

# **CARACTERISTICAS DE LOS TERREMOTOS EN LIMA Y ALREDEDORES**

Jorge E. Alva Hurtado <sup>(1)</sup>  
Ching S. Chang <sup>(2)</sup>

## **RESUMEN**

Existen disponibles en el U.S. Geological Survey 10 registros digitizados y corregidos de los terremotos ocurridos en Lima y alrededores. Estos registros fueron obtenidos en cuatro estaciones diferentes: Instituto Geofísico del Perú, Zárate, Casa del Dr. Huaco y La Molina.

Basados en los registros corregidos, se ha estudiado la ley de atenuación de aceleraciones horizontales con distancias al foco. Además, se presentan espectros de respuesta de máximas aceleraciones horizontales normalizadas con 5% de amortiguamiento crítico.

Los resultados del estudio de atenuaciones indican que en el área de Lima, las máximas aceleraciones medidas en los terremotos reportados, fueron mayores que en otros lugares del mundo. En los espectros normalizados de respuesta de aceleraciones, se notan diferentes formas de los mismos, debido a las distintas condiciones geológicas y de suelo existentes.

## **ABSTRACT**

At the present time there are available 10 digitized and corrected Peruvian earthquake records from U.S. Geological Survey. The records were obtained in four different stations in Lima: Geophysical Institute of Peru, Zarate, residence Dr. Huaco and La Molina

Based upon the corrected records, a study concerning the attenuation law was undertaken. Also, normalized response spectra for maximum horizontal accelerations with 5% critical damping were calculated and are presented.

Results from the attenuation study indicate that in the Lima and suburbs area, the measured maximum accelerations of the past earthquakes seem to be higher than those reported elsewhere. Different shapes of the normalized acceleration response spectra are noticed, that are due to differences in geological and soil conditions.

---

(1) Profesor Auxiliar, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú.

(2) Profesor Asistente, State University of New York at Buffalo, USA.

## INTRODUCCION

La región peruana es un segmento del Cinturón Circum Pacificum de gran actividad sísmica. Las mayores intensidades se localizan en la Costa Norte-Trujillo y Arequipa en el Sur.

Existen sin embargo, otras zonas sísmicas en el interior del país, de las cuales no se tienen registros de aceleraciones. La Figura N° 1 (Silgado, 1969) presenta las zonas afectadas por los sismos ocurridos entre 1560-1968 y cuyas intensidades fueron entre VI a XI en la Escala de Mercalli Modificada. La Figura N° 2 (Ocola, 1963) presenta la disipación de energía de los terremotos peruanos, durante los períodos de Enero-1949 a Julio-1953.

Debido que hasta el presente solamente se han obtenido registros de acelerógrafos en el área de Lima y alrededores, el presente estudio está concentrado en el área de la región 4 (Figura N° 2, Ocola, 1966). Lomnitz y Cabré (1968) presentaron una lista de los terremotos más importantes ocurridos en el área Central de la Costa del Perú; una versión actualizada se encuentra en la Tabla N° 1.

Con el objeto de establecer la ley de atenuación y de determinar magnitudes, máximas aceleraciones y distancias focales de los terremotos ocurridos en el área de Lima y alrededores, se efectuó una revisión de las publicaciones disponibles en el exterior, referentes a terremotos peruanos. El Apéndice 1 presenta la Bibliografía consultada concerniente a esta parte del estudio.

### ACELEROGRAMAS DISPONIBLES DE LIMA Y ALREDEDORES

El primer acelerógrafo fue instalado en el Perú en el año 1944 (tipo STD), por el U.S. Coast and Geodetical Survey, en cooperación con el Instituto Geofísico del Perú. Aún cuando se registraron 22 terremotos entre 1946 y 1972, solamente cuatro registros resultaron con aceleraciones mayores de 0.05 g (siendo g, la aceleración de la gravedad).

En el año 1972, el Instituto Geofísico del Perú instaló un nuevo acelerógrafo (tipo SMA-1) en Lima, que registró durante el año 1974 terremotos en tres distintos lugares: Estación Zárate, Estación Casa del Dr. Huaco y Estación La Molina (Knudson y Pérez, 1976).

Recientemente, el United States Geological Survey (USGS) (Brady y Perez, 1977), ha publicado la digitización y análisis de los acelerogramas registrados en el Perú, durante 1951-1974. La Tabla N° 2 presenta las fechas de ocurrencia de los terremotos y las Estaciones para las cuales se cuenta con registros.

La corrección de registros efectuada por el USGS, ha utilizado los procedimientos estándar de corrección originados inicialmente en el Instituto Tecnológico de California (CIT), documentación pertinente puede encontrarse en: Brady y Hudson (1973), Trifunac y Lee (1973) y Brady y Perez (1973).

Debe mencionarse que la información disponible a través del USGS incluye: a) registro sin corregir, b) registro corregido de aceleraciones, velocidades y desplazamientos y, c) espectros de Fourier y espectros de respuesta; Knudson y Perez (1976), Brady y Perez (1977). Los espectros de respuesta incluyen 5 diferentes amortiguamientos críticos: 0%, 2%, 5%, 10% y 20%. Los espectros de respuesta disponibles son: desplazamiento relativo, velocidad relativa, pseudo-velocidad y aceleraciones absolutas.

Los registros digitizados y espectros de respuesta calculados por el USGS, fueron adquiridos a través de: United States Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, Environmental Data Service, National Geophysical and Solar-Terrestrial Data Center, Boulder, Colorado 80302.

## **ESTUDIO DE LA LEY DE ATENUACIONES DE TERREMOTOS PERUANOS EN LIMA Y ALREDEDORES**

La mayoría de los métodos de diseño antisísmico y dinámica de suelos, están basados en la estimación de aceleraciones máximas en el sitio. En la mayor parte de las obras diseñadas, los valores de aceleraciones no han sido medidos, sino que son estimados usando una ley de atenuación en términos de una magnitud y distancia hipocentral dadas.

Análisis estadísticos, basados en datos de registros, siguiendo una distribución exponencial de la forma:

$$Y = b_1 e^{b_2 m} R^{-b_3} \quad (1)$$

fueron efectuados por Esteva (1970), Donovan (1973), Schnabel y Seed (1973) y Mc Guire (1974).

Esteva sugirió una modificación empírica por la adición de una constante, convirtiendo la ecuación (1) en:

$$Y = b_1 e^{b_2 m} (R + 25)^{-b_3} \quad (2)$$

usando análisis regresivo con datos disponibles en ese entonces, principalmente la costa occidental de E.E.U.U. y México, propuso las siguientes ecuaciones:

$$a = 1230 e^{0.8M} (R+25)^{-2} \quad (3)$$

$$v = 15 e^M (R+0.17 e^{0.59M})^{-1.7} \quad (4)$$

donde la aceleración ( $a$ ) y velocidad ( $v$ ) están expresadas en  $\text{cm}/\text{seg}^2$  y  $\text{cm}/\text{seg}$ ;  $M$  es la magnitud Richter y  $R$  es la distancia hipocentral en Km. Debe notarse que existe una gran dispersión en los datos, tal como se aprecia en la Figura N° 3 (Esteva, 1970). Para los valores pequeños de  $R$ , las curvas tienden a sobreestimar las aceleraciones, en particular para magnitudes grandes. Existe otro problema al tratar de aplicar las curvas a terremotos de gran magnitud, ya que en estos casos las distancias deben estar referidas a la ruptura de falla, en vez que a distancias hipocentrales. Es más, las correlaciones presentadas, no tienen en cuenta la dirección y azimuth de la falla, por lo que es comprensible la gran dispersión.

Se ha escogido la ley de atenuación propuesta por Esteva, para compararla con datos de los terremotos peruanos en el área de Lima y alrededores.

La Tabla N° 3 presenta las máximas aceleraciones de las tres componentes de los registros sísmicos. La Figura N° 4 (Knudson y Perez, 1976) presenta la localización de epicentros y ubicación de Estaciones en Lima y alrededores.

Debido a nuestro interés en aceleraciones horizontales, la Tabla N° 4 presenta los cálculos de distancias hipocentrales y de valores promedio de máxima aceleración horizontal de registros corregidos. La Figura N° 5 presenta los valores calculados de máximas aceleraciones horizontales promedio, en función de magnitud y distancia hipocentral, así como la ley de atenuación propuesta por Esteva basada en un análisis regresivo. Debe notarse la confirmación del hallazgo de Cloud y Perez (1971), que las máximas aceleraciones horizontales promedio de terremotos peruanos en el área de Lima, son mayores que las usualmente reportadas en otras partes del mundo.

## **ESPECTROS NORMALIZADOS DE RESPUESTA DE ACELERACIONES**

La importancia de los espectros de respuesta como un medio de caracterizar los terremotos ha sido enfatizada muchas veces, Seed et al (1976); el espectro de respuesta ha sido empleado para diferenciar las características significativas de los acelerogramas y para proveer un método simple para evaluar las respuestas de estructuras contra sismos. Estudios por investigadores japoneses y por el profesor Seed y colaboradores en Berkeley, han sido encaminados a estudiar la influencia de las condiciones locales del terreno en la forma del espectro de respuesta.

En el presente trabajo se ha realizado un estudio preliminar de la forma de los espectros de respuesta de los terremotos en Lima. Se define como espectro normalizado de aceleraciones, la división de las ordenadas del espectro de respuesta sobre la máxima aceleración ocurrida en el terreno. Solamente se presenta el espectro de la máxima componente horizontal.

Este estudio está limitado a valores de 5% de amortiguamiento crítico, pero se podría extender fácilmente a los otros valores del mismo, y a las otras dos componentes de cada registro. Las Figuras N° 6 a N° 15, presentan los gráficos de espectros normalizados para los 10 registros disponibles en el área de Lima y alrededores.

Con el objeto de estudiar la forma del espectro de respuesta en la Estación Instituto Geofísico, la Figura N° 16 presenta la superposición de los espectros normalizados disponibles en esta Estación. Se recomienda efectuar en el futuro un análisis estadístico de las tres componentes de cada uno de los terremotos y determinar las curvas promedio y promedio más una desviación estándar (84 percentil).

Las Figuras N° 17 a N° 19, presentan comparaciones de espectros de aceleraciones entre las Estaciones: Zárata, Casa del Dr. Huaco y La Molina con la Estación Instituto Geofísico. Debido a que solamente se cuenta con un registro de terremotos por cada Estación, no existe la posibilidad de efectuar un análisis estadístico; no obstante, se nota cierta amplificación y la ocurrencia de un segundo pico, tanto en la Estación Casa del Dr. Huaco cuanto en la Estación La Molina, al compararlos con el espectro normalizado de la Estación Instituto Geofísico. Por otro lado, no se nota mayor diferencia en el espectro normalizado de la Estación Zárata.

Al momento de hacer este estudio, los autores no contaban con una descripción detallada de los perfiles del terreno en las Estaciones estudiadas. Una descripción general de los suelos en las Estaciones Instituto Geofísico y La Molina ha sido presentada por Lee y Monge (1971) y Maggiolo (1969): el terreno en el centro de Lima, es un depósito bastante homogéneo y profundo, de origen fluvial, compuesto por canto rodados, gravas y arenas; los suelos son en general de muy buena gradación y compactos. El conglomerado puede mantener taludes de corte verticales hasta de 25 metros. En La Molina, existen limos y arcillas en la superficie, debajo de los cuales existe una capa de grava y más abajo la roca basal. No se tienen detalles específicos de los perfiles del terreno en las otras Estaciones.

Con el objeto de poder proseguir con los estudios de caracterización de terremotos y amplificación sísmica en el área de Lima, es imprescindible contar con perfiles detallados del terreno y con valores de las propiedades dinámicas del mismo.

## **CONCLUSIONES**

Con los registros digitizados actualmente disponibles de los terremotos peruanos en el área de Lima y alrededores, se ha estudiado la ley de atenuación de máximas aceleraciones horizontales promedio en función de la magnitud del terremoto y de la distancia hipocentral; se ha confirmado el hallazgo que las aceleraciones producidas son más altas que las reportadas para otros lugares.

Para un valor de 5% de amortiguamiento crítico, y tomando en consideración solamente aquella componente horizontal de cada terremoto que produjo la máxima aceleración en el terreno, se ha calculado y comparado los espectros de aceleraciones normalizados de los terremotos en Lima. Se ha presentado una envolvente de espectros de aceleraciones normalizadas para la Estación Instituto Geofísico. (Av. Arequipa), y se han comparado los valores de otras tres diferentes localizaciones: Zárate, Casa del Dr. Huaco y La Molina. Para estas dos últimas, se ha notado cierta amplificación y la generación de un segundo pico en el espectro normalizado de respuesta.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los profesores E.T. Selig y David T. Tang del Departamento de Ingeniería Civil, proporcionaron ayuda económica para la realización de este trabajo, asimismo la University Institutional Funds de SUNYAB. Los cálculos y gráficos, se realizaron en el Centro de Cómputo de la citada Universidad. María Antonieta Luperdi de Alva, corrigió y mecanografió el manuscrito.

## **REFERENCIAS**

Brady A.G. and D.E. Hudson (1973), "Standard Data Processing of Strong Motion Accelerograms", 5th. World Conference on Earthquake Engineering, Rome.

Brady A.G. and V. Perez (1977), "Strong-Motion Earthquake Accelerograms. Digitization and Analysis. Records from Lima, Peru: 1951 to 1974", Open File Report N° 77-587 U.S. Geological Survey.

Donovan N.C. (1973), "A Statistical Evaluation of Strong Motion Data Including the February 9, 1971 San Fernando Earthquake", 5th. World Conference on Earthquake Engineering, Rome.

Esteva L. (1970), "Seismic Risk and Seismic Design Decisions", Seismic Design for Nuclear Power Plants, MIT Press.

Maggiolo O. (1969), "Características del Suelo de Cimentación de la Zona de Lima Central. Aspectos Geológicos Generales y el Comportamiento de los Suelos ante los Sismos en relación con las Estructuras", Primer Congreso Nacional de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Lima-Perú.

Mc Guire, R.K. (1974), "Seismic Structural Response Risk Analysis, Incorporating Peak Response Regressions on Earthquake Magnitude and Distance", MIT Department of Civil Engineering Research Report, R7-51 August.

Ocola L. (1966), "Earthquake Activity of Peru", Am. Geophys. U. Geophys. Monograph 10 pp. 509-528.

Schnabel, Per. B. and H. Bolton Seed (1973, "Accelerations in Rock for Earthquakes in the Western United States", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 63, N°2, April.

Seed H. Bolton, C. Ugaz and J. Lysmer (1976), "Site-Dependent Spectra for Earthquake-Resistant Design", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 66, N° 1, pp. 221-243, February.

Silgado E. (1969), "Sismicidad de la Región Occidental de la América del Sur entre los paralelos 2° y 18° Latitud Sur", Proc. I Congreso Nacional de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Lima-Perú.

Trifunac M.D. and V. Lee (1973), "Routine Computer Processing of Strong Motion Accelerograms", Report N°EERL 73-03, Earthquake Engineering Research Laboratory, Caltech, Pasadena.

### **TABLA N°1**

#### **TERREMOTOS MAS IMPORTANTES EN EL AREA CENTRAL DE LA COSTA DEL PERU. REGION 4 (7.5° A 12.5° SUR). SEGÚN LOMNITZ Y CABRE (1968)**

1586	9 de Julio	Lima, Callao
1655	13 de Noviembre	Lima, Callao
1687	20 de Octubre	Lima, Callao
1746	28 de Octubre	Lima, Callao
1828	20 de Marzo	Lima, Callao
1940	24 de Mayo	Lima, Callao M=8.4
1951	31 de Enero	Lima, Callao M<6
1966	17 de Octubre	Huacho, Lima M=7.5
1970	31 de Mayo	Chimbote, Perú M=7.6
1971	29 de Noviembre	Huacho, Lima M=5.3
1974	5 de Enero	Lima M=6.6
1974	3 de Octubre	Lima, Callao M=7.6
1974	9 de Noviembre	Lima, Callao M=7.2

**TABLA N°2**

**ESTACIONES Y TERREMOTOS PARA LOS CUALES SE DISPONEN DE  
ACELEROGRAMAS SEGÚN BRADY Y PEREZ (1977)**

<b>TERREMOTO</b>	<b>ESTACION</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>INSTRUMENTO</b>
31 de Enero 1951	4300	Instituto Geológico Plaza Habich	STD
17 de Octubre 1966	4302	Instituto Geofísico Av. Arequipa	STD
31 de Mayo 1970	4302	Instituto Geofísico Av. Arequipa	STD
29 de Noviembre 1971	4302	Instituto Geofísico Av. Arequipa	STD
5 de Enero 1974	4302	Instituto Geofísico Av. Arequipa	STD
	4303	Estación Zárate	SMA-1
3 de Octubre 1974	4302	Instituto Geofísico Av. Arequipa	STD
	4304	Casa Dr. Huaco Las Gardenias	SMA-1
9 de Noviembre 1974	4302	Instituto Geofísico Av. Arequipa	STD
	4305	La Molina	SMA-1

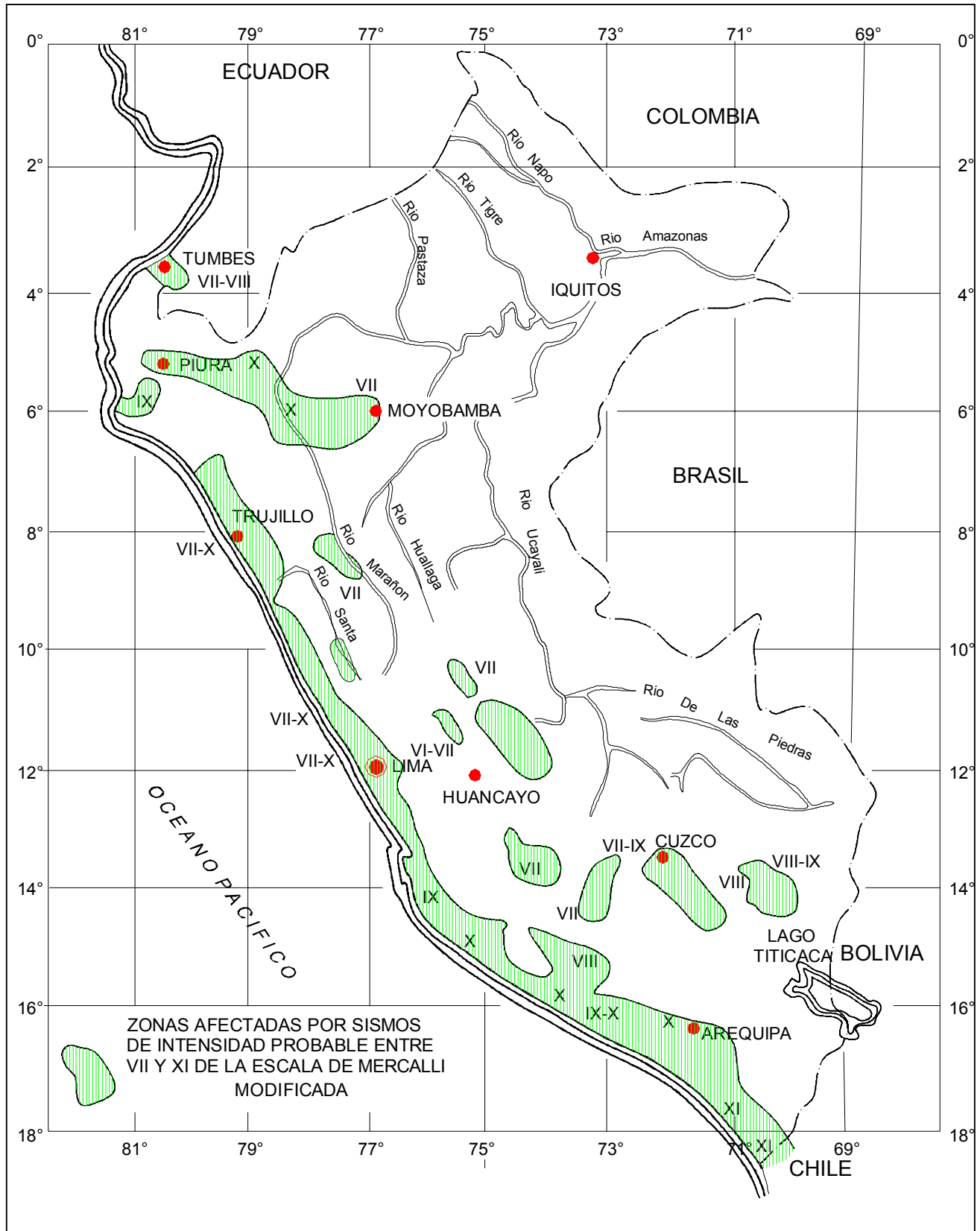


**TABLA N° 3****MAXIMAS ACELERACIONES DE LOS REGISTROS CORREGIDOS**

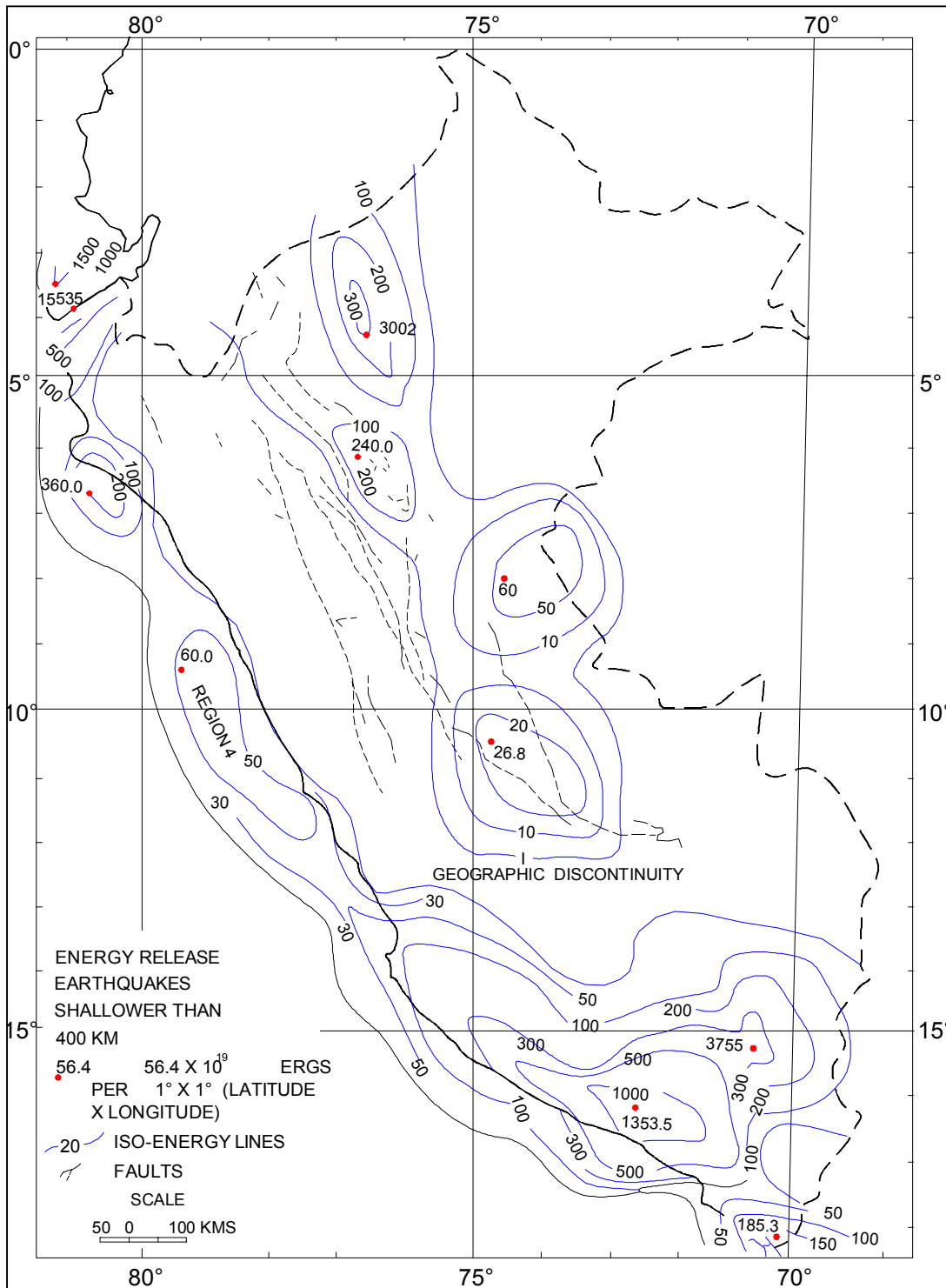
<b>TERREMOTO</b>	<b>ESTACION</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>MAX. ACEL., cm/seg.<sup>2</sup></b>	<b>(g's)</b>
31 de Enero 1951	Inst. Geológico	UP	18.66	(0.02)
		N82W	-60.44	(0.06)
		N08E	45.70	(0.05)
17 de Octubre 1966	Inst. Geofísico	VERT	94.25	(0.10)
		N82W	-180.60	(0.18)
		N08E	-269.30	(0.27)
31 de Mayo 1970	Inst. Geofísico	VERT	73.52	(0.07)
		L	-104.80	(0.11)
		T	-97.75	(0.10)
29 de Noviembre 1971	Inst. Geofísico	UP	23.00	(0.02)
		N82W	53.55	(0.05)
		N08E	86.54	(0.09)
5 de Enero 1974	Inst. Geofísico	UP	-30.22	(0.03)
		N82W	66.76	(0.07)
		N08E	-72.28	(0.07)
	Zárate	V	-77.10	(0.08)
		L	-139.60	(0.14)
		T	-156.20	(0.16)
3 de Octubre 1974	Inst. Geofísico	UP	99.75	(0.10)
		N82W	-192.50	(0.20)
		N08E	178.90	(0.18)
	Casa Dr. Huaco	L	192.30	(0.20)
		V	-126.30	(0.13)
		T	-207.10	(0.21)
9 de Noviembre 1974	Inst. Geofísico	V	-28.00	(0.03)
		L	46.21	(0.05)
		T	-69.21	(0.07)
	La Molina	L		(0.12)
		V	-116.80	(0.04)
		T	-41.26	(0.10)
		-93.71		

**TABLA N° 4**  
**CALCULOS PARA LA DETERMINACION DE LA LEY DE ATENUACION**

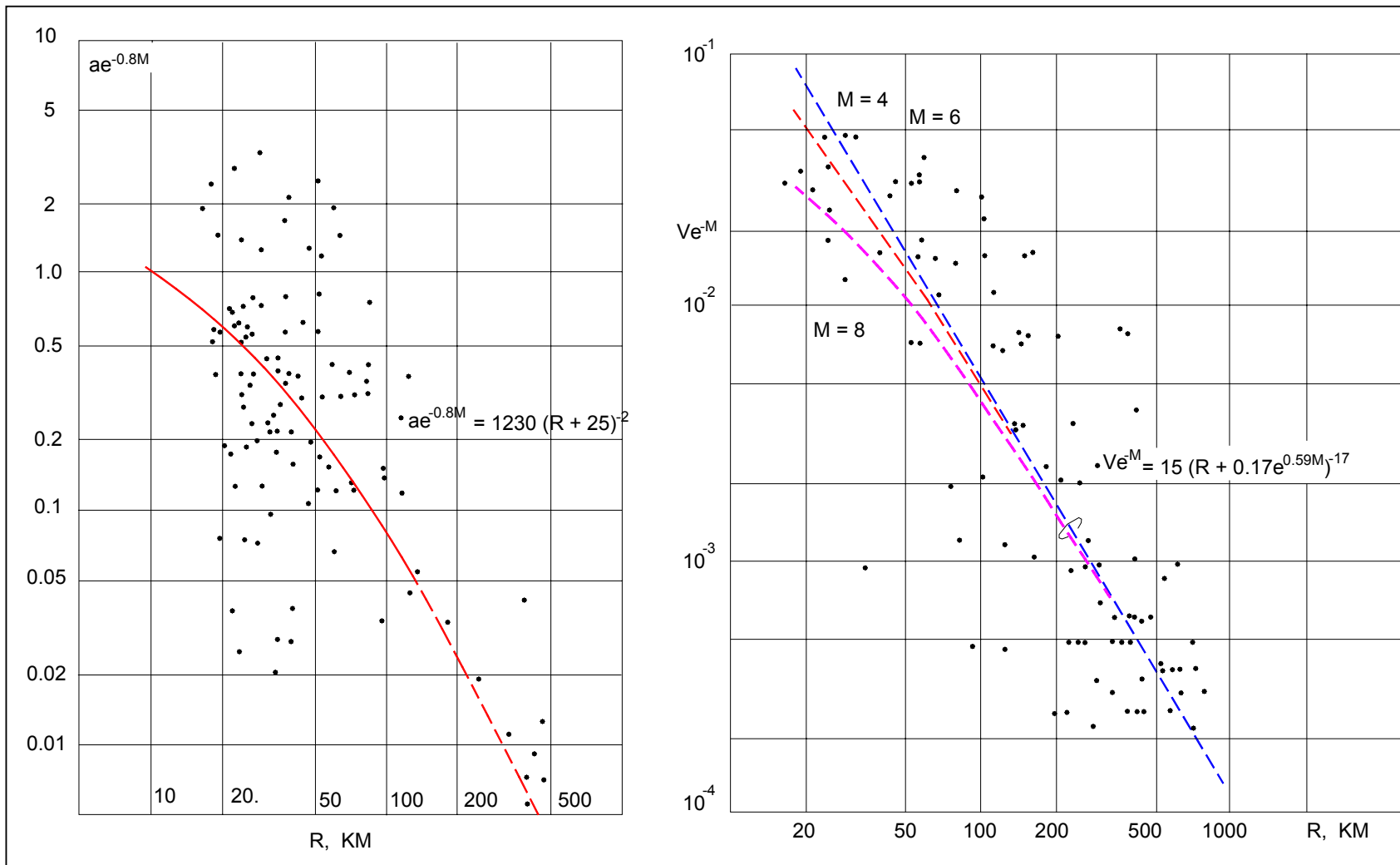
SISMO	MAGNITUD RICHTER	DISTANCIA EPI-CENTRAL D (Km)	DISTANCIA F(Km)	DISTANCIA HIPO-CENTRAL R (Km)	ACEL. MAX. PROMEDIO cm/seg <sup>2</sup> .	ae <sup>-0.8M</sup> cm/seg <sup>2</sup> .	DIRECCION
31 de Enero 1951	< 6	105	--	≈ 105	53.07 (0.05)	0.437	N86W
17 de Octubre 1966	7.5	236	38 (Lee y Monge) 40 (Lomnitz y Cabré)	240	224.95 (0.23)	0.558	N51W
31 de Mayo 1970	7.6	372	56	375	101.28 (0.10)	0.232	N32W
29 de Noviembre 1971	5.3	127	--	≈ 130	70.05 (0.07)	1.010	N39W
5 de Enero 1974	6.6	74 (IGP) 73 (Zárate)	98	123 122	69.52 (0.07) 147.90 (0.15)	0.354 0.753	S70E S65E
3 de Octubre 1974	7.6	86 (IGP) 91 (Casa Dr. Huaco)	13 (USGS) 28 (Husid et al)	87-90 92-95	185.7 (0.19) 199.7 (0.20)	0.425 0.457	S73W S82W
9 de Noviembre 1974	7.2	95 (IGP) 103 (La Molina)	6	95 103	57.71 (0.06) 105.26 (0.11)	0.182 0.332	S56W S59W



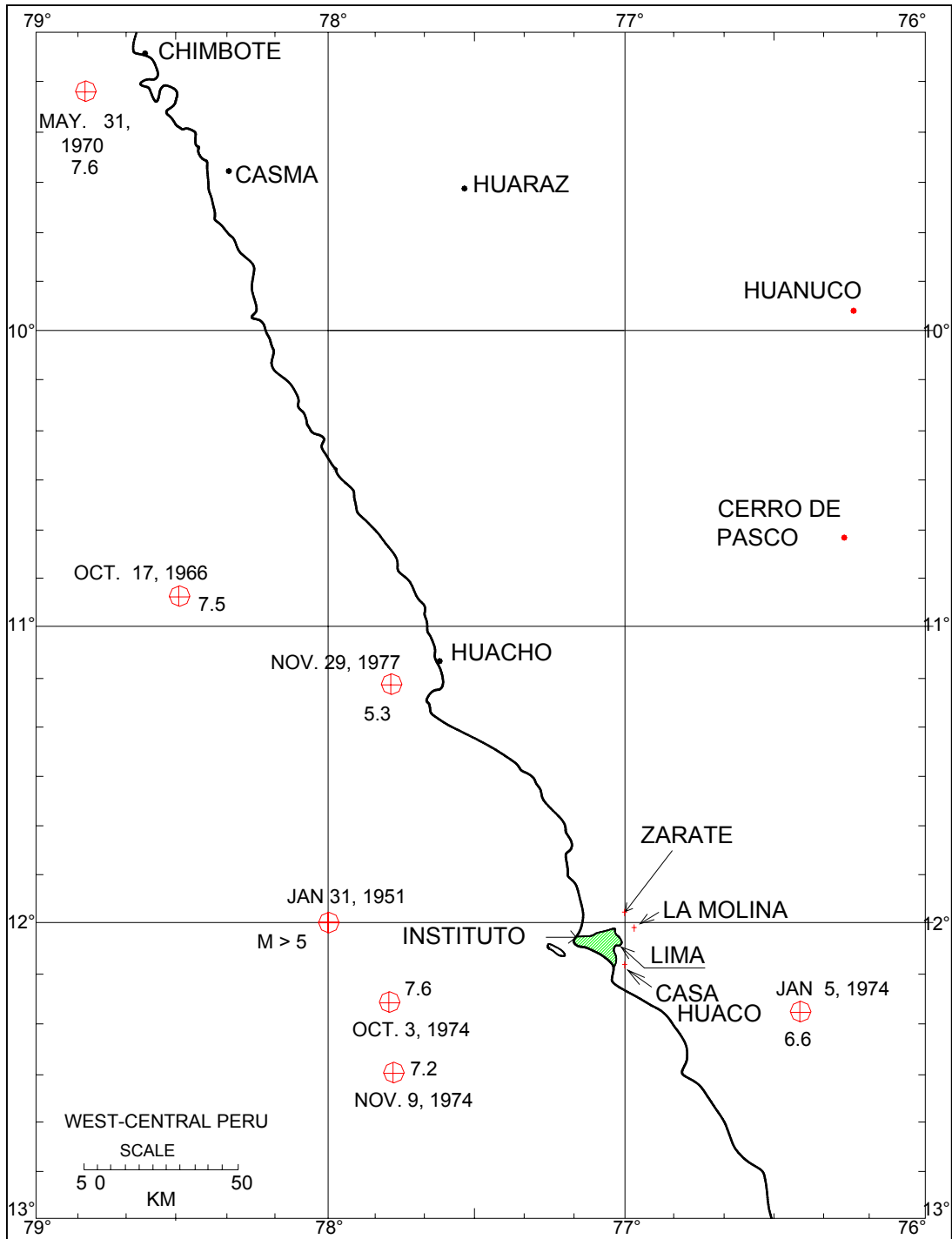
**FIGURA N° 1 SISMOS EN EL PERU, EN EL PERIODO 1560-1968  
(SEGÚN SILGADO, 1969)**



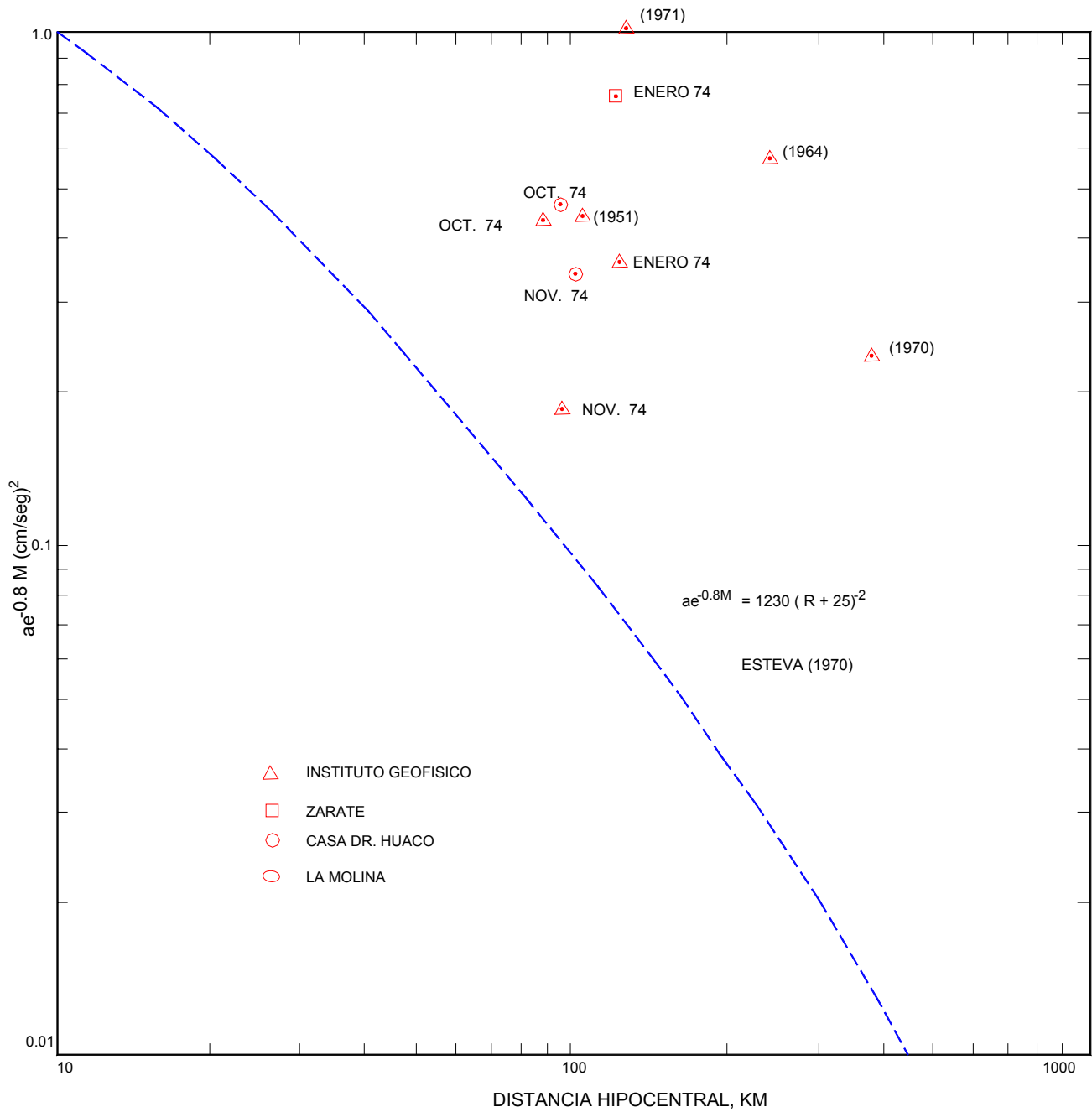
**FIGURA N° 2 DISIPACION DE ENERGIA DE TERREMOTOS PERUANOS  
(SEGUN OCOLA, 1963)**



**FIGURA N° 3 LEYES DE ATENUACION DE ACELERACIONES Y VELOCIDADES EN FUNCION DE MAGNITUD Y DISTANCIA HIPOCENTRICA (SEGÚN ESTEVA, 1970)**



**FIGURA N° 4 LOCALIZACION DE EPICENTROS Y ESTACIONES DE TERREMOTOS PERUANOS (SEGÚN KNUDSON Y PEREZ, 1976)**



**FIGURA N° 5 MAXIMAS ACELERACIONES HORIZONTALES PROMEDIO EN FUNCION DE MAGNITUD Y DISTANCIA HIPOCENTRAL PARA TERREMOTOS PERUANOS**

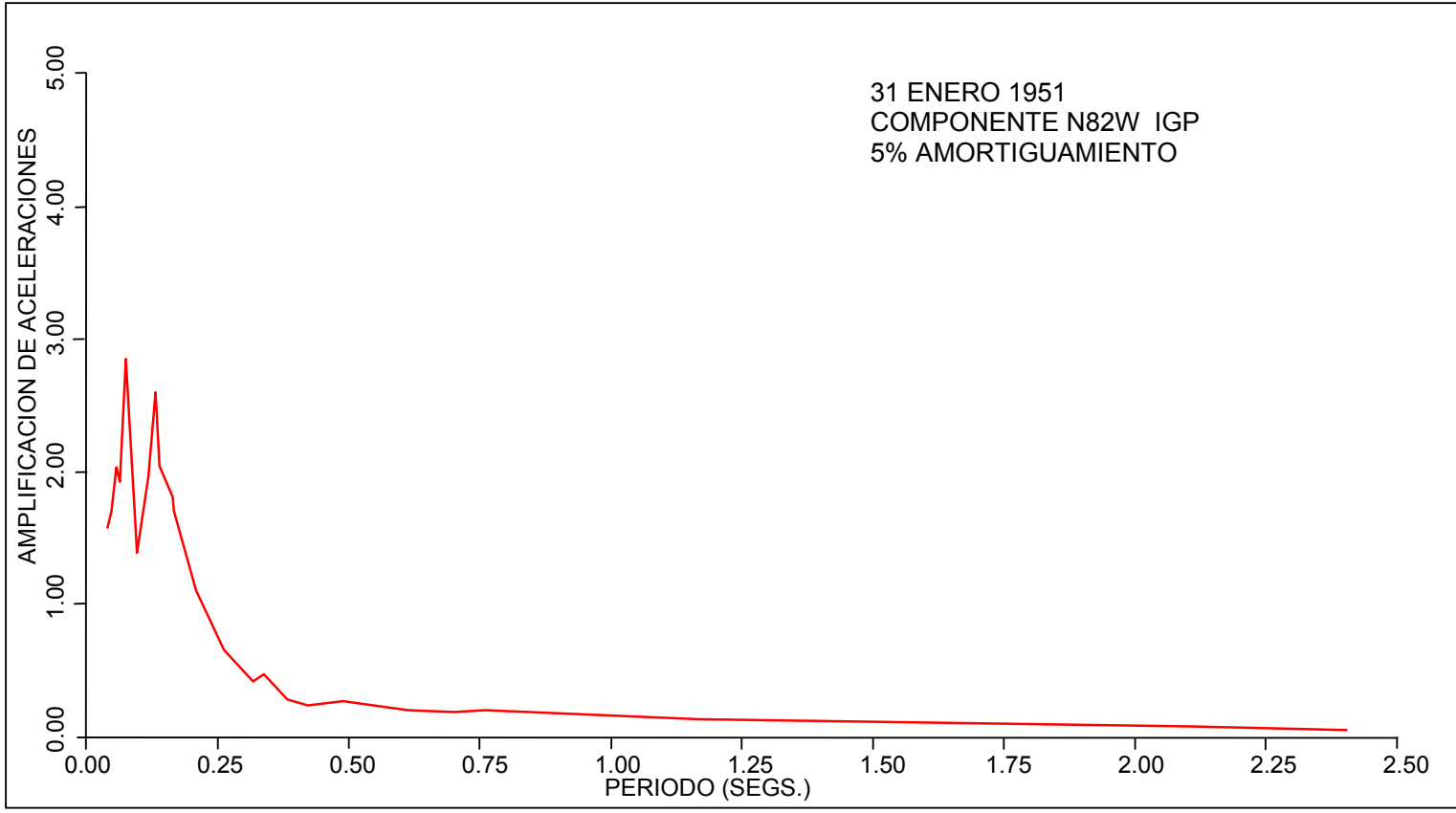


FIGURA N° 6 ESPECTRO NORMALIZADO. COMPONENTE N82W. IGP



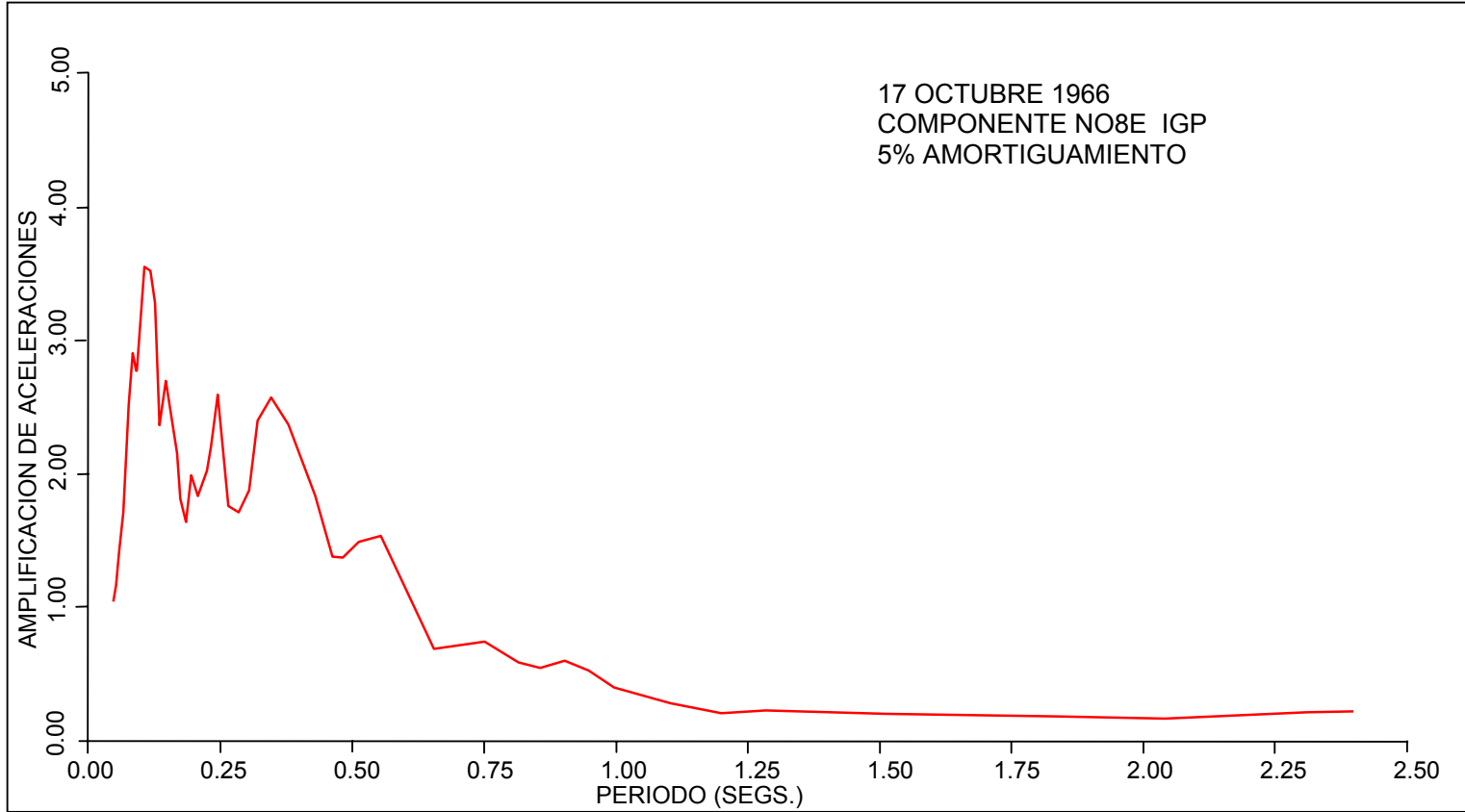
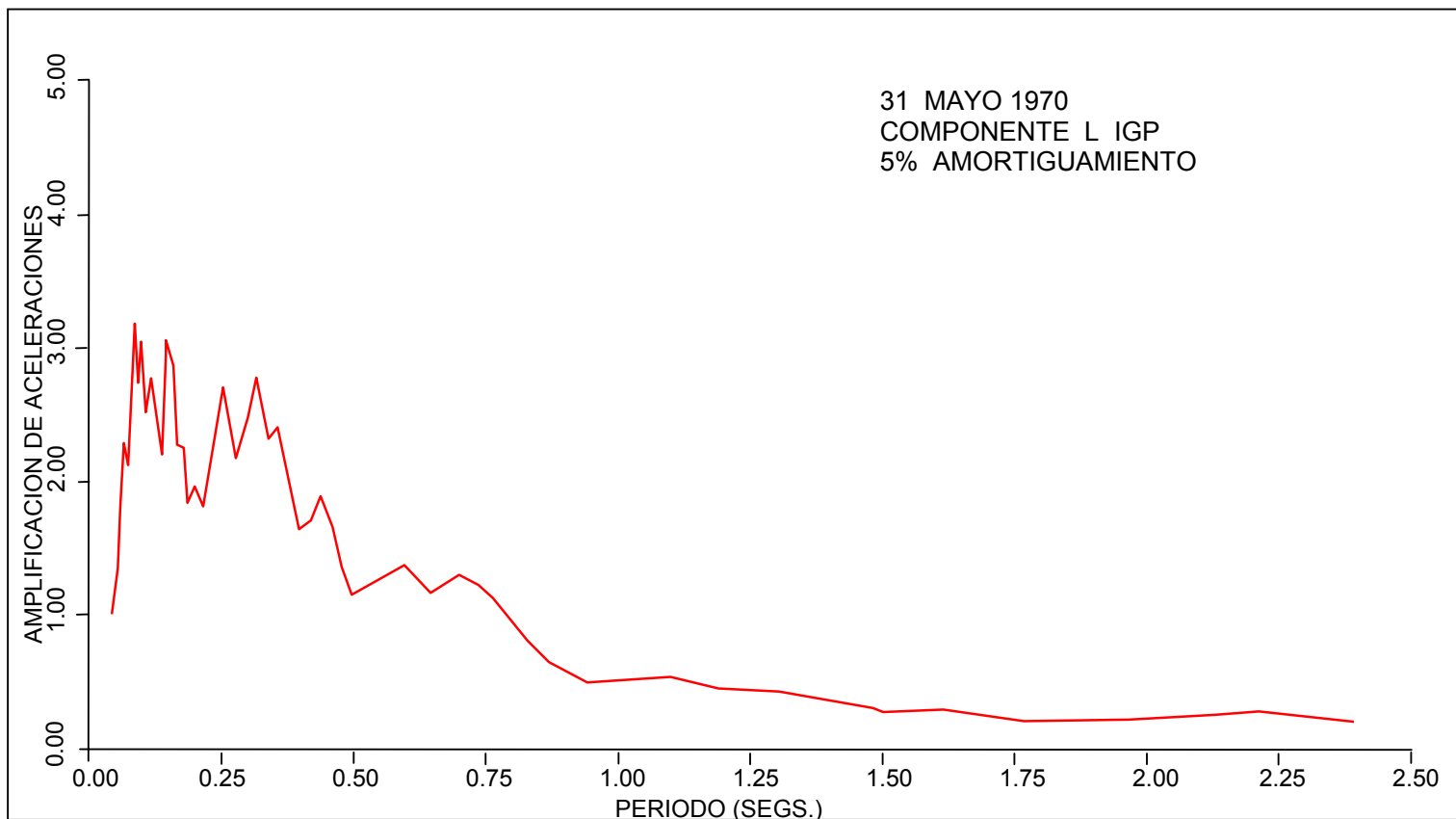
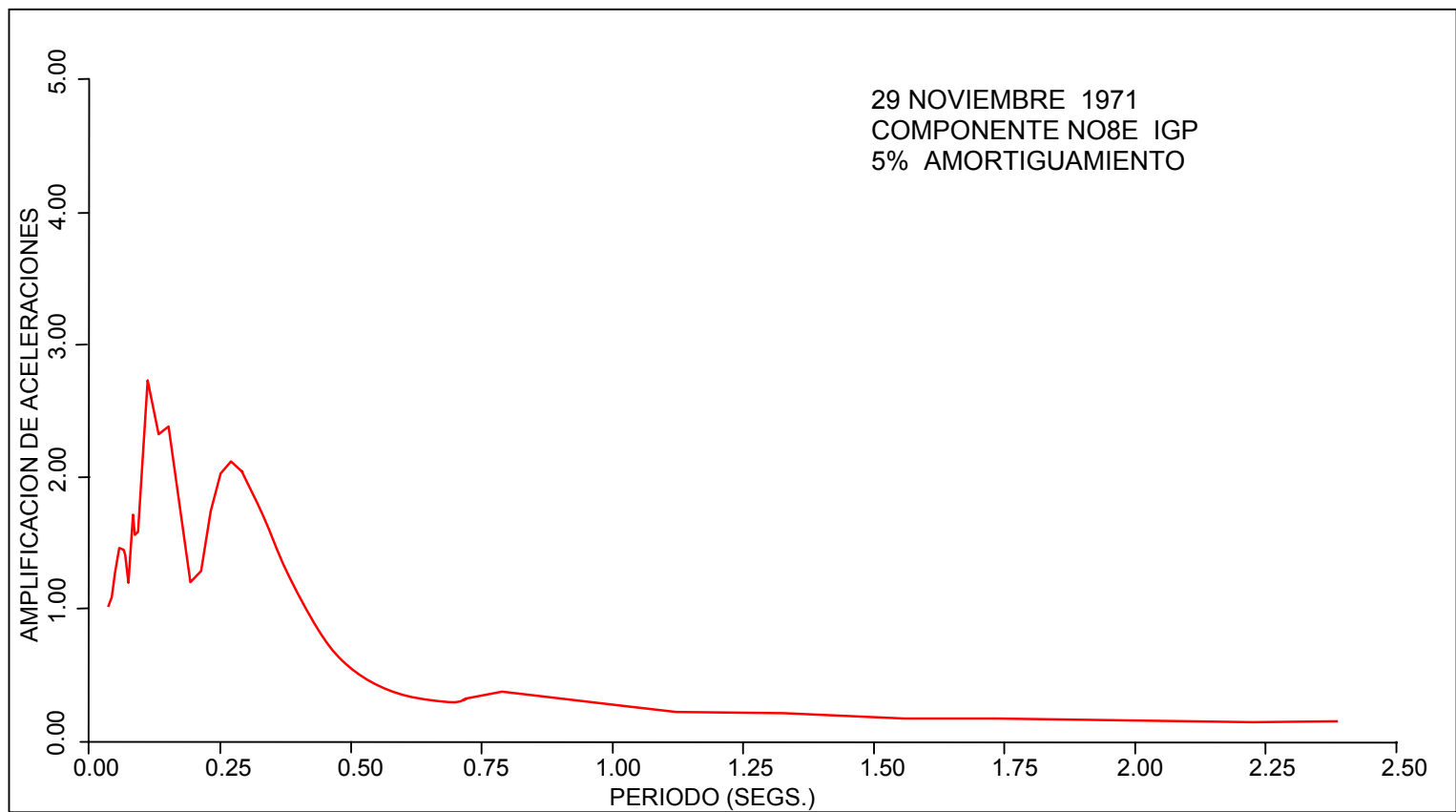


FIGURA N° 7 ESPECTRO NORMALIZADO. COMPONENTE NO8E. IGP



**FIGURA N° 8 ESPECTRO NORMALIZADO. COMPONENTE L. IGP**



**FIGURA Nº 9 ESPECTRO NORMALIZADO. COMPONENTE NO8E. IGP**

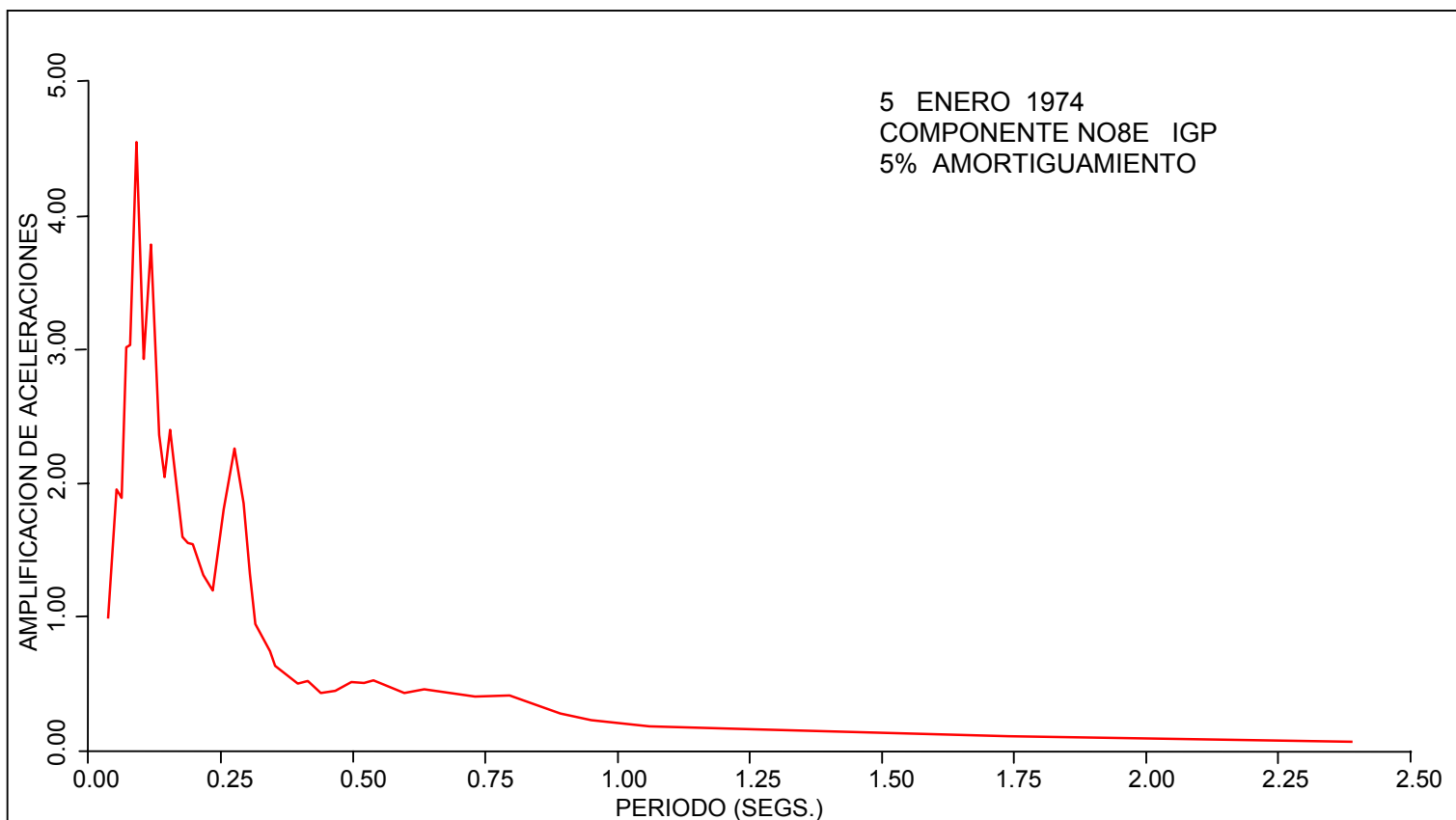


FIGURA N° 10 ESPECTRO NORMALIZADO. COMPONENTE NO8E. IGP

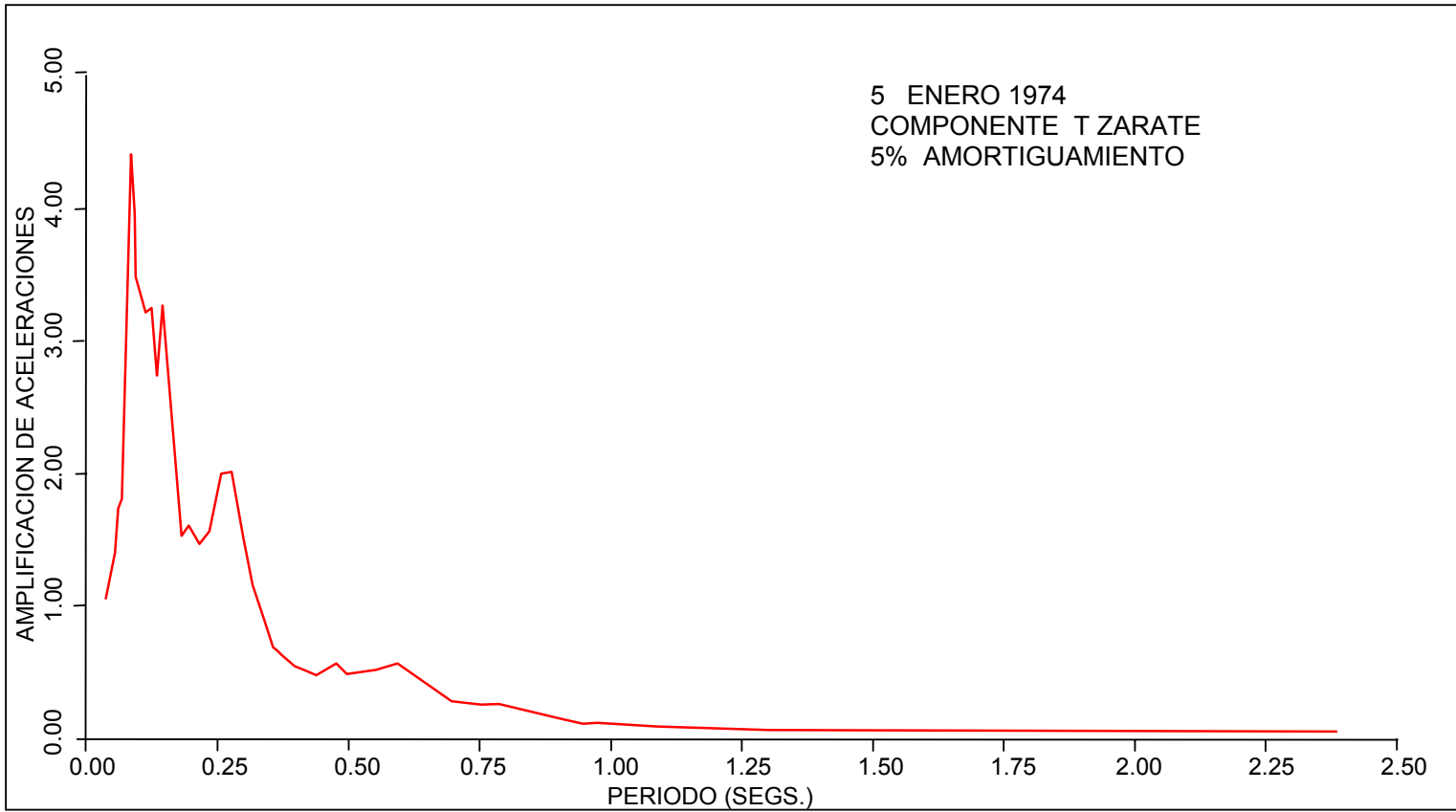


FIGURA N° 11 ESPECTRO NORMALIZADO. COMPONENTE T. ZARATE

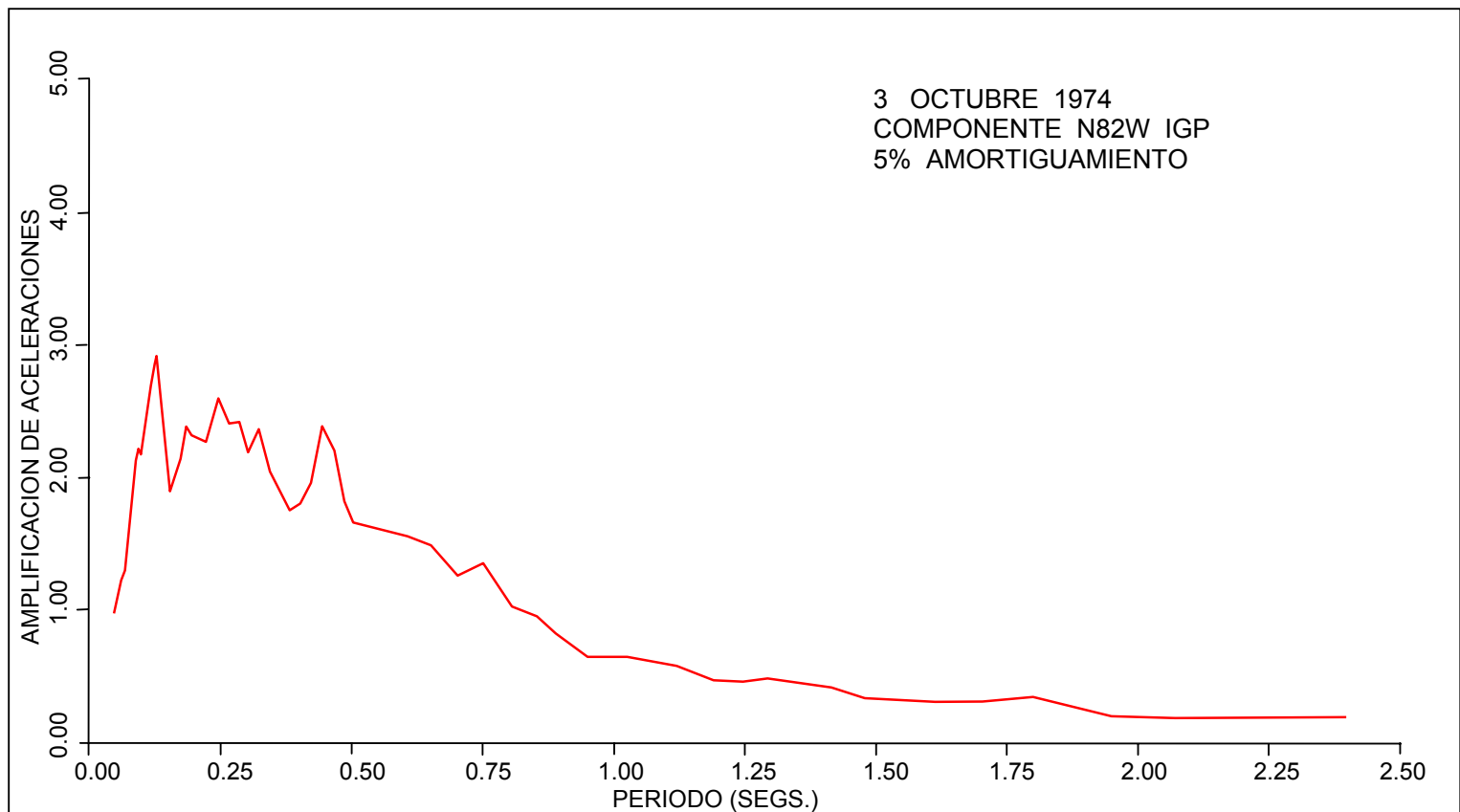


FIGURA N° 12 ESPECTRO NORMALIZADO. COMPONENTE N82W. IGP

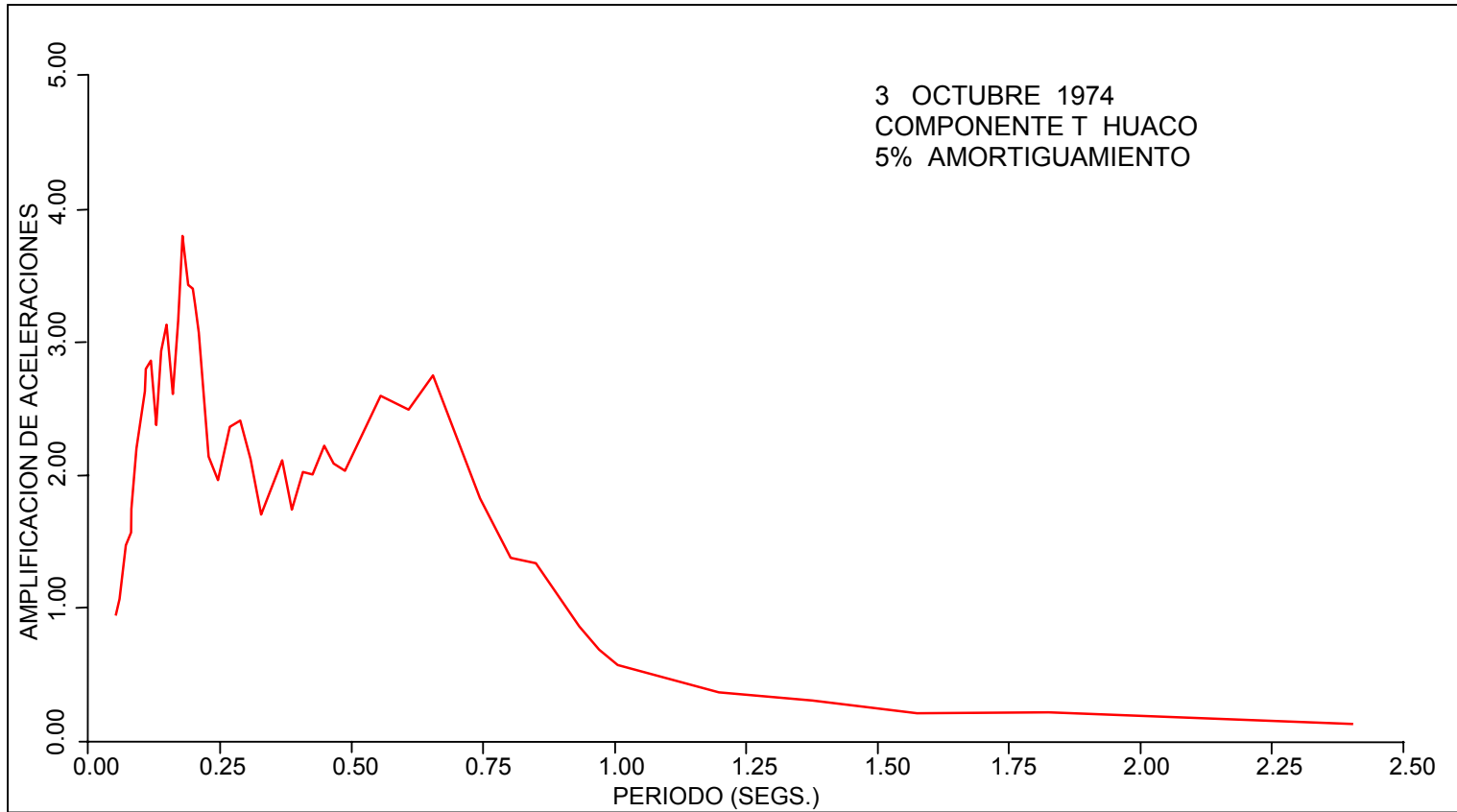


FIGURA N° 13 ESPECTRO NORMALIZADO. COMPONENTE T. CASA DR. HUACO

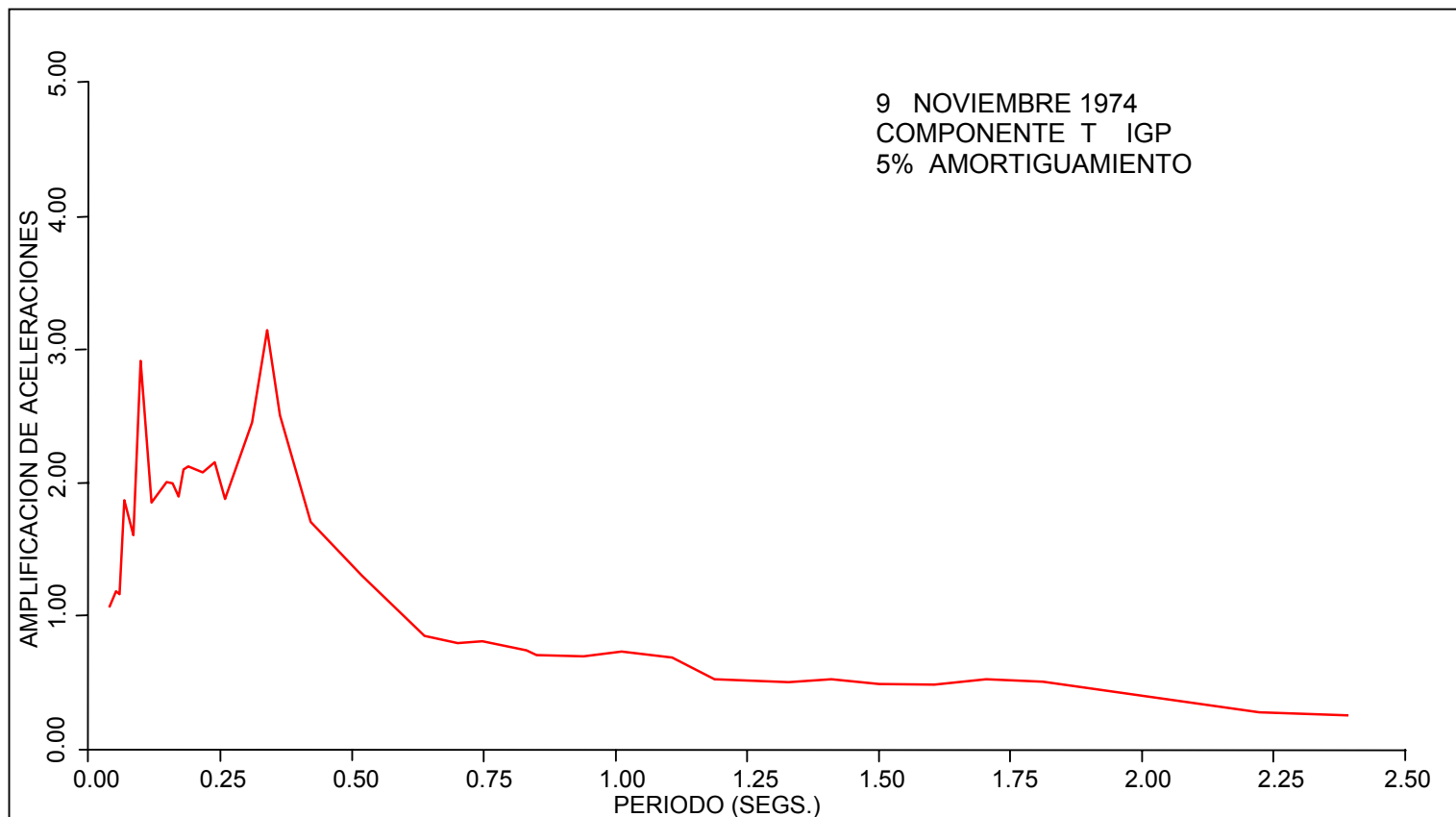


FIGURA N° 14 ESPECTRO NORMALIZADO. COMPONENTE T. IGP



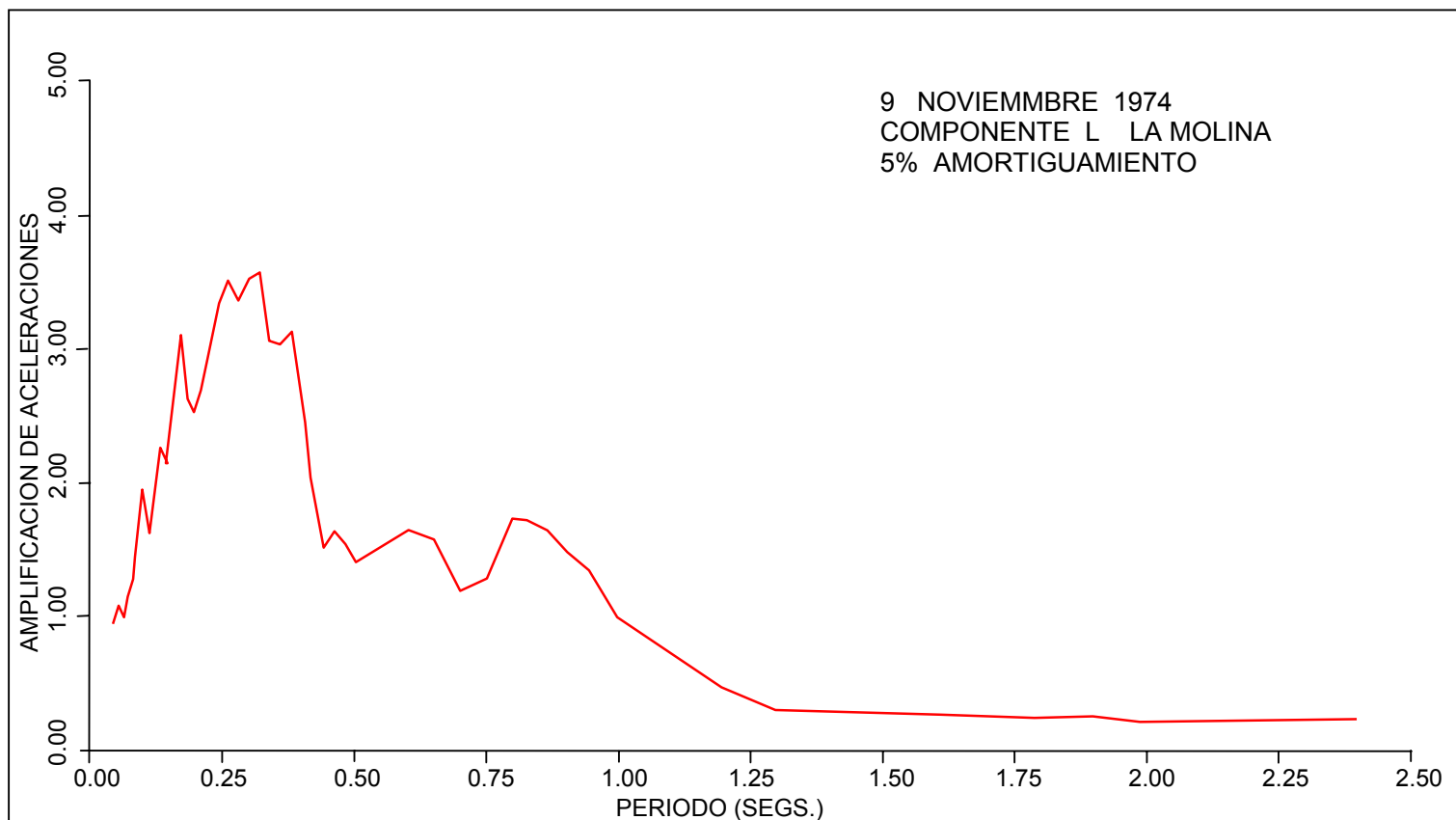


FIGURA N° 15 ESPECTRO NORMALIZADO. COMPONENTE L. LA MOLINA

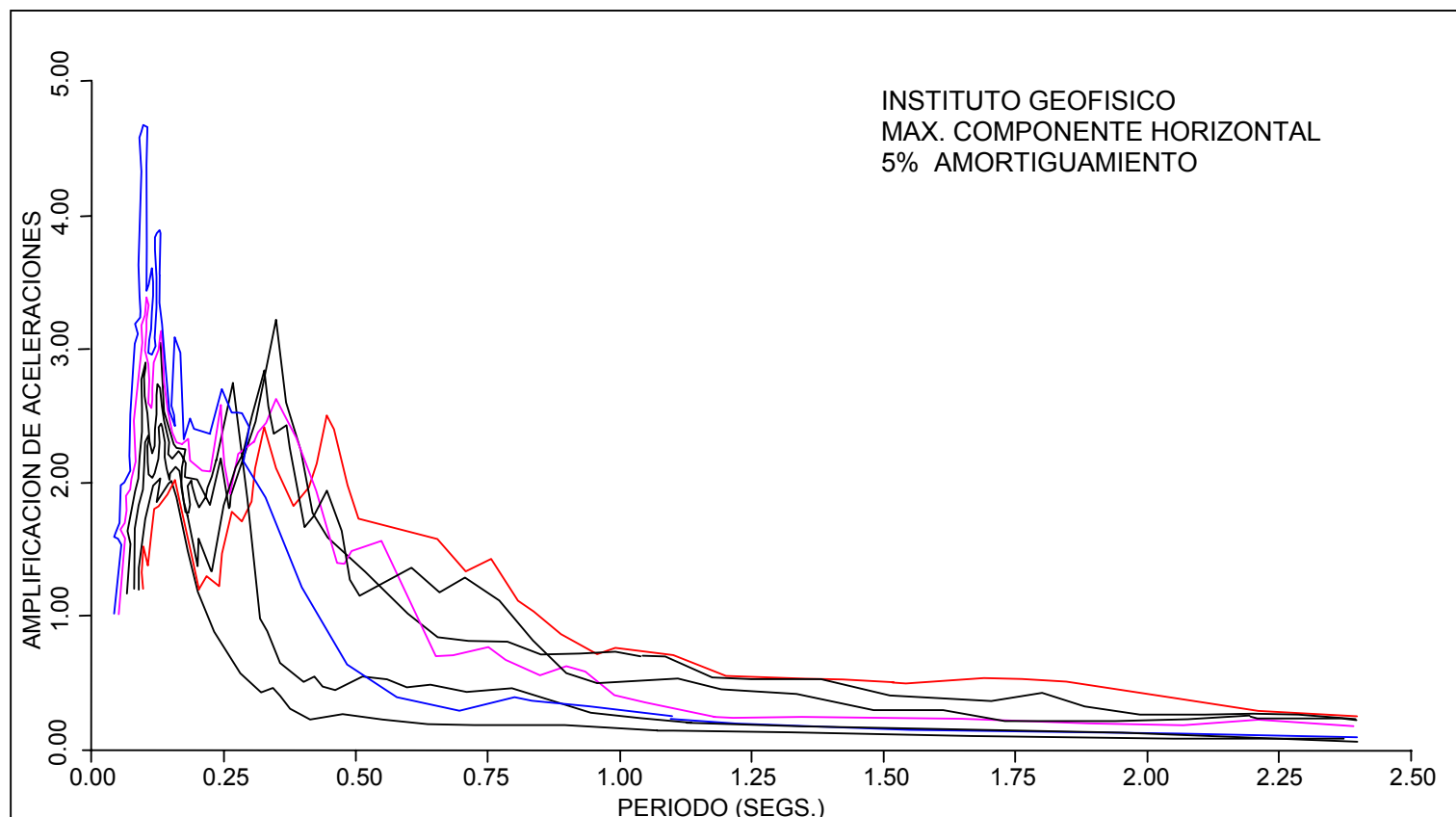


FIGURA N° 16 ESPECTROS NORMALIZADOS. MAXIMA COMPONENTE HORIZONTAL. IGP

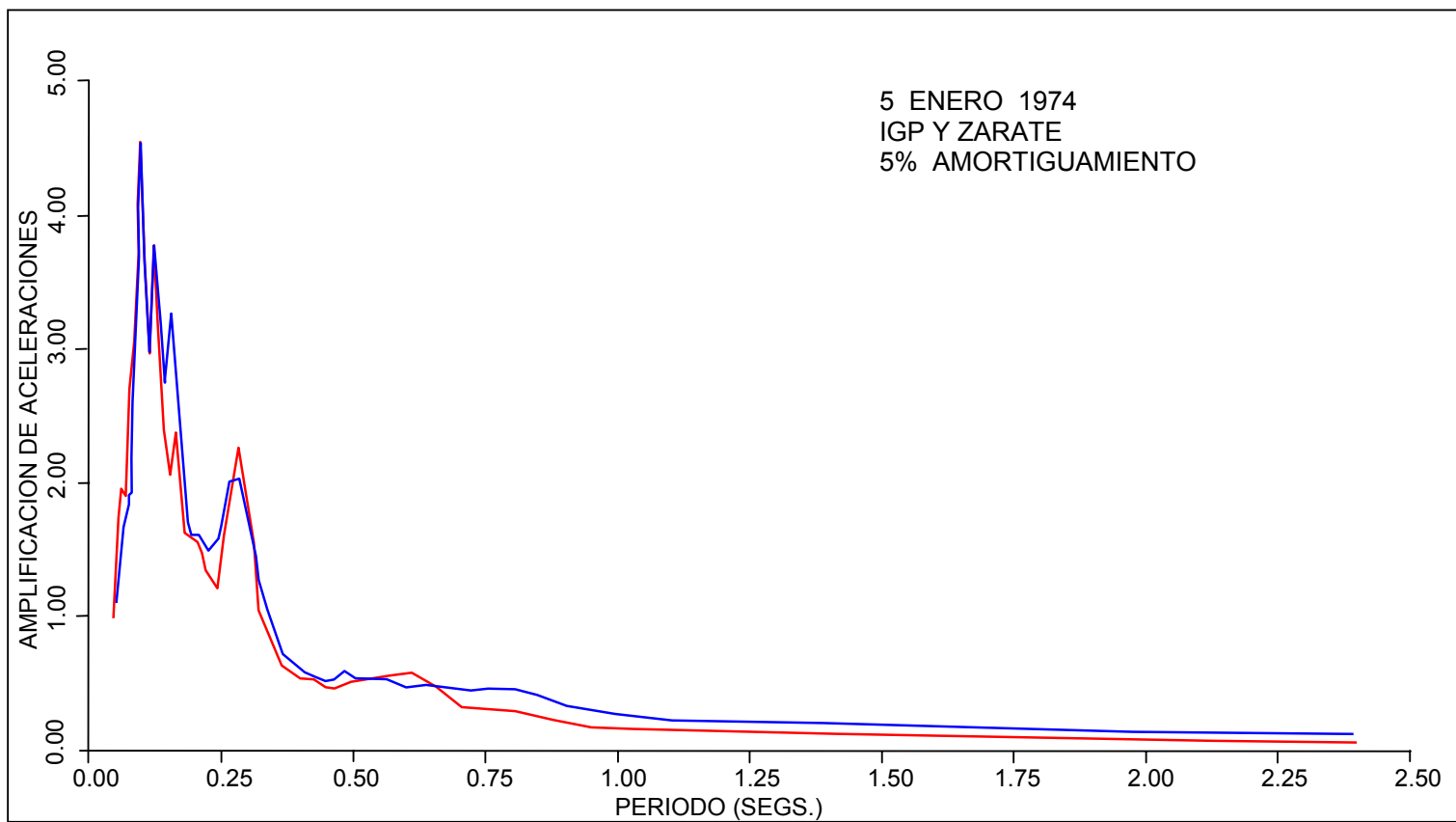


FIGURA N° 17 COMPARACION DE ESPECTROS IGP Y ZARATE

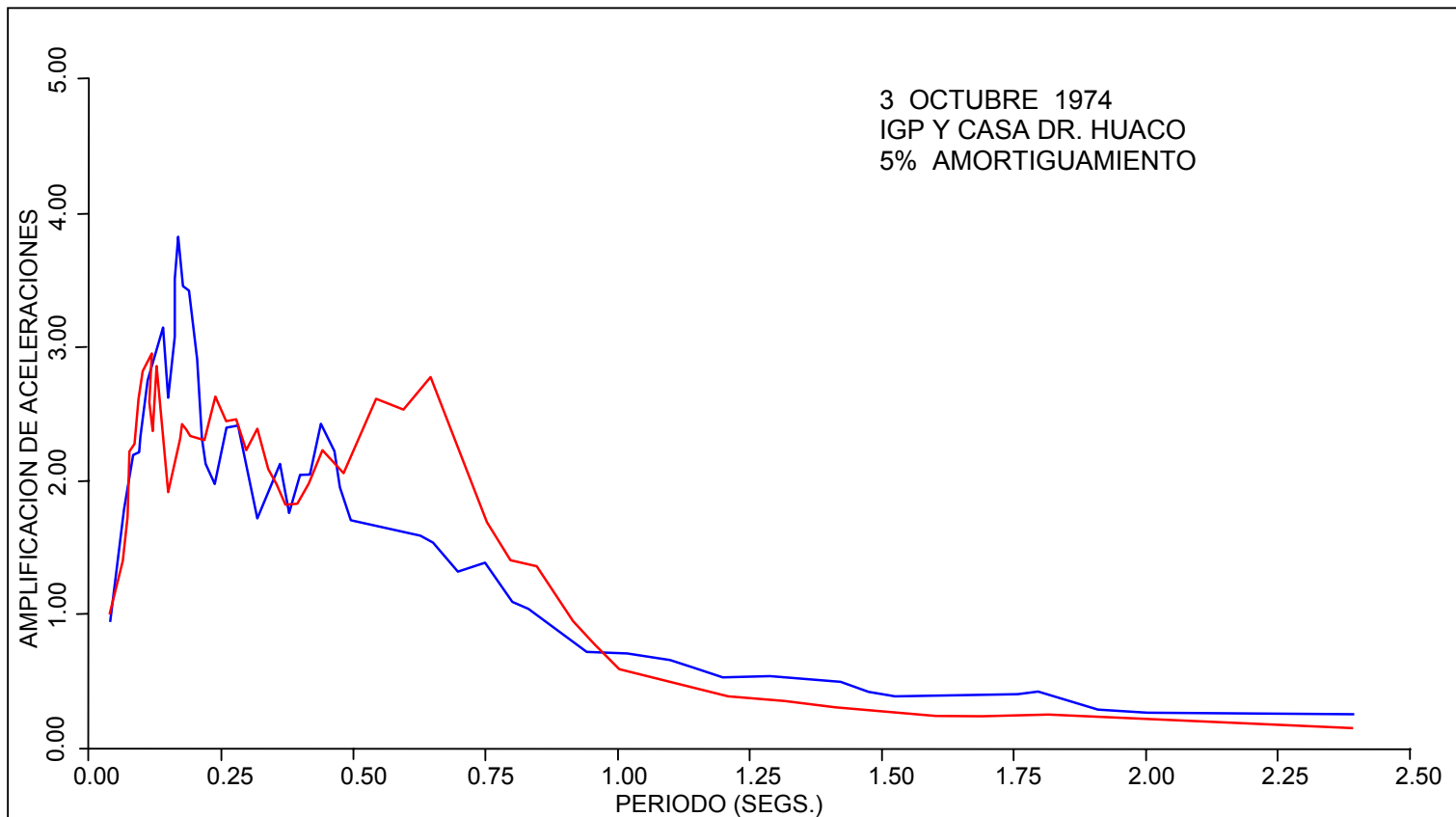


FIGURA N° 18 COMPARACION DE ESPECTROS IGP Y CASA DR. HUACO

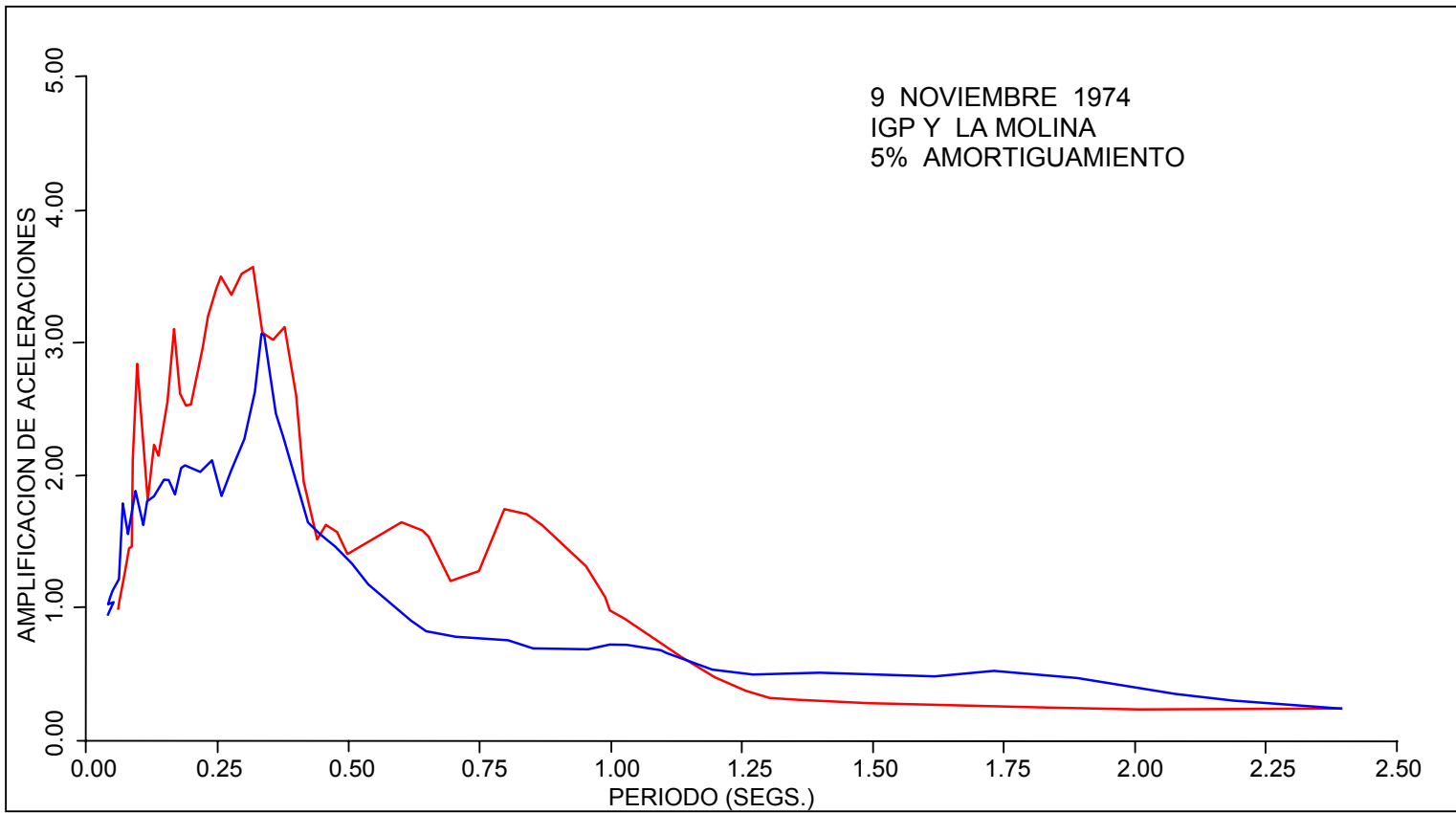


FIGURA N° 19 COMPARACION DE ESPECTROS IGP Y LA MOLINA

## **APENDICE I**

### **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS SOBRE LOS TERREMOTOS PERUANOS**

#### **(A) 17 de Octubre de 1966:**

Esteva L. y J.A. Nieto (1967), "El Temblor de Lima, Perú, Octubre 17,1966", Rev. Ingeniería, México, 45,62.

Lee K.L., Monge J., Rosenberg L. y Vives A. (1967), "El Terremoto del Perú, 1966", Departamento de Obras Civiles. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile.

Lee K. L. and Monge J. E., (1968), "Effect of Soil Conditions on Damage in the Peru Earthquake of October 17,1966", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.58, N°3, pp.937-962, June.

Lomnitz C. and Cabré R. S.J., (1968), "The Peru Earthquake of October 17, 1966", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 58, N°2, pp. 645-661, April.

#### **(B) 31 de Mayo de 1970:**

Alva Hurtado J.E., (1975), "Geological Aspects of the May 31, 1970 Peru Earthquake", Unpublished Term Project for the Engineering Geology Course, Civil Engineering Department MIT, April.

Berg G. V. and Husid R. (1970), "Engineering Aspects of the Peru Earthquake of May 31,1970", Report of the Regional Seismological Centre for South America, Lima.

Berg G. V. and Husid R. L., (1971), "Structural Effects of the Peru Earthquake", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 61, N°3, pp. 613-631, June.

Berg G. V. and Husid R. L., (1971), "Structural Behavior in the 1970 Peru Earthquake", 5th. World Conference on Earthquake Engineering, Rome.

Cloud W. K. and Perez V., (1971), "Unusual Accelerograms Recorded at Lima, Peru", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.61, N°3, pp.633-640, June.

Cluff L. S., (1971), "Peru Earthquake of May 31 1970, Engineering Geology Observations", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.61, N°3, pp.511-533, June.

EERI Peru Earthquake Report, (1970), "Preliminary Report of the Peru Earthquake of May 31,1970", Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California.

Enkeboll W., (1971), "Soil Behavior and Related Effects in the Peru Earthquake of May 31, 1970", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 61, N° 3, pp.579-590, June.

Ericksen, G. E., Plafker G. and Fernandez Concha J., "Preliminary Report. The Geologic Events Associated with the May 31, 1970 Peru Earthquake", Geological Survey Circular 639, USGS.

Husid R. y Gajardo E., (1970), "Aspectos Sismologicos y Estructurales en el Terremoto del Perú del 31 de Mayo 1970", Simposium Panamericano de Estructuras, Buenos Aires, Argentina.

Kuroiwa J., (1973)"Características Dinámicas del Conglomerado de Lima", Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Tomo 43, pp.43-51, Lima.

Kuroiwa J., Deza E. and Jaen H., (1973), "Investigation on the Peruvian Earthquake of May 31, 1970", 5th. World Conference on Earthquake Engineering, Rome.

Lomnitz C., (1970), "The Peru Earthquake of May 31, 1970", Bull. Seism Soc. Am., Vol.60, pp. 1413-1416, August.

Lomnitz C., (1971), "The Peru Earthquake of May 31, 1970: Some Preliminary Seismologica1 Results", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 61, N°3, pp. 535-542, June.

Meehan J. F., (1971), "Perfomance of School Buildings in the Peru Earthquake of May 31,1970", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 61, N°3, pp.591-608, June,

Meli R., (1970), "El Temblor del Perú', Mayo de 1970: Efectos en las Estructuras", Revista Mexicana de Ingeniería Sísmica, N° 4, Setiembre, México.

Morimoto R., Koizumi Y., Matsuda T., and Hakuno M., (1971), "Seismic Microzoning of Chimbote Area, Peru", Overseas Technical Corporation Agency, Government of Japan.

Plafker G., Ericksen G.E., and Fernandez Concha J.,(1971), "Geological Aspects of the May 31,1970, Peru Earthquake", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.61, N°3, pp.543-578, June.

Romani F., (1973), "Soil Structure Interaction in the May 31,1970 Peruvian Earthquake", 5th. World Conference on Earthquake Engineering, Rome.

Stratta J. L., and Feldman J., (1971), Interaction of Infill Walls and Concrete Frames during Earthquakes", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 61, N°3, pp.609-612, June.

**(C) 3 de Octubre de 1974:**

Carrillo-Gil A., (1977), "Seismic Effects on the Soils of Peru", 9th. International Conference of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Japan.

Deza E., Jaen H., and Kuroiwa J., (1977), "Investigation of the Peruvian Earthquake of October 3, 1974 and Seismic Protection Studies of the Lima Metropolitan Area", 6th. World Conference on Earthquake Engineering, India.

Espinosa A.F. and Husid R., (.1974), "Brief Report on the October 3, 1974 Lima Earthquake: Intensity, Damage and General Observations", Report for the Dept. of Scientific Affairs, OAS., November 1-4.

Espinosa A.F., Husid R. and Algermissen S.T., (1975), "Seismological and Engineering Features of the October 3, 1974, Lima Earthquake", Proc. 5th. European Conference on Earthquake Engineering, Istanbul.

Espinosa A.F., Husid R., Algermissen S.T. and De las Casas J., (1977), "The Lima Earthquake of October 3, 1974: Intensity Distribution, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 67, N°5, pp. 1429-1439, October.

Husid R. and Espinosa A. F., (1975), "A Study of Strong Ground Motion from a Set of Peruvian Earthquakes and their relation to Damage " Bull., Geol. Soc. Am., 7,409 (Abs.).

Husid R., Espinosa A. F. and De las Casas J., (1977), "The Lima Earthquake of October 3, 1974: Damage Distribution", Bulletin of Seismological Society of America, Vol. 67, N° 5, pp. 1441-1472, October.

Knudson C. F. and Perez V., (1977), "Accelerograph Records from Lima Peru", 6th. World Conference on Earthquake Engineering, India.

Marsal R.J., (1975), "El Sismo del 3 de Octubre, 1974, en Lima-Perú", Revista Mexicana de Ingeniería Sísmica, México.

Martinez A. and Romani F., (1977), "Geotechnical Model for Seismic Microzonation", 9th. International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Japan.

Pique del Pozo J., (1975), "Damage of Buildings in Lima October 1974 Earthquake", Seismic Design Decision Analysis Internal Study Report N°50, Department of Civil Engineering MIT, January.

Spence W., Giesecke A., Langer C., Ocola L., Dillenger W.H. and Jordan J.N., (1975), "The Lima, Peru 1974. Earthquake Series", Bull. Geol. Soc. Am. 7,424 (Abs).