

# MICROZONIFICACION SISMICA DE LA PUNTA Y EL CALLAO

Carlos E. Huamán Egoávil (1)  
Jorge F. Meneses Loja (2)  
Jorge E. Alva Hurtado (3)

## RESUMEN

El presente trabajo tiene el propósito de establecer aquellas áreas más susceptibles de sufrir daño sísmico por efecto de los depósitos de suelo subyacentes a La Punta y El Callao.

En principio se hace una revisión del contexto geológico sobre el que se ubica el área estudiada, en especial la geología del Cuaternario aluvial del Río Rímac. En base a la información recopilada sobre estudios de suelos para cimentación y a los registros de pozos de agua subterránea, se establece una zonificación geotécnica del área estudiada, encontrándose depósitos profundos de material blando en La Punta y bajas capacidades portantes en El Callao.

Luego se presenta los resultados de los 257 ensayos de microtrepidaciones realizados, los cuales se resumen en un plano de curvas isoperíodo. En general, La Punta tiene períodos que varían de 0.40 a 0.70 seg. y El Callao de 0.10 a 0.40 seg. Se encuentra que estos resultados concuerdan con las características geotécnicas y con la distribución de daños sísmicos en el pasado, que han sido generalmente mayores que los producidos en el centro de Lima.

Finalmente, se realiza el análisis dinámico de perfiles de suelo modelados en base a la información geotécnica, para establecer el comportamiento de estos suelos ante sismos registrados en Lima. Se concluye presentando espectros de respuesta que demuestran que los suelos de La Punta y El Callao son susceptibles de producir el fenómeno de amplificación

- 
- (1) Asistente de Investigación, Laboratorio Geotécnico del CISMID, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.
  - (2) Investigador Asociado, Laboratorio Geotécnico del CISMID, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.
  - (3) Profesor Principal y Director del CISMID, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería

Ponencia presentada en el VI Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentación, Lima, 11-13 de Noviembre de 1995.

## INTRODUCCIÓN

A partir de los terremotos ocurridos en 1940, 1966 y 1974 en la ciudad de Lima, ha quedado demostrado que el centro de la ciudad ha sufrido menor intensidad de daños que algunas zonas periféricas, como son los distritos de La Molina, Barranco, Chorrillos, La Punta y El Callao. Las condiciones del subsuelo de estas áreas difieren de las existentes en el centro de Lima, que corresponden a un depósito grueso de grava aluvial con nivel freático profundo. En este artículo se describen los avances en los trabajos de microzonificación sísmica de La Punta y El Callao, como parte de la microzonificación sísmica de Lima.

La Punta y El Callao están ubicados al Oeste de la ciudad de Lima, en la costa occidental de Sudamérica, en una franja desértica entre el Océano Pacífico y los Andes. El área estudiada está ubicada al sur de la desembocadura del río Rímac sobre el Océano Pacífico.

La importancia de esta zona radica en las múltiples actividades económicas que se desarrollan en ella, derivadas de la presencia del Puerto del Callao, el más grande puerto exterior del país, que soporta actividades comerciales, navales y pesqueras, las cuales han determinado la presencia de una densa infraestructura urbana que sirve y alberga a cerca de medio millón de habitantes.

## SISMICIDAD OBSERVADA

La zona de subducción del Pacífico, que corre paralela a gran parte de la costa oeste de Sudamérica, es lugar frecuente de reajustes de la corteza terrestre, los cuales producen sismos de gran magnitud. Por ello, el Perú ha sufrido sismos muy severos de consecuencias devastadoras. La ciudad de Lima ha experimentado en los pasados 40 años, 6 sismos con magnitudes de onda superficial en el rango de 6 a 7.6.

Estos sismos han causado niveles de daño relativamente bajos en la ciudad, a pesar de que las aceleraciones en la superficie del suelo han sido tan altas como 0.40 g (terremoto de 1966), y las duraciones del movimiento fuerte han sido mayores que 1 minuto (terremoto de 1974). (Repetto et al, 1980).

Sin embargo, daños mayores han sido observados en áreas fuera del centro de la ciudad de Lima. Uno de estos lugares es el Puerto del Callao que durante el sismo del 3 de Octubre de 1974 (con magnitud  $M_s=7.5$ , a 90 Km de Lima), sufrió considerable daño en instalaciones navales y portuarias. Se registraron intensidades máximas de IX y VIII MM para La Punta y El Callao, respectivamente. Los mayores daños se presentaron en modernas estructuras de concreto armado en la Escuela Naval-La Punta; en la Oficina de Correos en El Callao y en un antiguo silo del Terminal Marítimo que colapsó perdiendo 20 m. de los 60m. de altura original. La Fig. 1 muestra el mapa oficial de distribución de intensidades de este sismo según el Instituto Geofísico del Perú (Giesecke et al, 1980).

## CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS

La Punta y El Callao, así como la ciudad de Lima, se encuentran dentro de los límites de

influencia del cono deyeectivo Cuaternario del Río Rímac, según se muestra en la Fig. 2 (Martínez et al, 1975). Este cono consiste de material aluvial de estructura lentiforme, donde se superponen depósitos de cantos rodados, arena, arcilla y limo, en forma heterogénea. Estos sedimentos aluviales han sido depositados durante la última etapa del Pleistoceno sobre el zócalo rocoso más antiguo, compuesto por rocas mesozoicas. Debido a movimientos tectónicos basculares, el cauce del río ha evolucionado virando de SO a NO, desde fines del Terciario Superior y comienzos del Pleistoceno, en que el río tenía un gran poder erosivo, hasta el Holoceno en que disminuye su poder de erosión, dejando en este lapso terrazas aluviales que caracterizan la geomorfología del área final del cono deyeectivo. Al disminuir la velocidad del río, en el Holoceno, se deposita el material fino que ha originado la cubierta superficial arcillosa de hasta 15 m. en El Callao (Maggiolo, 1969).

Por otra parte, la formación geológica de La Punta se explica por la acción erosiva del mar que en tiempos anteriores ha atacado el cono deyeectivo del Rímac, socavándolo y formando el barranco que se extiende desde el Morro Solar hasta El Callao. Los materiales caídos al mar estuvieron sujetos a su acción y fueron arrastrados hacia las zonas de las Islas San Lorenzo y El Frontón, acumulándose el material que ha formado la península de La Punta (Martínez y Téves, 1966).

La revisión de diversos estudios de mecánica de suelos para cimentación de estructuras, así como la recopilación de registros de perforación de pozos de agua subterránea, ha permitido establecer la siguiente zonificación geotécnica en el área estudiada:

**ZONA IV:** Esta zona comprende toda el área de La Punta y Chucuito. La estratigrafía generalizada está conformada por un relleno gravoso artificial no mayor de 3 m., suelto y a veces mezclado con limos, debajo del cual se encuentra un estrato de suelos granulares gruesos conformado por gravas y arenas de gradación pobre, GP y SP, que tiene un espesor promedio de 12m. a lo largo de La Punta. A continuación, existe un estrato compuesto por arena fina con lentes de limo y/o arcilla, de clasificación SM/SC. Dicho estrato tiene una profundidad promedio de 20m. a lo largo de La Punta, y llega a tener hasta 28 m. en el área de la Escuela Naval. Finalmente, debajo del estrato anterior se halla la grava arenosa densa que pertenece al cono de deyección del Rímac.

Para el primer estrato, la capacidad portante varía de 1.5 a 2.0 kg/cm<sup>2</sup>, a profundidades de cimentación de 1.4 a 3.0 m, es decir, por debajo del relleno superficial gravoso y encima de la napa freática, que oscila entre 1.50 a 3.50 m. Para edificaciones de poca altura, es recomendable el empleo de zapatas conectadas, y para edificaciones de cierta altura, el uso de plateas reforzadas. En el casos de existir bolsones de materiales muy sueltos, arenosos o limosos, entremezclados con la grava, las plateas reforzadas siguen teniendo un buen comportamiento. El uso de pilotes no es recomendable.

**ZONA III:** En esta zona estaría comprendida por una franja que sigue la línea de playa sobre la que se ha establecido el Puerto del Callao. Se trata de un área donde los suelos tienen una disposición errática, debido a que habrían sido colocados artificialmente como rellenos para ganar tierras al mar. Estos rellenos son del tipo gravoso GP y gravoso limosa GM en las cercanías del Puerto, y el Puerto mismo aparecen intercalaciones de arcillas orgánicas

limosas CL-ML. La profundidad de estos rellenos pueden llegar a los 11 m., profundidad a la cual puede hallarse el estrato resistente de cantos rodados con arena fina. Esto obliga al uso de pilotes de punta, ya que los rellenos, especialmente aquellos limosos orgánicos del Puerto, tiene resistencia nula a la penetración.

Por su naturaleza indeterminada, es necesario realizar estudios específicos para cualquier construcción en esta zona. El nivel freático se encuentra entre 1.7 y 3.2 m. de profundidad.

**ZONA II:** Esta zona incluye las áreas bajas del Callao, Bellavista y La Perla, es decir, aquellas áreas con cotas entre 2 y 15 m. El perfil estratigráfico que caracteriza a esta zona está formado por suelos blandos que alcanzan en promedio una potencia de 10 m. llegando hasta los 15 m. cerca a la desembocadura del río Rímac, hacia el Norte. Los materiales que conforman los estratos blandos son principalmente suelos limo-arcillosos de baja plasticidad CL-ML, que suprayacen arenas limosas SM, y presentan intercalaciones de turbas Pt o eventualmente suelos plásticos CH y OH, hasta encontrar la grava arenosa del cono deyectivo del Rímac. En el sur, cerca a Mar Brava, existe un ligero predominio de suelos arenosos SM, en tanto que al Norte se presentan mayormente suelos limosos y arcillosos. Los suelos orgánicos, cuando son superficiales y están saturados, producen asentamientos en las edificaciones y hundimientos en las pistas. Esto es muy común por la presencia de niveles freáticos entre 1.0 y 2.5 m. bajo la superficie.

Las condiciones de cimentación hacen recomendable el empleo de zapatas armadas conectadas entre sí por vigas de cimentación para edificaciones de poca carga; plateas de cimentación para estructuras de más de 2 pisos y pilotes para estructuras pesadas o de más de 4 pisos. Para las cimentaciones superficiales, se recomienda profundidades de cimentación de 1.0 a 3.0 m., con capacidades de carga generalmente menores de 1 kg/cm<sup>2</sup>.

**ZONA I:** Esta zona presenta una estratigrafía similar a la Zona II, con la diferencia que casi desaparecen los suelos orgánicos, pues no se han observado asentamientos ni hundimientos de pistas. Otra característica es que la base de los suelos gravosos arenosos del conglomerado típico de Lima, se halla a una profundidad menor, en promedio, que 5 m. La estratigrafía en esta zona está conformada por arenas limosas SM y limos arcillosos CL-ML alternados, suprayacendo las gravas del conglomerado de Lima.

Las capacidades de carga recomendadas están entre 1.0 y 2.0 kg/cm<sup>2</sup> para cimentaciones superficiales, tipo zapatas conectadas. Puede aprovecharse la capacidad portante de la grava, estimada en 4 kg/cm<sup>2</sup>, de llegar a ésta. El nivel freático está bastante profundo. La Fig. 3 muestra el plano de zonificación geotécnica, donde pueden apreciarse las zonas descritas.

## MEDICIÓN DE MICROTREPIDACIONES

El ensayo de medición de microtrepidaciones consiste en medir las vibraciones del suelo que están en el rango de 0.1 a 1 micra de amplitud, y de 0.05 a 2 seg. de periodo, según la definición japonesa de Kanai (1961). Estas vibraciones son producto de fuentes relativamente remotas como son el tráfico vehicular, el viento, las olas del mar, etc. y son detectadas por pequeños sensores electromagnéticos de gran sensibilidad. Luego son grabadas con un adecuado nivel de amplificación y reproducidas después para analizar su contenido de frecuencias y periodo predominante, valor que sirve para conocer comparativamente el comportamiento dinámico del suelo y determinar los parámetros sísmicos relativos al diseño de las construcciones sismo-resistentes.

En el presente estudio se ha utilizado la técnica de microtrepidaciones con el objeto de establecer aquellas zonas susceptibles de sufrir mayor daño sísmico, según el período predominante del suelo, en La Punta y El Callao. Se realizaron mediciones en 257 puntos, distribuidos uniformemente en el área comprendida por el estudio. El programa de mediciones se inició en lugares abiertos que ofrecieran menor perturbación de tráfico vehicular, tales como parques, campos deportivos, etc., donde los sensores se colocaron generalmente sobre terreno natural firme. Posteriormente, se optó por medir en calles con poco tránsito, colocándose los sensores sobre veredas de concreto o sobre el pavimento mismo.

La Fig. 4 presenta el área estudiada con las curvas isoperíodo de microtrepidaciones cada 0.05 seg. Estas curvas fueron trazadas interpolando los puntos con valor conocido de período predominante del suelo. La zona estudiada presenta periodos en el rango de 0.10 a 0.70 seg. El Callao, Bellavista y La Perla tienen un periodo promedio de 0.30 seg., en tanto que La Punta y Chucuito están caracterizados por un periodo promedio de 0.50 seg.

Se ha encontrado concordancia entre el plano de curvas isoperíodo y las zonas establecidas en la zonificación geotécnica. Así, la Zona IV corresponde a un periodo de 0.50 seg. en promedio, lo cual es concordante por tratarse de un perfil formado por suelos blandos de hasta 40 m. de profundidad, que producen periodos largos. La Zona III presenta períodos ligeramente más largos que el promedio para El Callao, alrededor de 0.40 seg, lo que puede explicarse por los rellenos sueltos de esta área, que alcanzan hasta 10 m. de profundidad en la zona del Puerto. La Zona II, compuesta por estratos blandos de 7 a 15 m. de profundidad, tiene períodos de alrededor de 0.30 seg. La Zona I, geotécnicamente la mejor zona con el conglomerado de Lima a pocos metros de la superficie, tiene los períodos más cortos (hasta 0.10 seg).

También existe una clara relación entre las zonas definidas en este estudio según su período del suelo y los niveles de intensidad del sismo del 3 de Octubre de 1974. En especial existe buena concordancia entre la zona que corresponde al área de la Escuela Naval, donde se produjeron los mayores daños, con intensidad de IX MM, y que tiene los periodos más largos; y entre la zona que comprende casi toda La Punta, donde los daños alcanzaron intensidades de hasta VIII MM. En tanto que en el centro de Lima, con un suelo firme, las intensidades llegaron a VII MM en promedio.

## ANÁLISIS DINAMICO DE PERFILES DE SUELOS

Para efectuar el análisis de la respuesta dinámica por amplificación unidimensional de los suelos de La Punta y El Callao, se ha utilizado el programa PCSHAKE, una versión para computadoras personales del programa SHAKE (Schnabel et al, 1972).

Se ha escogido dos perfiles representativos del área estudiada, éstos se ubican en:

- a) La Escuela Naval en La Punta.
- b) La Base Naval en El Callao.

Los parámetros dinámicos de estos perfiles han sido establecidos en base a la información geotécnica disponible. Se ha considerado que estos perfiles son representativos de los casos más desfavorables para La Punta y El Callao, respectivamente.

Se han utilizado tres acelerogramas de movimiento fuerte obtenidos en la estación IGP (centro de Lima) como señales de entrada en la roca base, con un intervalo de digitización de 0.02 seg., con 0.4 g. de aceleración máxima y las siguientes longitudes de registro acondicionadas para el programa PCSHAKE:

SISMO	FUENTE	COMP	DURACIÓN
17 OCT 1966	IGP	N08E	60 seg.
31 MAY 1970	IGP	L	40 seg.
3 OCT 1974	IGP	N82W	60 seg.

Las curvas de variación del módulo cortante y amortiguamiento con respecto a la deformación que han sido empleadas, son las mismas que incluye el programa PCSHAKE en el archivo MODDAMP, las cuales fueron propuestas por Seed Idriss (1970).

Los espectros de respuesta de aceleraciones en la superficie, con un amortiguamiento de 5%, para un nivel de entrada en la roca base de 0.4 g, presentan los siguientes resultados:

**TABLA N° 1**  
**AMPLIFICACION MAXIMA DE RESPUESTA DE ACELERACIONES**  
**NIVEL ACELERACION BASE = 0.4 g.**

SISMO	AMPLIFICACION MAXIMA	
	Escuela Naval	Base Naval

1966	2.2	4.3
1970	2.5	4.6
1974	2.1	4.3

La Fig. 5 presenta los espectros normalizados de aceleraciones para un nivel de 0.4 g en la roca base. En este gráfico se han superpuesto los espectros de respuesta promedio de los tres sismos utilizados, correspondientes a la Escuela Naval en La Punta y a la Base Naval en El Callao. Puede observarse que existen diferencias en las formas espectrales de los dos perfiles de suelo analizados. La amplificación máxima del espectro de respuesta promedio para la Base Naval es alrededor de 2 veces la amplificación máxima para la Escuela Naval. El espectro de la Base Naval muestra una forma pronunciada para cierto rango de períodos, en tanto que el espectro para la Escuela Naval es plano y presenta amplificación para un periodo mayor, característico de los depósitos de suelo blando.

De esta figura se observa también que para propósitos de diseño estos resultados pueden expresarse mejor con el periodo donde termina la platea de diseño. En este caso se propone que dicho periodo sea de 1.2 seg. para ambos lugares. El Reglamento Nacional de Diseño Sismo-resistente contempla 3 tipos de suelo en atención a su periodo  $T_s$ . Estos tipos son:

- Suelo Tipo I  $T_s = 0.3$  seg.
- Suelo Tipo II  $T_s = 0.6$  seg.
- Suelo Tipo III  $T_s = 0.9$  seg.

Esto significa que habría que extender la platea de diseño para suelos Tipo III hasta por lo menos 1.2 seg. o establecer un nuevo suelo Tipo IV.

Estos resultados anteriores confirman que existen suelos blandos en La Punta-Callao. Por comparación, el rango de periodos donde se produce amplificación en los sismos registrados en el centro de Lima está entre 0 y 0.055 segundos (Meneses, 1985), y la platea de diseño en este tipo de suelo alcanza sólo 0.30 segundos. Se establece así una clara diferencia entre el comportamiento dinámico del suelo de El Callao y de La Punta, y entre ambos y el suelo del centro de Lima. Se ha encontrado amplificación de las ondas sísmicas y de la fuerza sísmica en El Callao, respecto al centro de Lima, en tanto que para La Punta no existe tal amplificación, sin embargo varía la forma del espectro.

Por otro lado, se ha encontrado que los periodos fundamentales del suelo crecen para el nivel de aceleración máxima utilizado, alrededor de 2 veces en La Punta y El Callao, cuando los perfiles están sometidos a movimientos fuertes. Según esto, y teniendo en cuenta que los periodos fundamentales de los perfiles de suelo calculados son similares a los periodos medidos por microtrepidaciones, se propone que el periodo del suelo bajo sismos fuertes se considere aproximadamente igual a 2 veces el valor medido por microtrepidaciones, por lo menos en el caso de los suelos blandos de La Punta y El Callao.

## CONCLUSIONES

- a) Las mediciones de microtrepidaciones muestran que los períodos del suelo en la zona estudiada presentan valores en el rango de 0.10 a 0.70 seg. El Callao, Bellavista y La Perla tienen un período promedio de 0.30 seg., en tanto que La Punta y Chucuito están caracterizados por un período promedio de 0.50 seg.
- b) Geotécnicamente se han distinguido 4 zonas. La Zona IV, que comprende La Punta y Chucuito, resulta la más desfavorable, no por la capacidad estática del primer estrato, formado por gravas sueltas de unos 12 m. de espesor, que es regular, sino por la profundidad del estrato blando arenoso arcilloso que subyace a la grava, de hasta 28 m., constituyendo un suelo muy flexible desde el punto de vista dinámico, con períodos largos.
- c) La Zona III es prácticamente artificial, compuesta de rellenos colocados para recuperar terrenos al mar, y se hace imprescindible cimentar edificaciones importantes mediante pilotes que alcancen la grava del conglomerado de Lima.
- d) La Zona II presenta problemas de asentamientos por la presencia de suelo orgánico y alto nivel freático, lo que le confiere baja capacidad portante.
- e) La Zona I se constituye como la mejor zona, con buena capacidad portante y nivel freático profundo. En cierto sector, este tipo de suelo es similar al del centro de Lima.
- f) Se ha encontrado concordancia entre los valores de período medidos por microtrepidaciones y las características geotécnicas de La Punta y El Callao. Según esto, se nota claramente que los períodos van creciendo conforme se profundizan los depósitos blandos, tal como ocurre en La Punta.
- g) También existe una clara relación entre los periodos relativamente largos de los suelos encontrados en este estudio y los altos niveles de intensidad de daños observados en el sismo del 3 de Octubre de 1974 en El Callao. En especial, existe buena concordancia entre el área que corresponde a la Escuela Naval, donde se produjeron los mayores daños, intensidad IX MM; y en la zona que comprende casi toda La Punta, donde los daños alcanzaron intensidades de hasta VIII MM. En tanto que en el centro de Lima, con un suelo firme, y períodos predominantes de alrededor de 0.1 seg., las intensidades llegaron a VII MM en promedio.
- h) Respecto a los resultados del análisis dinámico, se ha encontrado que existe una clara diferencia entre el comportamiento dinámico del suelo de El Callao y el del suelo de La Punta respecto a las amplificaciones. El primero puede considerarse medianamente blando, en tanto que el segundo es blando. Para ambos suelos se propone una platea de diseño que llegue a 1.2 seg. Respecto al centro de Lima, se produce amplificación en las ondas sísmicas y en los espectros para la Base Naval (Callao), en tanto que para la Escuela Naval (La Punta) no existe este efecto para los sismos estudiados.

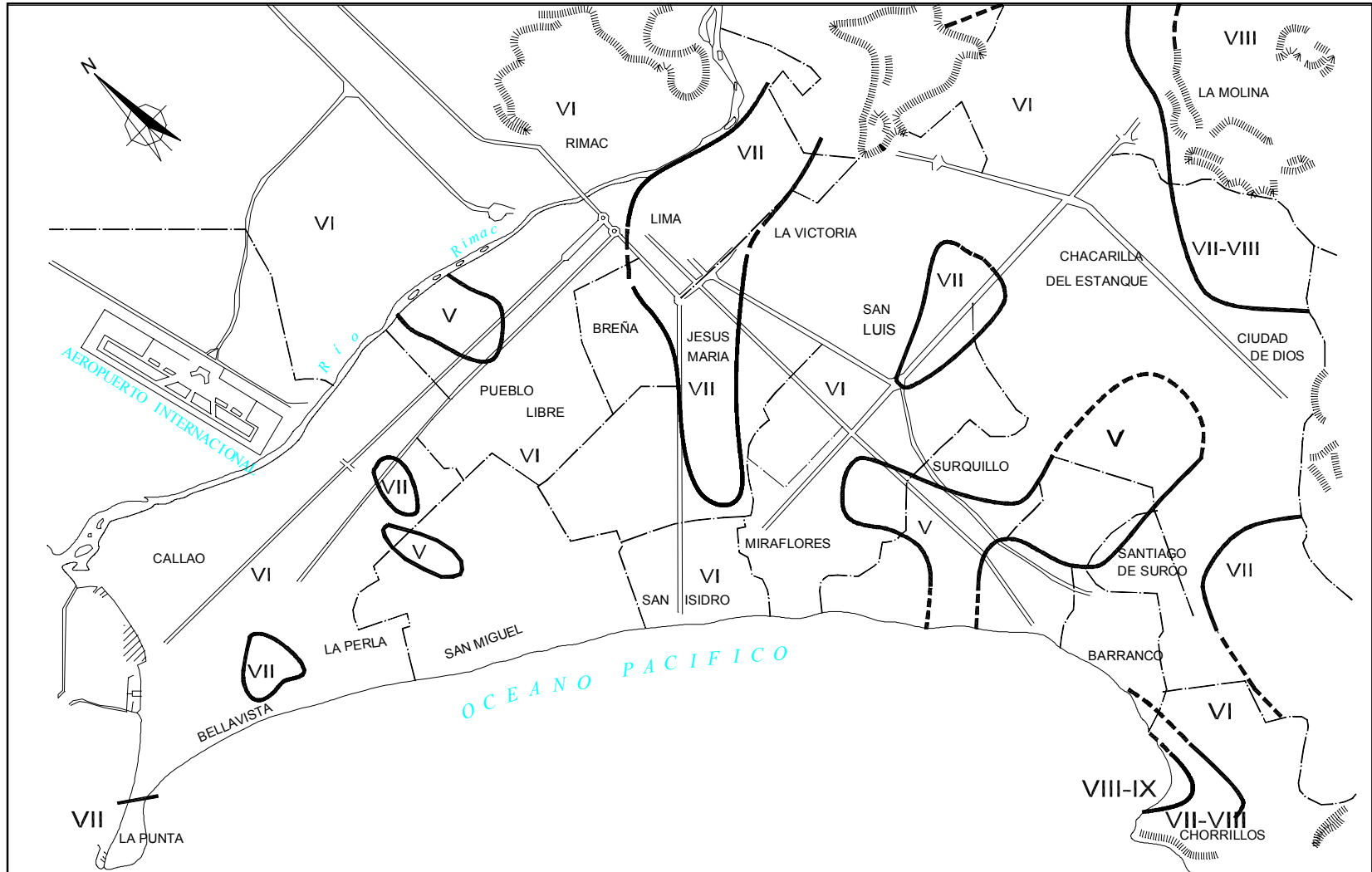


- i) Teniendo en cuenta que los periodos fundamentales calculados para deformaciones pequeñas son similares a los periodos medidos por microtrepidaciones, se propone que el periodo del suelo bajo sismos fuertes se considere aproximadamente igual a 2 veces el valor medido por microtrepidaciones, por lo menos en el caso de suelos blandos. Esto permitirá una evaluación rápida del periodo del suelo en las condiciones reales que requiere el diseño de las obras civiles.
- j) De las conclusiones anteriores se deduce que el actual Reglamento Nacional de Diseño Sismo-resistente debería adaptarse a la realidad de suelos blandos como los encontrados en este trabajo, en La Punta y El Callao. Para ello, es necesario establecer un nuevo tipo de suelo (Tipo IV) que refleje adecuadamente los periodos largos que se producen en depósitos blandos bajo sismos intensos.
- k) Es necesario, por otro lado, realizar ensayos directos de medición de velocidades de ondas de corte para modelar mejor el suelo de La Punta y El Callao, y confirmar las propuestas aquí contenidas.

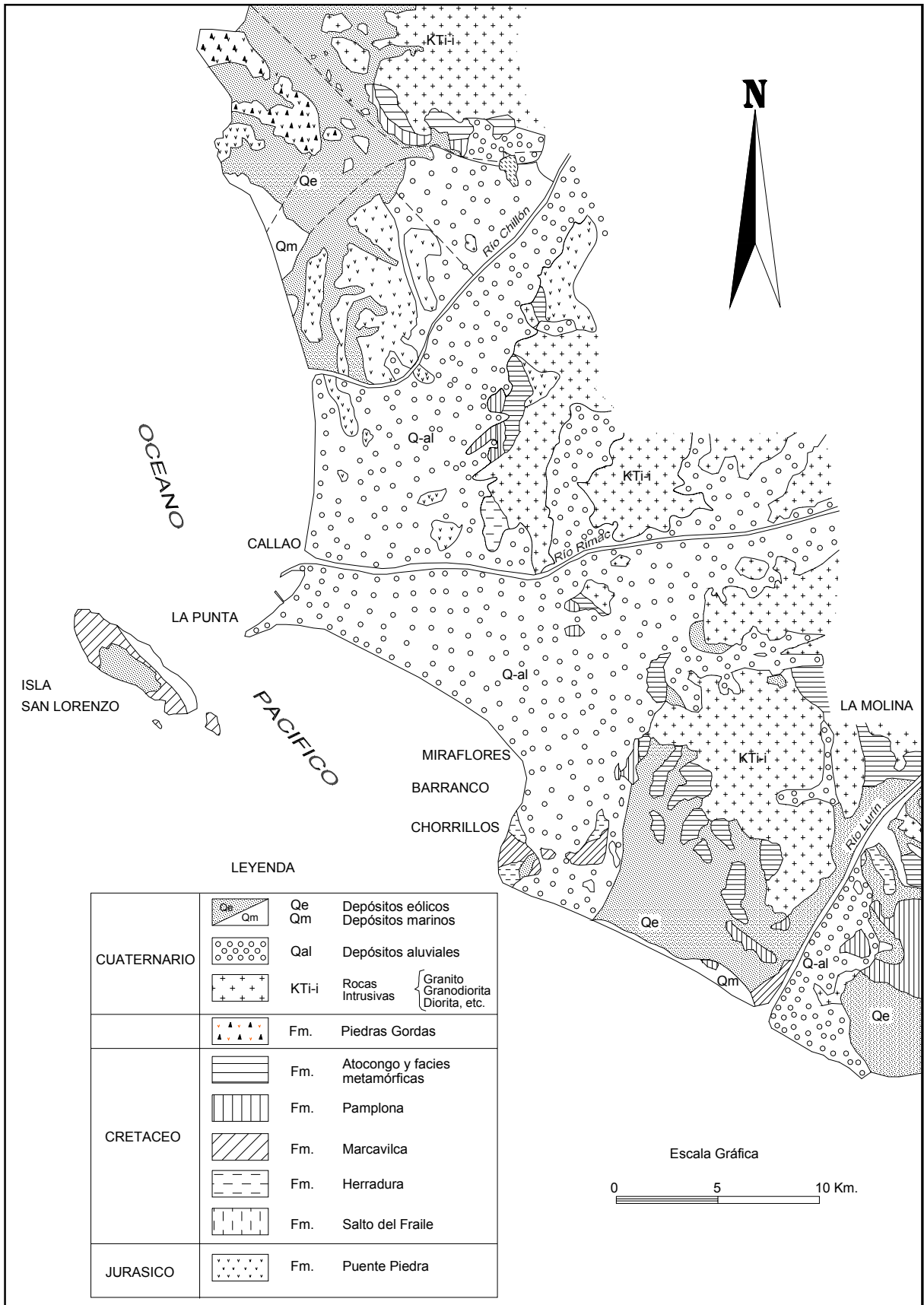
## **REFERENCIAS**

1. 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.
2. Giesecke A., Ocola L., Silgado E., Herrera J. y Gindiani H. (1980), "El Terremoto de Lima del 3 de Octubre de 1974", CERESIS UNESCO.
3. Huamán C. (1991), "Microzonificación Sísmica de La Punta y El Callao". Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
4. Kanai K. and Tanaka T. (1961), "On Microtremor VIII", Bulletin of the Earthquake Research Institute, Vol 39, pp. 94-104, Tokyo, Japan.
5. Maggiolo O. (1969), "Características del Suelo de Cimentación de Lima Central (y Alrededores), Aspectos Geológicos Generales y el Comportamiento de los Suelos ante los Sismos en Relación a las Estructuras", I Congreso Nacional de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Lima, Perú.
6. Martínez A. y Téves N. (1966), "Estudio de Investigación sobre los Acantilados desde La Punta hasta el Morro Solar", Pub. Lgga. N°25, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
7. Martínez A. y Porturas F. (1975), "Planos Geotécnicos para Lima, Perú. Análisis y Visión en Ingeniería Sísmica", Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú

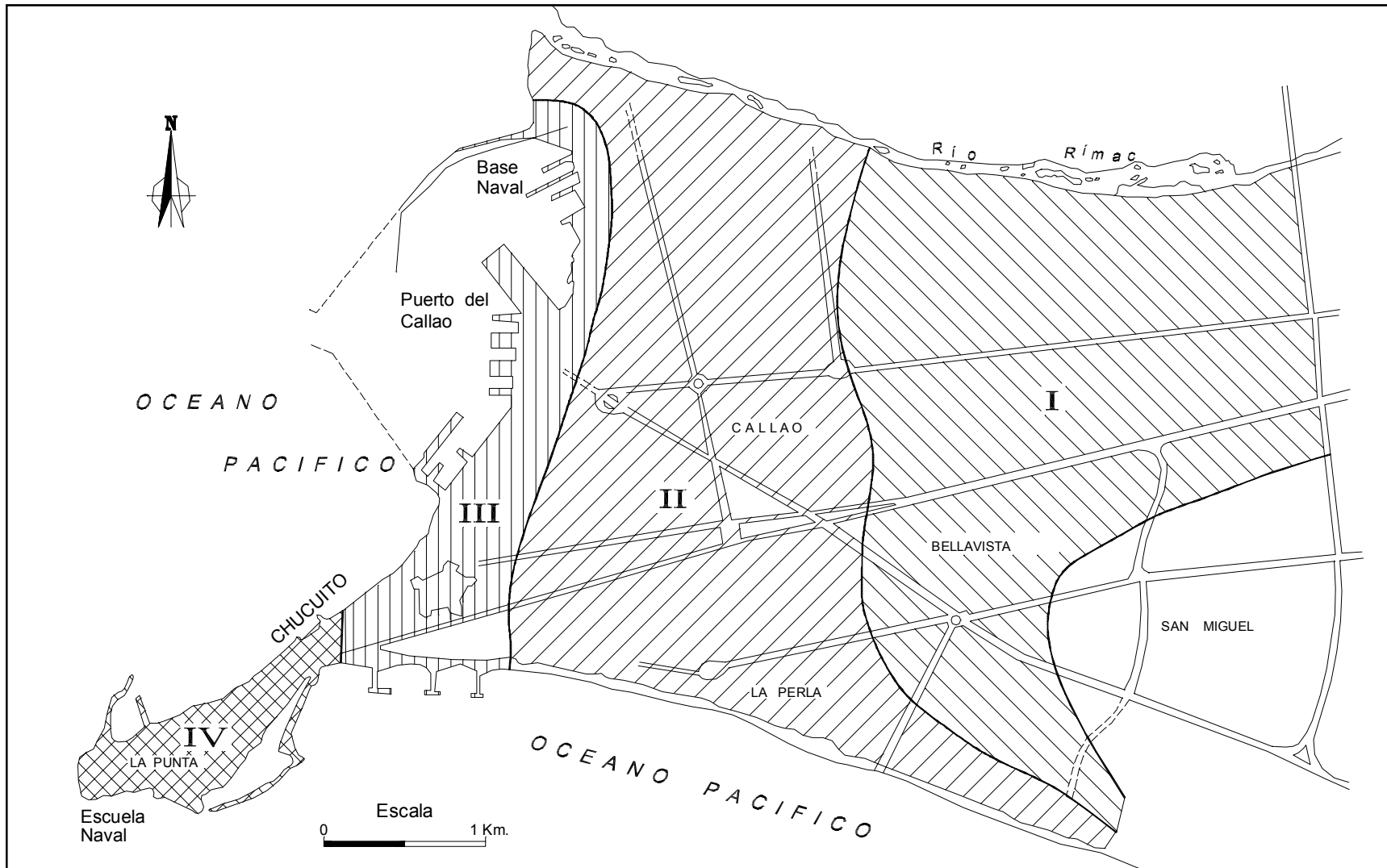
8. Meneses J. (1985), "Evaluación de Acelerogramas y Determinación de Espectros de Respuesta en Lima", Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
9. Schnabel P., Lysmer J. and Seed H. B. (1972), "SHAKE: A Computer Program for Earthquake Response Analysis of Horizontally Layered Sites", Earthquake Engineering Research Center, Report No. EERC 72-12, College of Engineering, University of California, Berkeley-California.
10. Repetto P., Arango I. and Seed H. B. (1980), "Influence of Site Characteristics on Building Damage during the October 3, 1974 Lima Earthquake", Earthquake Engineering Research Center, Report N° EERL 80-41, College of Engineering, University of California Berkeley



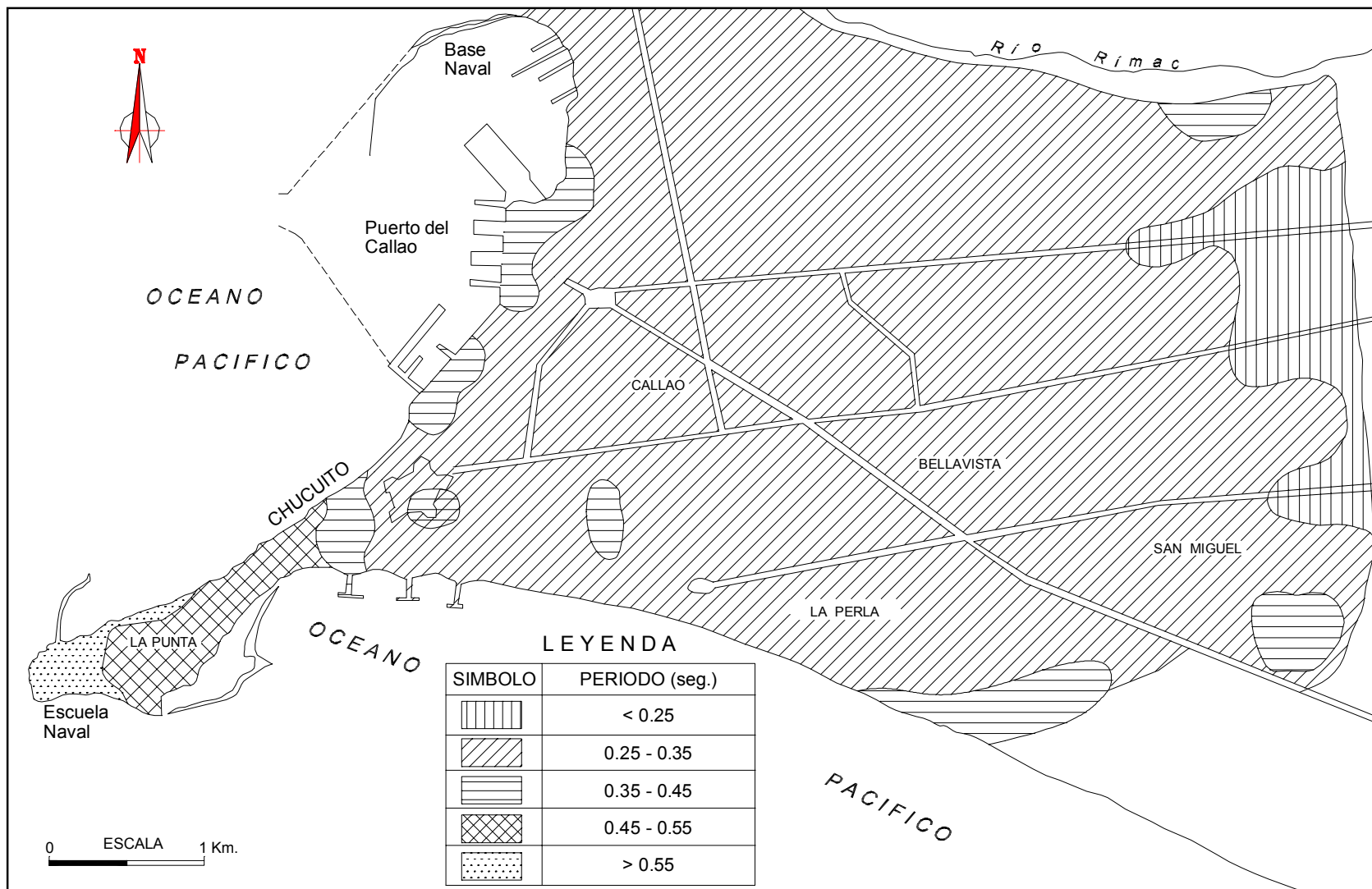
**Fig. 1.- Mapa de Isosistas del Sismo del 3 de Octubre de 1974 en Lima  
Giesecke et Al, (1980)**



**Fig. 2.- Mapa Geológico de Lima  
Martínez Y Porturas (1975)**



**Figura 3.- Mapa de Microzonificación de La Punta Callao Huamán, (1991)**



**Figura 4.- Mapa de Microzonificación de La Punta Callao Huamán, (1991)**

### ESPECTROS NORMALIZADOS DE ACELERACIONES

ACELERACION EN LA BASE = 0.4g =  $\beta = 5\%$

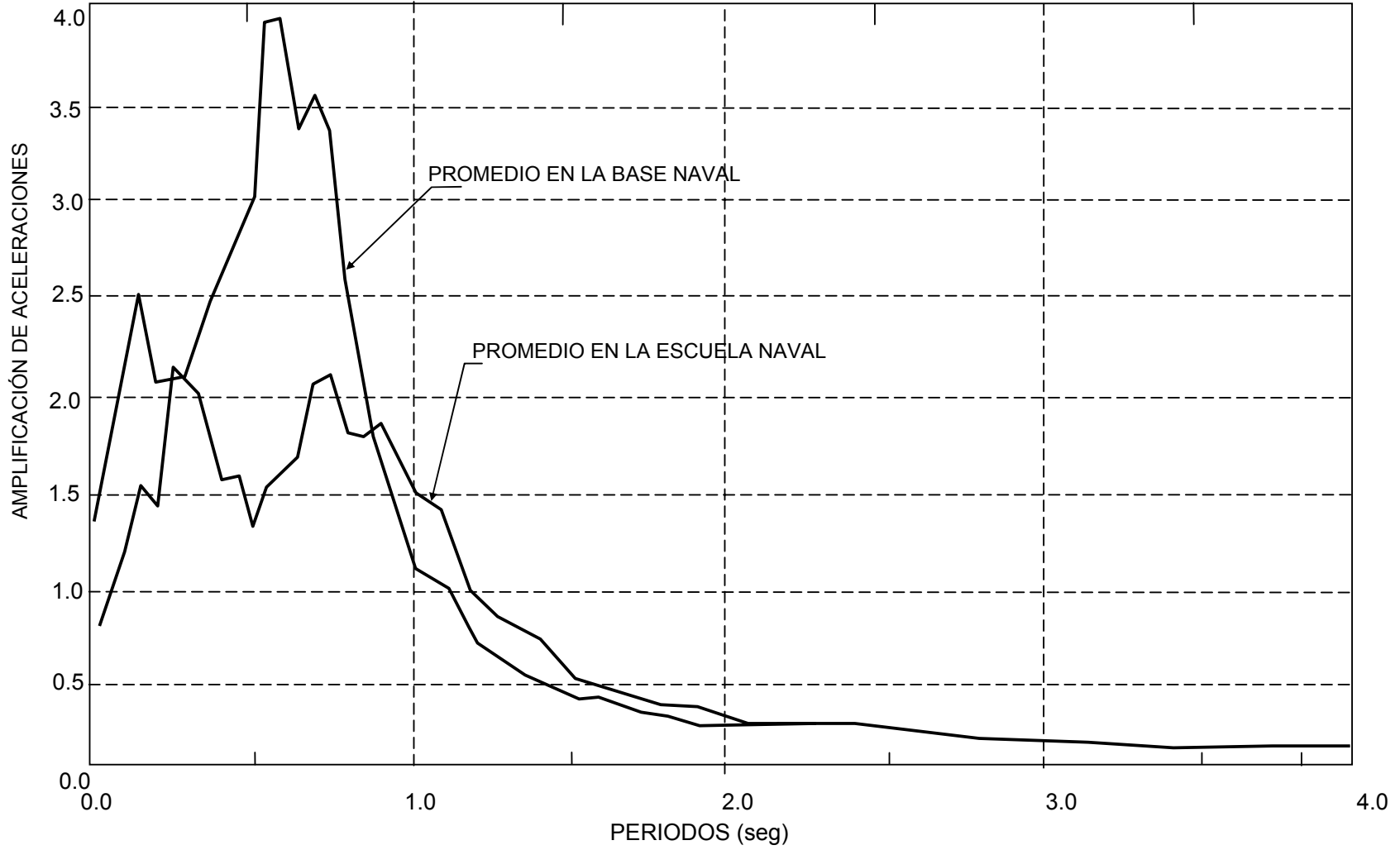


Fig. 5.- Espectros de Respuesta para La Punta y El Callao Huamán, (1991)