

# RESUMEN DEL ESTUDIO Y RECOMENDACIONES AL GOBIERNO PERUANO

## R E S U M E N

En 1973 se inició en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) de Lima, Perú, un estudio para determinar la vulnerabilidad de Lima Metropolitana frente a sismos destructivos, a fin de tomar medidas preventivas para proteger a sus cerca de 5 millones de habitantes y minimizar el impacto sobre la economía del área.

La presente investigación, auspiciada por UNDRO (United Nations Disaster Relief Office), es la continuación del estudio anterior, profundizándose en uno de los problemas más críticos encontrados por éste. Consiste en estudiar la acción destructiva de los Tsunamis o Maremotos y determinar qué medidas preventivas pueden tomarse en las costas bajas de Lima Metropolitana, unos 100 kms. con el Callao como punto focal. Este puerto, el más importante del Perú, que en el siglo XVIII tenía cerca de 5,000 habitantes, fue completamente destruido por el terremoto y tsunami de 1746, oportunidad en que lograron salvarse sólo 200 personas.

En este estudio se trató de determinar: que causaría un tsunami en Lima, el tiempo mínimo de llegada de la primera ola a la costa, la altura máxima de ola, su dirección de ataque, las áreas inundables, rutas de escape y áreas de refugio para cada localidad habitada entre Ancón y Pucusana. Asimismo, establecer recomendaciones para la mejor concepción de edificaciones y obras portuarias, e influir en el planeamiento físico de los asentamientos humanos, para que a mediano plazo el área en estudio sea un lugar más seguro donde vivir. En suma, todo lo que atañe a la protección de la población actual y futura, y la de sus propiedades.

Algunos resultados del estudio para la costa de Lima Metropolitana pueden concretarse en lo siguiente:

- El tsunami más desfavorable para Lima Metropolitana lo generará un sismo en el mar, frente a la costa estudiada, y cuya intensidad en la costa iguale o supere al grado VIII de la Escala Sísmica de Mercalli Modificada.
- La primera ola llegará a la costa 20 a 30 minutos después de ocurrido el sismo generador. Este tiempo es crítico para planificar la evacuación de la población amenazada.
- La altura máxima de las olas al llegar a las costas será: 7 metros para el Callao y Pucusana, y 4 metros para Ancón. Para el resto de las localidades estudiadas, las alturas están comprendidas entre éstos límites.
- Para cada localidad habitada entre Ancón y Pucusana, se han determinado las zonas inundables y las zonas seguras que pueden ser utilizadas como refugios, así como las rutas de evacuación que conducen desde las primeras hacia las segundas.

La preservación de la vida humana sólo será posible si las poblaciones de las zonas amenazadas por tsunamis están conscientes de la amenaza y conocen las medidas elegidas para su protección. El estudio aporta un conjunto de recomendaciones al actual Sistema de Alerta contra Tsunamis (que enlaza al Sistema Nacional de Defensa Civil, la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra y el Instituto Geofísico del Perú con el Sistema Internacional de Alerta de Tsunamis con sede en Hawaii) que lo hacen rápidamente operativo cuando ocurre un sismo, a nivel regional, distrital y local.

- Al delimitar las zonas inundables, los problemas más críticos se concentran en La Punta y Callao. En La Punta, por el corto tiempo disponible que no permite evacuar a toda la población. En el Callao, por el precario estado de las edificaciones de adobe de su zona antigua, que ocupa una extensa área dentro de la zona inundable, temiéndose que el derrumbe de ellas atrape a numerosas personas, imposibilitando su rescate.
- Desde el punto de vista de la planificación urbana, se ha llegado a la conclusión que, si se construye sobre los 6 metros s.n.m. o alejado más de 0.5 kms. de la línea de costa, el riesgo de daños por tsunami será mínimo.

#### RECOMENDACIONES AL GOBIERNO PERUANO

- Formar de inmediato los Comités Distritales de Defensa Civil en cada una de las localidades ubicadas a la orilla del mar entre Ancón y Pucusana. La función de estos comités será programar y ensayar la evacuación desde las zonas inundables hacia las zonas de refugio, para lo cual se les proporcionará información detallada de este estudio, así como mapas de sus respectivas jurisdicciones en los que se detallen las zonas mencionadas y las rutas de escape. También, los comités difundirán las medidas de prevención entre la población.
- Por presentar La Punta y Callao problemas especiales, los Comités Distritales deberán ser permanentemente asesorados por un Comité Técnico multidisciplinario, el cual deberá profundizar el estudio realizado con la finalidad de hacer menos vulnerable a los lugares mencionados, y al menor costo posible.

Por otro lado, este estudio ha fijado como refugio de emergencia algunos edificios ubicados en La Punta y Callao, y como refugio temporal al complejo ubicado en la Avenida Guardia Chalaca y conformado por el parque zonal Yahuar Huaca, el Colegio General Prado (reparado y reforzado después del sismo de 1974) y el Policlínico del Instituto Peruano de Seguridad Social (de diseño sismorresistente). Se hará necesario coordinar con los propietarios de tales inmuebles para que puedan ser usados como refugios, e implementar el parque zonal para que pueda albergar, con un mínimo de facilidades, a unas 3,000 personas. Por ejemplo, un servicio de agua potable independiente del servicio público que puede quedar interrumpido por el sismo, es esencial.

- En coordinación con el Instituto Nacional de Desarrollo Urbano (INADUR) del Sector Vivienda, prohibir la construcción de edificaciones no indispensables para uso marino en las costas bajas de Lima Metropolitana, por debajo de los 6 metros s.n.m. ó a menos de 0.5 kms. de la línea de playa. En especial, los futuros asentamientos humanos deben seguir esta recomendación.

## AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su profundo agradecimiento a UNDRO (United Nations Disaster Relief Office - Oficina de Naciones Unidas para la Atención de Desastres) con sede en Ginebra, Suiza, por auspiciar el presente estudio. A sus funcionarios Drs. John Tomblin, Jean Paul Chardin y Vito Karnik por su apoyo para que esta investigación logre el auspicio de la entidad mencionada y por sus valiosas sugerencias a lo largo de su desarrollo.

Su reconocimiento a JICA (Japan International Cooperation Agency - Agencia de Cooperación Internacional del Japón) por invitarlo a participar en el Simposio Internacional de Tsunamis 1981 realizado en Sendai, Ofunato y Kamaishi, en especial a su representante Residente en el Perú, Sr. Takehisa Hirabashi. Muy reconocido a los Dres. T. Iwasaki y N. Shuto, profesores de la Universidad de Tokohu por sus excelentes explicaciones durante la visita técnica a las obras de defensa contra tsunamis en la región de Sanriku.

A los Dres. I. Tanashashi y M. Watabe del Instituto de Investigación de la Vivienda, los Dres. Kubo y T. Iwasaki del Instituto de Investigación de Obras Públicas, ubicado en Tsukuba y pertenecientes al Ministerio de Construcción del Japón, y a los Dres. Y. Hisada, H. Tsuchida y T. Noda del Instituto de Investigación de Puertos y Bahías ubicado en Kurihama, Japón, por las interesantes discusiones y visitas a laboratorios, que mejoraron notablemente el estudio.

Es una buena ocasión para agradecer al Dr. T.S. Murty del Instituto de Ciencias Oceanográficas del Canadá, quien por muchos años ha enviado al autor los ilustrativos boletines sobre Tsunamis publicadas por el mencionado Instituto.

Agradece haberle proporcionado bibliografía sobre Tsunamis a las siguientes personas:

Prof. I. Aida de la Universidad de Tokio, Prof. H. Togashi de la Universidad de Nagasaki.

Prof. H. Kanamori del Instituto Tecnológico de California, Dr. G. Pararas-Carayannis del Centro de Información sobre Tsunamis con sede en Honolulu-Hawai, Dr. Paul Krumpke de la Oficina para Asistencia de Desastres en el Exterior del Gobierno de Estados Unidos de Norteamérica.

Su reconocimiento a las autoridades y compañeros de labores de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), en especial al Ing. Julio Pacheco, Jefe del Dpto. de Estructuras y Construcción, por su constante aliento y apoyo.

A los funcionarios de la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, en especial a su Director Contralmirante A.P. Jorge del Aguilar y al Comandante A.P. Cesar Vargas Poucheaux, por sus constructivas discusiones y por proporcionarle información batimétrica del mar limeño.

A los funcionarios de la Secretaria Ejecutiva del Comité Nacional de Defensa Civil y del Instituto Geofísico del Perú por su constante-apoyo.

Finalmente a sus ex-alumnos Alberto Delgado, Celia García y Marcial Lagos por sus arduas labores de trabajo dedicado al desarrollo de sus Tesis para optar el grado de Ingenieros Civiles en la UNI, con quienes el autor desarrolló gran parte de esta investigación.

## PROLOGO

Durante el terremoto de Ancash (Perú) de 1970, que dejó cerca de 65,000 víctimas, ocurrieron dos hechos cuyas enseñanzas no deben olvidarse nunca en países amenazados por catástrofes naturales. He aquí los relatos. Huaraz es una hermosa ciudad enclavada en el Callejón de Huaylas, la "Suiza Peruana". La parte central del poblado era conocida por sus altas casas de adobe de dos y tres pisos, sus angostas calles y espaciosos huertos. Iniciado el sismo, al grito de "¡terremoto!" los huaracinos se precipitaron aterrados a las calles, donde 10,000 perecieron aplastados por el derrumbe de los altos y pesados muros de adobe, pues muy pocos pobladores se habían percatado que la salvación estaba a pocos pasos detrás de sus casas, en sus propios huertos, donde los cercos medían sólo dos y medio metros de altura.

En el mismo instante, en Yungay, unos 40 kms. al Norte de Huaraz, un buen amigo, el Ing. Mateo Casaverde, entonces Director Técnico del Instituto Geofísico del Perú, servía de guía al geofísico francés Gerard Patzolt. Minutos antes, mientras Casaverde tomaba fotos del nevado Huascarán (6,768 m.), había observado a través del teleobjetivo de su cámara profundas grietas en la masa de nieve de la montaña. Preocupado, pensaba que en cualquier momento esa masa podría desprenderse, como ocurrió en 1962 cuando el vecino poblado de Ranrahirca fue sepultado con todos sus habitantes. Al concluir las vibraciones del sismo se escucharon sordos ruidos de baja frecuencia, e instintivamente Casaverde volvió la vista hacia el Huascarán, a cuyo pie una inmensa polvareda se levantaba, y dijo: "Gerard, se ha desprendido parte del Huascarán, ¡corramos al comentario!". Instantes después que treparon en su refugio, una rugiente masa de piedras, nieve y lodo llegó a los pies de la redonda colina donde se levanta el camposanto. En los escasos minutos que disponían, menos de cuatro, gracias a sus conocimientos, los dos geofísicos hicieron lo correcto, la única alternativa que les permitió ganarle la carrera a la muerte. Quince mil yungaínos no fueron tan afortunados, y lo que fue la ciudad es hoy un inmenso comentario, sepultado bajo cuatro a cinco metros de aluvión.

Estos dramáticos acontecimientos prueban la necesidad de educar a toda población que alguna vez deba enfrentar una catástrofe natural. Por otro lado, conoce el autor que los informes de corte técnico en que devienen gran parte de los estudios que sobre catástrofes se realizan, son leídos por pocos y entendidos por menos. La rigidez de su forma y la abundancia de conceptos contribuyen a enfriar el entusiasmo del lector y despertar su indiferencia, cuando no su recelo.

Las catástrofes naturales son, salvo excepciones, intempestivas. Su manifestación es violenta tanto por la forma en que atacan como por la brevedad del ataque. Entonces, la educación del poblador debe ajustarse a estos moldes. Su conocimiento del problema debe estar fundamentado en el riesgo de desastre de la zona que habita; sus probables orígenes o causas, y los efectos que produce. Lo primero le permite estar alerta. Lo último le otorga un criterio amplio para aprovechar cualquier alternativa que le permita eludir el peligro y salvar su vida.

Por ello, uno de los propósitos de este trabajo es presentar los

conocimientos esenciales sobre Tsunamis o Maremotos; qué son, el por qué y dónde se originan; los efectos que producen en las poblaciones y las medidas de protección que pueden adoptarse. Se incluyen ejemplos específicos para las poblaciones ribereñas de la costa central del Perú, comprendidas entre Ancón y Pucusana, con el Callao como punto focal, los que pueden servir de modelo para preparar programas de prevención para otras comunidades.

El urbanista encontrará aquí información útil para planificar asentamientos humanos en costas bajas; y el Ingeniero conceptos y ejemplos para diseñar y construir estructuras más seguras ante el ataque de tsunamis.

# TABLA DE CONTENIDO

Pág.

RESUMEN DEL ESTUDIO Y RECOMENDACIONES AL GOBIERNO PERUANO.	
AGRADECIMIENTO	
PROLOGO	
<b>CAPITULO I: "INTRODUCCION"</b>	<b>1</b>
Antecedentes	1
Objetivos del Estudio	1
Presentación del Estudio	2
<b>CAPITULO II: "METODOLOGIA PARA EL ESTUDIO DE TSUNAMIS"</b>	<b>4</b>
Los Tsunamis	4
Origen de los Tsunamis que afectan al Perú	5
Tipos de Tsunami por su origen:	7
- De origen local	7
- De origen cercano	8
- De origen lejano o transoceánico	8
Características del Tsunami:	8
- Período	9
- Altura de onda	9
- Longitud de onda	9
- Velocidad de propagación	9
Propagación del Tsunami	10
Estimación del tiempo de llegada a la costa de un tsunami de origen cercano.	10
Energía del Tsunami	11
Altura de ola en la costa y Run-up	12
Magnitud del tsunami	13
Factores que afectan la magnitud	14
Criterios para estimar la altura de ola en la costa.	15
Influencia de las mareas en la altura de la ola	17
Delimitación de las zonas inundables	18
Importancia de la historia en el estudio de Tsunamis.	20
<b>CAPITULO III: "POSIBLES EFECTOS DE TSUNAMIS EN LAS COSTAS DE LIMA METROPOLITANA".</b>	<b>23</b>
La Costa en Estudio	23
La zona de generación de los tsunamis y características de la generación.	24

Aplicación del método de refracción en la estimación del tiempo de llegada de la primera ola a la costa.	25
- El tsunami del 17 de Octubre de 1966	26
- El tsunami del 3 de Octubre de 1974	26
Gráfico para estimar el mínimo tiempo de llegada de la primera ola a cualquier punto de la costa limeña.	29
Altura de ola en la costa limeña	31
La Alarma	34
Duración de la Alarma	35
<b>CAPITULO IV: "PROTECCION DE LA POBLACION"</b>	36
Alerta y Alarma, evacuación y refugio	36
Sistema de alerta y alarma contra tsunamis	37
Medidas generales de precaución contra tsunamis destinadas a la población de Lima Metropolitana.	40
Evacuación de Pucusana	41
Evacuación de Santa María	43
Evacuación de San Bartolo	44
Evacuación de Punta Negra	46
Evacuación de Punta Hermosa	46
Evacuación de Chorrillos-Villa	48
Evacuación de La Punta-Callao	51
Evacuación de la costa al norte del Callao (Bocana del río Rímac - La Pampilla).	58
Evacuación de Ancón	59
Nota	61
<b>CAPITULO V: "PROTECCION DE LAS OBRAS CIVILES"</b>	62
Daños causados por tsunamis en las costas	62
Recomendaciones para Edificaciones	62
Recomendaciones para Obras Portuarias	63
Obras de protección contra Tsunamis en Japón.	63
<b>CAPITULO VI: "PLANIFICACION FISICA CONTRA DESASTRES NATURALES"</b>	70
Planificación física contra tsunamis de las costas de Lima Metropolitana.	70
Implicancias del estudio en el Planeamiento Regional.	72
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	73

ANEXO I: "HISTORIA DE VEINTIUN TSUNAMIS OCURRIDOS EN LIMA ENTRE 1586 Y 1974".

77

ANEXO II: "LA ALTURA DE OLA Y EL TIEMPO DE LLEGADA SEGUN EL ESTUDIO DE HEBENSTREIT Y WHITAKER".

89