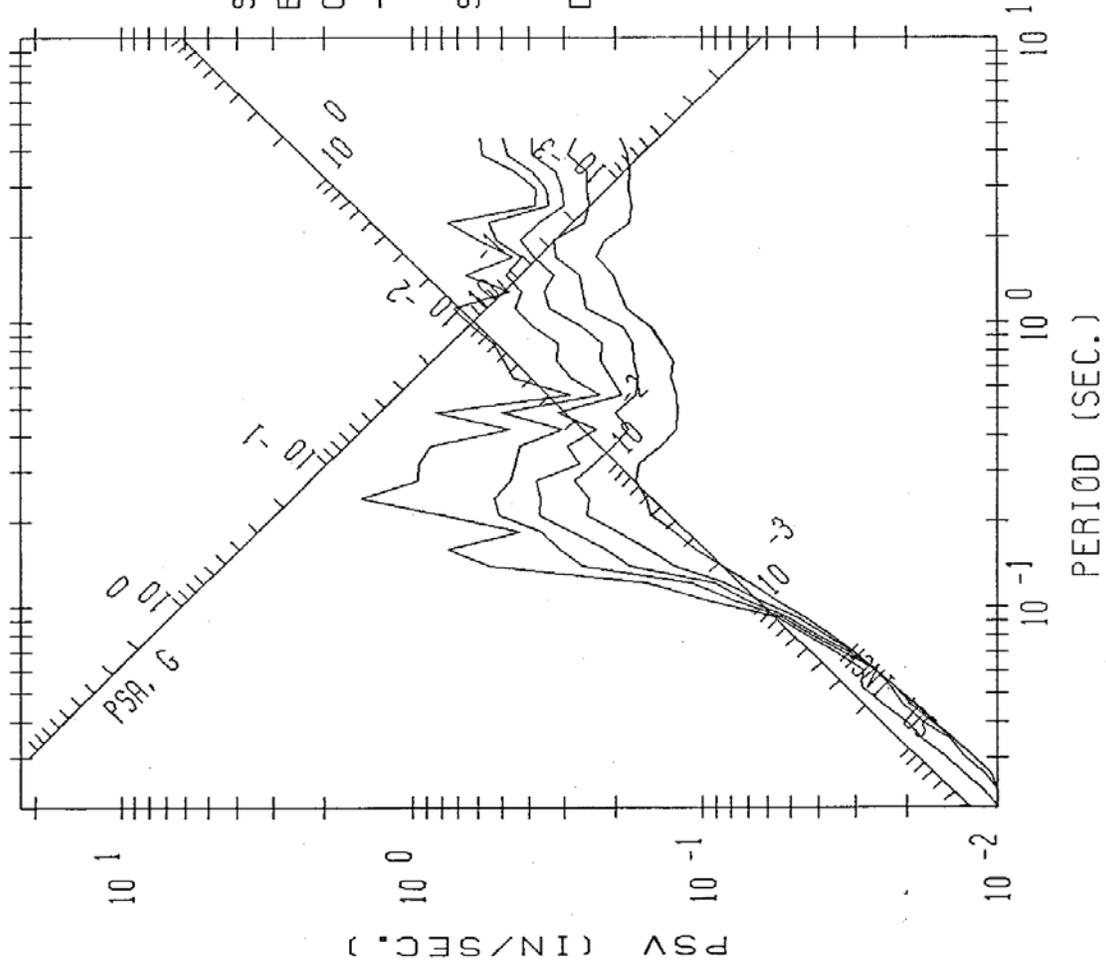
SISMO GOLFO DE FONSECA
EST. SANTIAGO DE MARIA
COMP 3

-T- STN 00011 13.486N 88.47:

SM030422.V3

DAMPING VALUES:

- .00
- .02
- .05
- .10
- .20

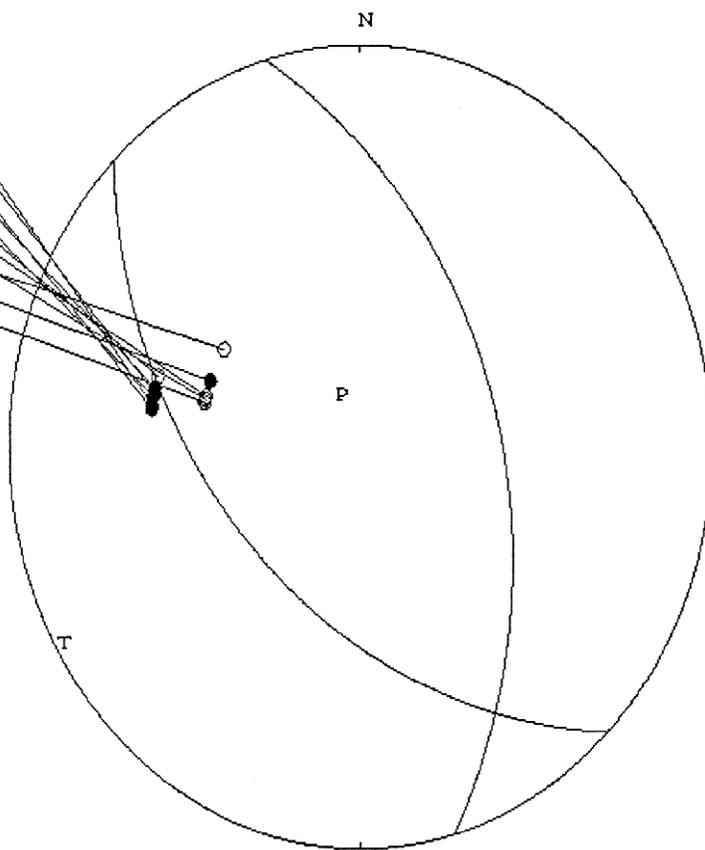


File ▾ View ▾ Edit ▾

1999 4 3 0422 20.8 L 13.309 -87.585 12.9 SAL 13 0.4 5.3CSAL

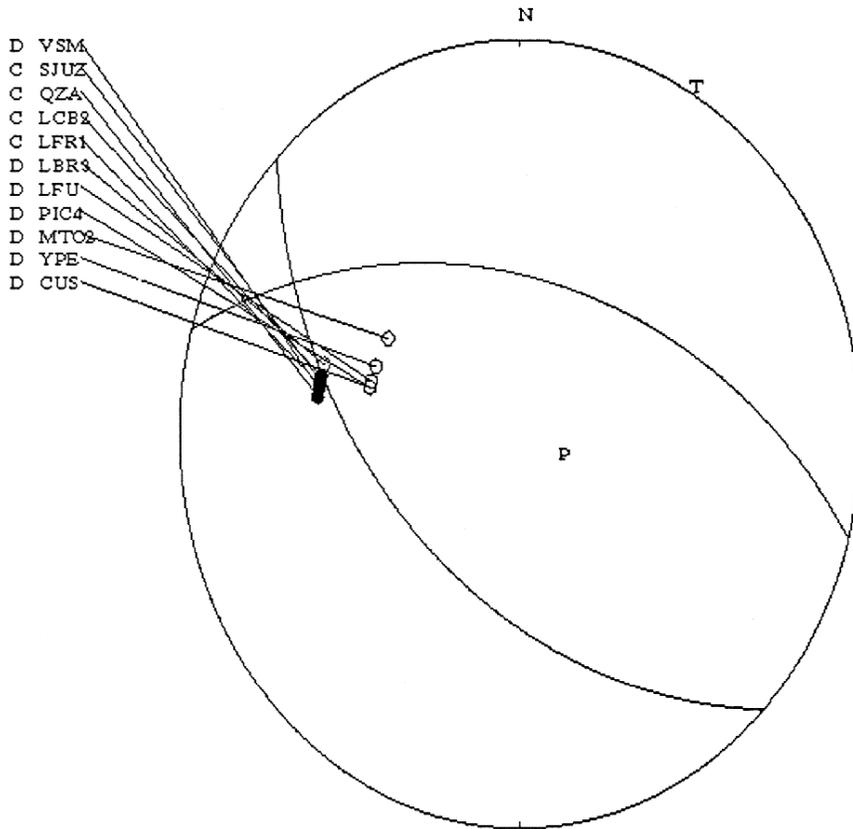
344.5 46.9 -69.2 2

- D VSM
- C SJUZ
- C QZA
- C LCB2
- C LFR1
- D LBR3
- D LFU
- D PIC4
- D MTO2
- C YPE
- D CUS



File ▾ View ▾ Edit ▾

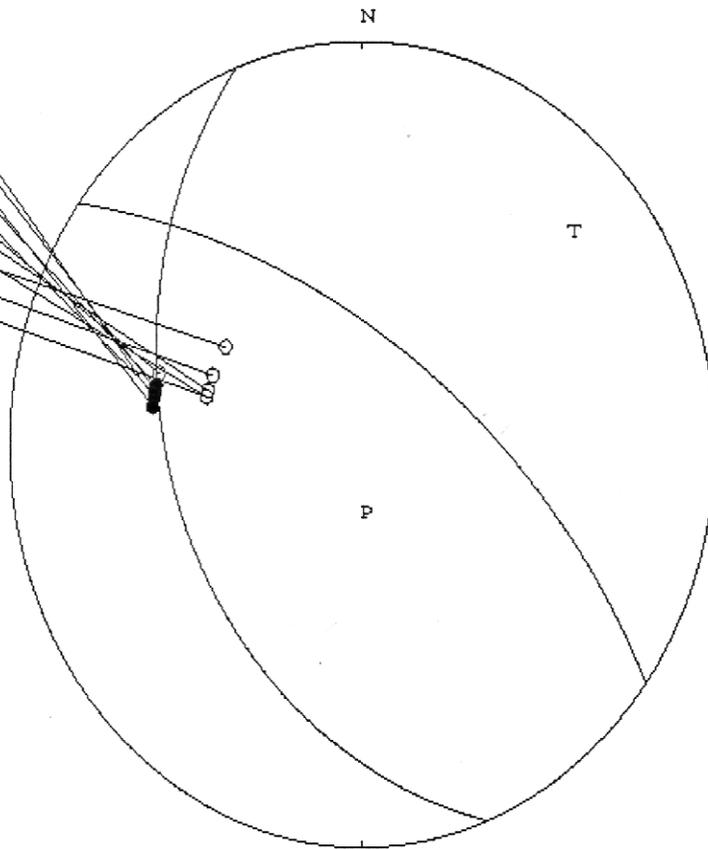
1999 4 3 0422 20.6 L 13.296 -87.575 14.1 SAL 13 0.4 5.3 CSAL
134.5 46.9 -69.2 1



File ▾ View ▾ Edit ▾

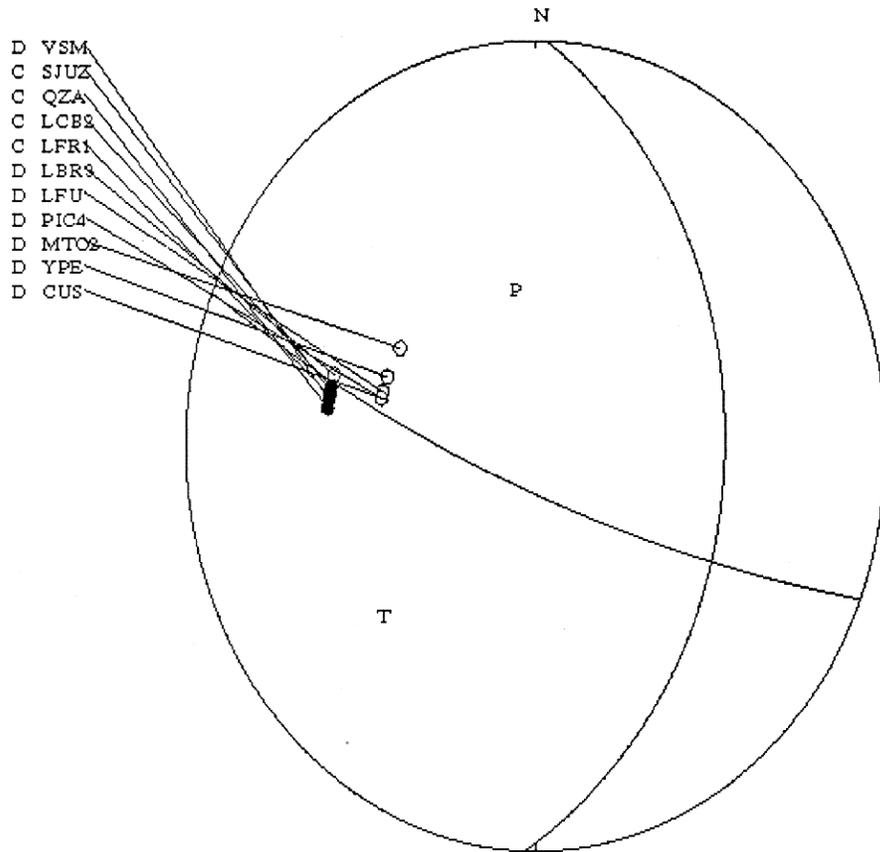
1999 4 3 0422 20.6 L 13.296 -87.575 14.1 SAL 13 0.4 5.3 CSAL
159.1 33.2 -61.8 1

- D VSM
- C SJUZ
- C QZA
- C LCB2
- C LFR1
- D LBR3
- D LFU
- D PIC4
- D MTO2
- D YPE
- D CUS



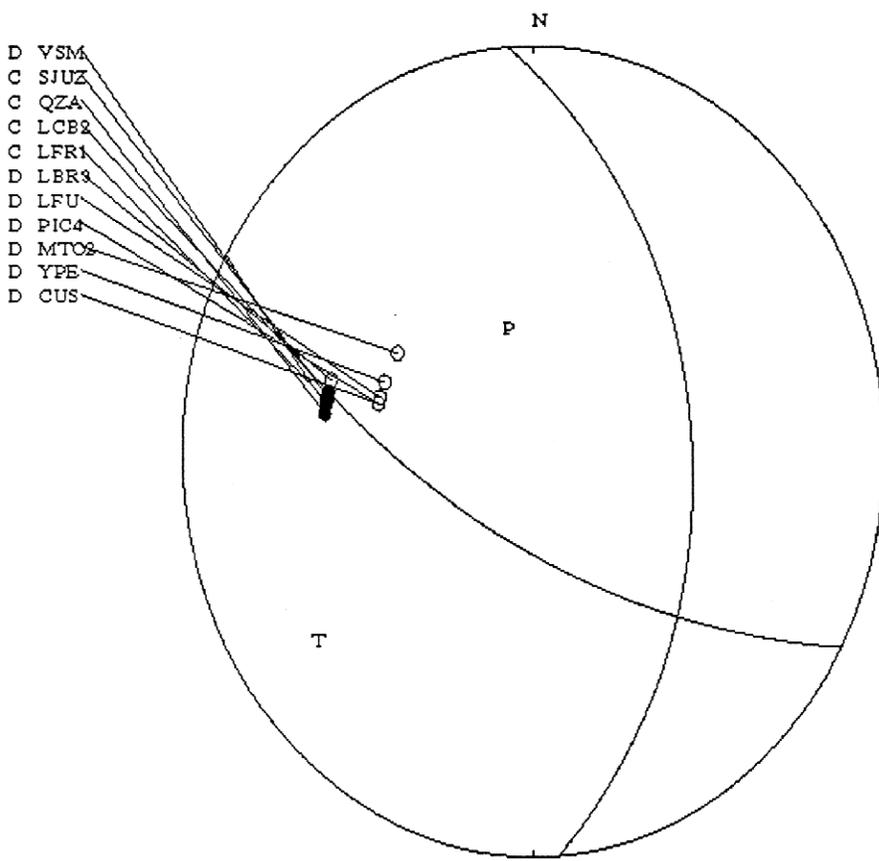
File ▾ View ▾ Edit ▾

1999 4 1 0422 20.6 L 13.296 -87.575 14.1 SAL 13 0.4 5.3CSAL
1.8 33.2 -24.1 1



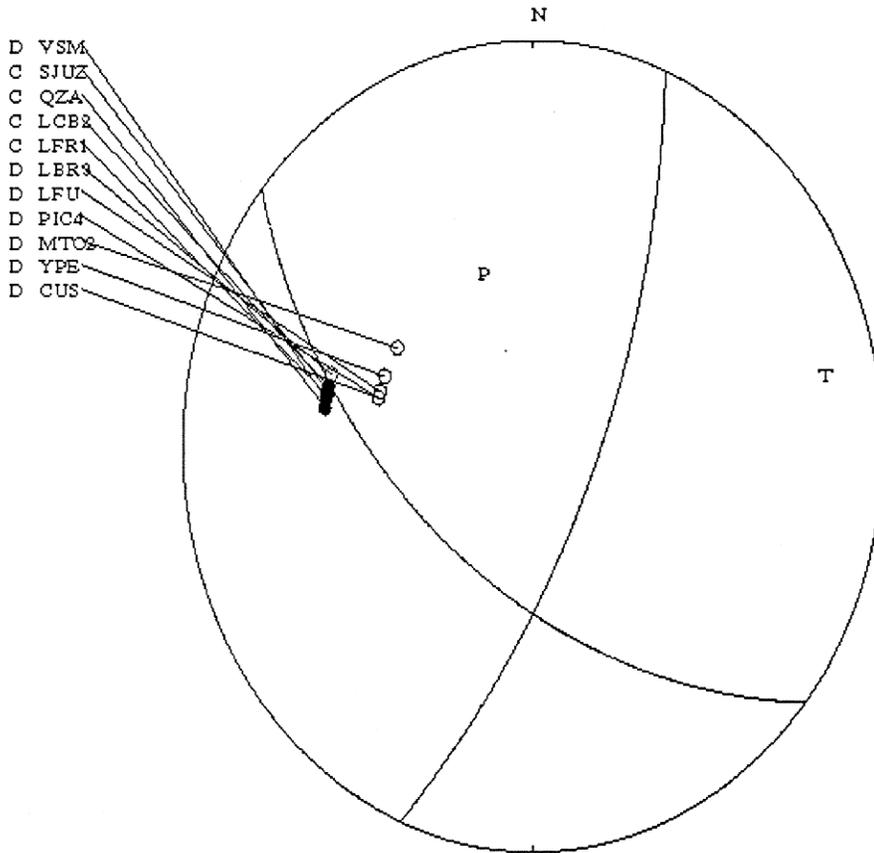
File ▾ View ▾ Edit ▾

1999 4 3 0422 20.6 L 13.296 -87.575 14.1 SAL 13 0.4 5.3CSAL
355.9 41.4 -40.9 1



File ▾ View ▾ Edit ▾

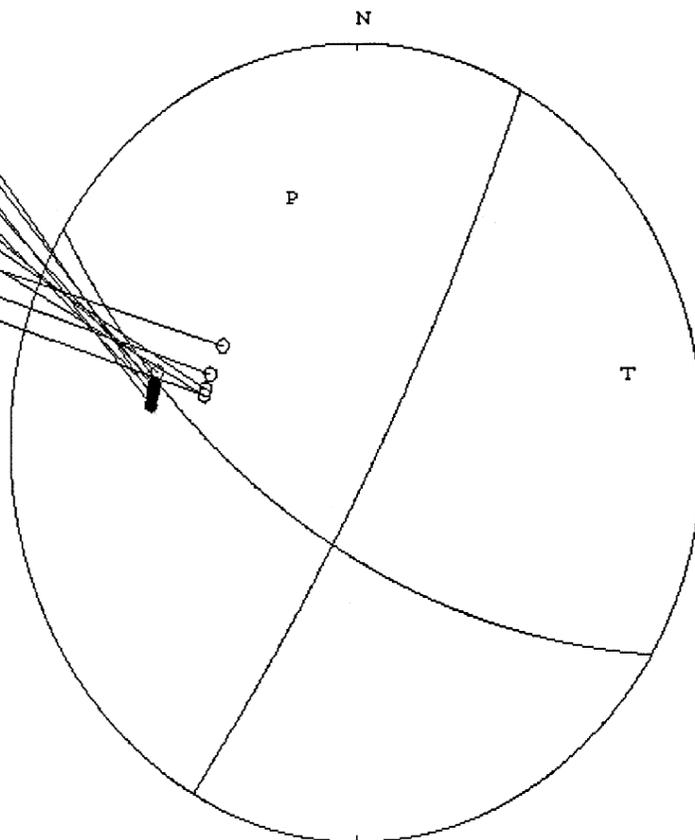
1999 4 3 0422 20.6 L 13.296 -87.575 14.1 SAL 13 0.4 5.3 CSAL
22.2 69.3 -40.9 1



File ▾ View ▾ Edit ▾

1999 4 3 0422 20.6 L 13.296 -87.575 14.1 SAL 13 0.4 5.3 CSAL
28.1 82.6 -29.1 1

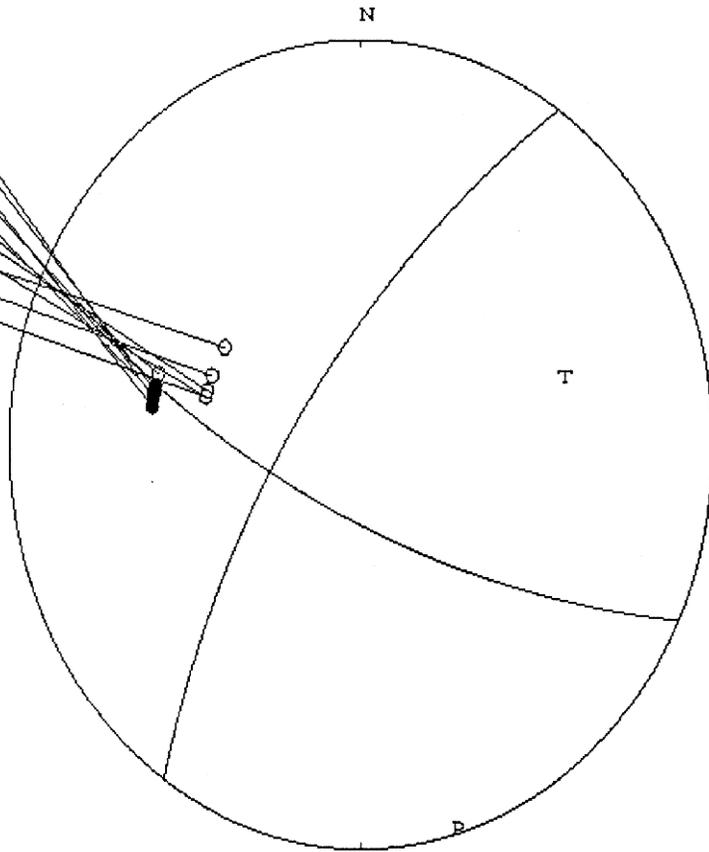
- D VSM
- C SJUZ
- C QZA
- C LCB2
- C LFR1
- D LBR3
- D LFU
- D PIC4
- D MTO2
- D YPE
- D CUS



File ▾ View ▾ Edit ▾

1999 4 3 0422 20.6 L 13.296 -87.575 14.1 SAL 13 0.4 5.3 CSAL
214.1 69.3 22.2 1

- D VSM
- C SJUZ
- C QZA
- C LCB2
- C LFR1
- D LBR3
- D LFU
- D PIC4
- D MTO3
- D YPE
- D CUS



File View Edit

1999 4 3 10 10 28.0 L 13.225 -87.603 12.5 SAL 12 0.2 5.8CSAL

0.0 0.0 15.0 1

- D VSM
- C SJUZ
- C QZA
- D LCB2
- C LFR1
- D LBR3
- D LFU
- D PIC4
- D BOQ6
- D YPE

