

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**ACTUALIZACION DEL PLAN DE EVACUACION  
ANTE TSUNAMIS EN LAS COSTAS DEL  
CALLAO Y EVALUACION POST-DESASTRE**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de  
INGENIERO CIVIL**

**ROLANDO ROQUE TORRES MARQUEZ  
CLAUDIO RENATTO TREFOGLI ZULOAGA**

**LIMA - PERU**

**1996**

# ***SUMARIO***

*La realización de la presente Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, titulada "Actualización del Plan de Evacuación ante tsunamis en las costas del Callao y evaluación post-desastre", ha sido auspiciada por la Municipalidad Provincial del Callao y contó con el apoyo técnico del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), a través del Departamento de Planeamiento y Mitigación de Desastres (DPMD), instituto de investigación de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería.*

*El Callao está ubicado en la Costa Central del Perú. Territorialmente, abarca una extensión superficial de 147.85 Km<sup>2</sup> distribuidos políticamente en seis distritos: Callao (Cercado), Bellavista, La Punta, La Perla, Carmen de la Legua-Reynoso y Ventanilla, además de una agrupación de islas donde destacan la Isla San Lorenzo y El Frontón. De acuerdo al último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI en 1993, la población total del Callao es de 639 729 habitantes. El Callao recibió el título de Provincia Constitucional con rango de Departamento el 22 de Abril de 1857.*

*Uno de los fenómenos poco frecuentes en las costas del Callao son los tsunamis; sin embargo, cuando han ocurrido, han causado muchas víctimas y grandes daños, por lo que es muy importante estudiar estos fenómenos y elaborar planes de emergencia acordes con la realidad local, tomando todas las providencias del caso para que en el momento que se produzca el desastre, estar preparados y así las pérdidas, tanto humanas como materiales, sean las menores posibles.*

*Respecto a los tsunamis, las informaciones históricas nos indican que durante el transcurso de cuatro siglos se produjeron 49*

*tsunamis en la costa occidental de América del Sur, de los cuales 21 afectaron al Callao. De estos 21 producidos, algunos fueron de origen lejano y aunque invadieron parte de La Punta, no causaron mayores daños ni víctimas. Pero los dos tsunamis más devastadores fueron generados por terremotos con epicentro en el mar, frente a la costa central del Perú donde se ubica el Callao, el 20 de Octubre de 1687 y el 28 de Octubre de 1746.*

*El primero de los mencionados tsunamis, ocasionó graves daños en Lima, Callao y otros puertos vecinos, donde el mar se retiró y regresó violentamente destruyendo edificios e instalaciones, ocasionando la muerte de 300 personas y haciendo encallar dos embarcaciones. Fue un sismo cuya intensidad fue de grado XI en la escala de Mercalli Modificada.*

*Sin lugar a dudas, el tsunami que alcanza mayor significancia en la historia del Callao fue el del 28 de Octubre de 1746, donde un sismo tsunamigénico de magnitud 8.4 en la escala de Richter destruyó Lima e hizo desaparecer al Callao. Este tsunami fue ocasionado por un fuerte sismo que ocurrió a las 22:30 horas con epicentro cercano a nuestra costa. En el Callao, el sismo se sintió con intensidad IX en la escala M.M. Según los registros históricos, de los 4900 habitantes que tenía el Callao, apenas 200 chalacos quedaron con vida; se estima que el mar penetró 1 Km desde la orilla. En otros puertos de la costa también hubo destrucción, especialmente en Chancay y Huacho.*

*Es por ello que uno de los objetivos principales de la presente Tesis es actualizar el plan de evacuación ante tsunamis en el Callao, y para esto, se han tomado en cuenta las investigaciones realizadas en dicha localidad, las que han determinado que un sismo de foco submarino poco profundo (profundidad focal menor que 50 Km), de magnitud mayor a 6.4 en la escala de Richter y que origine un desplazamiento vertical del fondo marino, ocasionaría un tsunami cuya primera ola llegaría a la costa en un intervalo de 20 a 30 minutos después de producido el sismo; la población que se encuentra en la zona inundable dispondría de este tiempo para la evacuación del área, que ha sido delimitada considerando que la altura de ola de un tsunami podría alcanzar entre 6 y 7 metros sobre el nivel del mar.*

*Según lo anterior, el área de inundación comprende, para fines del presente estudio, todo el distrito de La Punta y parte del Cercado del Callao, siendo su límite por el Este, la cota topográfica +7.00 metros; por el Norte, para este estudio, el Río Rímac; y por el Sur y Oeste, el Océano Pacífico. La pendiente topográfica del área inundable es más o menos homogénea, el terreno asciende en términos generales a la cota +2.00 metros en La Punta y continúa subiendo suavemente sin sufrir grandes variaciones hasta la altura del Mercado Central del Callao, a partir de donde la pendiente se acentúa de Oeste a Este.*

*Dentro de la formulación del Plan de Seguridad para la mitigación de desastres, el objetivo esencial es el de garantizar la seguridad de la población, orientando las políticas y acciones del plan general de desarrollo por medio de criterios que tengan en cuenta el factor seguridad. Es bueno señalar, que para mitigar los efectos destructivos que trae consigo el tsunami, se debe prever las condiciones pre-desastre y post-desastre. En base a una previa evaluación de las condiciones existentes, teniendo en cuenta el factor seguridad, se proponen acciones de política multisectorial, dentro de los cuales destacan los siguientes sectores: industria, pesca, hidrocarburos, comercio, turismo, comunicaciones, educación, salud, vivienda, transporte, servicios básicos y recreación.*

*Para efectuar un diagnóstico más preciso de la realidad local, el área inundable delimitada ha sido dividida en 10 sub-zonas de características homogéneas, y en cada una de estas sub-zonas se han establecido las acciones que deben ejecutarse durante la evacuación en caso de alarma de tsunami; hay algunas sub-zonas en las cuales la evacuación sería más difícil y peligrosa que en otras, ya sea por su ubicación con respecto al mar, por la antigüedad y estado de conservación de las edificaciones o por la presencia de instalaciones que a consecuencia del sismo tsunamigénico podrían ocasionar grandes incendios y explosiones.*

*En el plan de evacuación se han señalado como refugios de emergencia algunos inmuebles ubicados en el área inundable, los cuales por sus características permitirían albergar a aquellas personas que no pudieran abandonar a tiempo la zona crítica; dichos*

*refugios son edificaciones sismorresistentes de 4 o más pisos, que han sido diseñadas para soportar el embate de las olas del tsunami. Entre los principales podemos mencionar a los edificios Lercari, Brescia, Caprice y Ubilluz, ubicados en La Punta, el edificio SUNAD, el Fuerte Real Felipe, el edificio del Banco República ubicado en la primera cuadra de la Av. Sáenz Peña, y el edificio El Faro situado en la séptima cuadra de la Av. Dos de Mayo.*

*Asímismo, se han señalado las vías de evacuación principales y secundarias, que serán las que permitirán a la población abandonar rápidamente la zona inundable. Las vías principales de evacuación consideradas son las avenidas Grau, Progreso, Buenos Aires, Bolognesi, Sáenz Peña, Guardia Chalaca, Argentina y Contralmirante Mora, así como algunas vías ubicadas en zonas no inundables, como las avenidas Néstor Gambetta, Palacios, Morales Duárez y La Alameda, para la evacuación de la zona con riesgo de conflagración, y la avenida José Gálvez para evacuar a los pobladores de la sub-zona 04. Para la población damnificada se han seleccionado algunos refugios temporales, ubicados fuera del área inundable, en los cuales permanecerán varios días o semanas; estos refugios propuestos que brindarían albergue temporal son el Complejo Yahuar Huaca (Parque Zonal Yahuar Huaca, Colegio General Prado, Policlínico del IPSS y Hospital San Juan de Dios), el Colegio San Antonio de Varones, el Colegio San José Maristas y la Universidad del Callao.*

*Para un eficaz funcionamiento del refugio temporal, se deberán organizar las labores de cooperación de las personas que lo ocupan. La colaboración que preste cada uno de los refugiados estará en función de su nivel educativo, de su actividad y sobretodo, de su estado psicológico. Esta organización dentro del refugio temporal se concretará en cuatro grandes áreas: administración, residencia, salud y servicios.*

*Es de suma importancia, saber determinar la metodología y las enseñanzas de ensayos previos de evacuación, los mismos que deben ser dirigidos por el Jefe de Defensa Civil en la respectiva localidad. En nuestro caso, estaría ocurriendo algo atípico, ya que el Callao es una Provincia Constitucional con título de Departamento y por lo*

*tanto, la responsabilidad recaería en el Prefecto y el Alcalde Provincial, quienes deberían trabajar en forma coordinada. Estos simulacros de evacuación son imprescindibles para llevar a la práctica el plan formulado, y corregir algunos problemas que pueden presentarse durante la evacuación de la población hacia las zonas de seguridad.*

*Como ya se ha señalado, la primera señal de alarma que nos indica que puede producirse un tsunami, la constituye la ocurrencia de un sismo de intensidad VIII-IX de M.M., y es cuando la población ubicada en el área inundable debe evacuar a las zonas de seguridad. Según estimaciones en base a informaciones históricas, se prevee en tsunamis de origen cercano, un número de 10 a 15 olas altas, por lo que la permanencia en los refugios de emergencia será de 10 horas como mínimo.*

*Durante la evacuación del área inundable debe realizarse una serie de acciones, las que dependerán del sector en que se encuentre la población en el momento en que se dé la alarma de tsunami. En el presente trabajo, tomaremos el caso más desfavorable, es decir, consideraremos que ocurrirá un sismo tsunamigénico en un día **laborable**; así también, se detallan los pasos que deben seguirse durante el proceso de evacuación en cada una de las 10 sub-zonas en las que ha sido dividida el área de inundación.*

*Teniendo en cuenta la importancia de una evaluación para el planeamiento de la ciudad del Callao, después de ocurrido el desastre, la presente Tesis plantea un escenario ante la ocurrencia de un sismo tsunamigénico en la zona de estudio, evaluándose los daños que se producirían y estimándose las pérdidas económicas tanto en el área portuaria (Terminal Marítimo del Callao), en el área residencial (viviendas), así como en otras instalaciones ubicadas en la zona inundable; se señala además, la influencia que tendrían las pérdidas debido a tsunamis en el desarrollo económico del Callao y el impacto negativo de dichas pérdidas en la economía nacional, en especial aquellas producidas en el puerto del Callao, el más importante del Perú.*

*En lo que respecta a la evaluación de daños, podemos determinar los tipos de daños ocasionados por sismos tsunamigénicos en las costas del Callao; éstos pueden ser causados por el frente del tsunami, por inundación, por conflagración, por socavación, por contaminación e impacto ambiental. La evaluación de daños causados por un tsunami debe ser planeada y controlada cuidadosamente. La metodología a llevarse a cabo se debe planificar con gran detalle. El proceso de evaluación se realiza siempre en forma típica:*

- Reconocer la información necesaria y las fuentes verídicas.*
- Reunir o recopilar los datos necesarios.*
- Analizar e interpretar todos los datos.*
- Presentar un informe con conclusiones, propuestas y alternativas.*

*Los daños producidos por un sismo tsunamigénico que podemos enumerar son, en primer lugar, el número de **víctimas**, que será registrado en cuadros estadísticos claramente elaborados; daños a **edificaciones**, que tomando como ejemplo las enseñanzas de terremotos de gran magnitud en el mundo, una eficaz metodología para la evaluación de daños post-desastre en el Callao se elaboraría clasificando a las edificaciones en función de los daños sufridos, de la siguiente manera: sin daño, con daños leves o menores, con daños moderados, con daños severos y colapso; daños a **obras de ingeniería**, específicamente en instalaciones portuarias que en su mayoría corresponden al Terminal Marítimo y otras instalaciones pertenecientes a la Marina de Guerra del Perú; daños sobre **infraestructura básica**, especialmente en líneas vitales de servicios como energía eléctrica, agua potable, alcantarillado y sistemas de comunicaciones.*

*Debemos anotar además los daños a causa de **conflagración** que corresponden a incendios sin control con o sin explosión, ocasionando un sinnúmero de daños y quemando grandes extensiones de la ciudad durante días. Los fenómenos afines a la conflagración son las explosiones de vapores en expansión y líquidos en ebullición o comúnmente llamados BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explotions), así también como la ebullición desbordante o Boil Over.*

*Estos fenómenos se determinan en la presente Tesis tomando en cuenta sus características, daños que ocasionan y el riesgo proyectado en el Callao.*

*Dentro de todo el contexto anterior, para un planeamiento urbano post-desastre y con una visión orientadora, se anotan algunas propuestas para el desarrollo urbano post-desastre, tales como la rehabilitación urbana y reubicación de edificaciones en zonas seguras ante posibles desastres, la rehabilitación de la red vial y de la infraestructura básica (líneas vitales), el descongestionamiento de la zona central del Callao y la elaboración de un proyecto de corredores viales que comuniquen el área inundable del Callao con la ciudad de Lima, con la finalidad de tener una rápida evacuación. El establecimiento de una metodología para la evaluación post-desastre, nos brinda una nueva perspectiva en la cual podremos mejorar los diferentes aspectos damnificados por causa del tsunami, así como también proyectarnos principalmente hacia un desarrollo urbano sin llegar a cometer errores anteriores.*

*Finalmente en el presente trabajo se preparan las bases para la elaboración de una cartilla de prevención ante tsunamis en el Callao, la cual servirá para que la población sepa qué hacer en caso de desastre y para su adiestramiento previo en simulacros de evacuación; dicha cartilla contendrá los pasos a seguir durante la evacuación de la zona inundable, las rutas de evacuación cuyo uso se recomienda, así como la ubicación de las zonas de seguridad.*



# *INDICE GENERAL*

PAG. Nº :

<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>i</b>
---------------------------	----------

## **CAPITULO 1: PRESENTACION DEL ESTUDIO**

1.1 Antecedentes .....	01
1.2 Objetivos del estudio .....	02
1.3 Importancia del estudio .....	02
1.4 Materiales y métodos utilizados .....	03

## **CAPITULO 2: TEORIA SOBRE TSUNAMIS**

2.1 Definición .....	05
2.2 Origen .....	05
2.3 Tipos .....	07
2.4 Características .....	08
2.5 Magnitud .....	12
2.6 Energía .....	13

## **CAPITULO 3: GENERALIDADES DE LA CIUDAD DEL CALLAO**

3.1 Aspectos históricos .....	15
3.2 Localización del estudio.	
3.2.1 Ubicación y extensión de la Provincia Constitucional del Callao .....	22
3.2.2 Ubicación y extensión del estudio .....	24
3.3 Aspectos demográficos y sociales.	
3.3.1 Población por distritos .....	24
3.3.2 Población en zonas inundables .....	28
3.3.3 Niveles socio-económicos .....	29
3.4 Aspectos naturales del litoral.	
3.4.1 Topografía .....	31
3.4.2 Geología, geomorfología y suelos .....	32
3.5 Aspectos oceanográficos.	

3.5.1 Batimetría costera .....	33
3.5.2 Oleaje frente al litoral .....	33
3.5.3 Mareas .....	35
3.5.4 Vientos locales .....	36
3.5.5 Corrientes marinas .....	36
3.6 Climatología .....	37

## **CAPITULO 4: HISTORIA DE LOS TSUNAMIS EN LAS COSTAS DEL CALLAO**

4.1 Aspectos generales .....	38
4.2 Tsunamis que afectaron las costas del Perú y sus efectos en el Callao .....	39

## **CAPITULO 5: CRITERIOS PARA LA EVALUACION DEL RIESGO DE TSUNAMIS**

5.1 Los sismos y los tsunamis.	
5.1.1 Profundidad del hipocentro del sismo .....	45
5.1.2 Tipo de falla .....	46
5.1.3 Magnitud del sismo .....	46
5.2 Area de generación del tsunami.	
5.2.1 Relación entre el eje mayor y eje menor de la elipse de generación (Hotari, 1969) .....	47
5.3 Estimación del tiempo de llegada.	
5.3.1 Metodos gráficos .....	
5.3.1.1 Cálculo del tiempo de llegada de un tsunami de origen lejano .....	48
5.3.1.2 Cálculo del tiempo de llegada de un tsunami de origen cercano .....	50
5.3.2 Registros mareográficos .....	50
5.3.3 Referencias históricas .....	52
5.4 Altura de ola en la costa y Run-Up.	
5.4.1 Factores que modifican la altura del tsunami durante su propagación .....	52
5.4.1.1 Propagación en zonas de aguas profundas	52
5.4.1.2 Propagación en zonas cercanas a la costa	53
5.4.1.3 El tsunami y su comportamiento sobre tierra	53

5.4.2	Métodos para estimar la altura de ola .....	54
5.4.2.1	Fórmulas empíricas .....	54
5.4.2.2	Métodos numéricos .....	55
5.4.2.3	Registros históricos .....	55
5.5	Dirección del tsunami .....	56

## **CAPITULO 6: MITIGACION DE DESASTRES: FORMULACION DEL PLAN DE SEGURIDAD**

6.1	Objetivos del plan de seguridad .....	57
6.2	Acciones de política de seguridad por sectores.	
6.2.1	Sector Industria .....	59
6.2.2	Sector Pesca .....	60
6.2.3	Sector Hidrocarburos .....	60
6.2.4	Sector Comercio .....	60
6.2.5	Sector Turismo .....	61
6.2.6	Sector Comunicaciones .....	61
6.2.7	Sector Educación .....	62
6.2.8	Sector Salud .....	63
6.2.9	Sector Vivienda .....	63
6.2.10	Sector Transporte .....	63
6.2.11	Sector Servicios Básicos .....	64
6.2.12	Sector Recreacional .....	65
6.3	Propuestas para mitigación de desastres.	
6.3.1	Planeamiento urbano del área inundable .....	66
6.3.2	Mejoramiento urbano .....	67
6.3.2.1	Edificaciones .....	67
6.3.2.2	Infraestructura y vías .....	68
6.3.2.3	Areas libres y zonas abiertas .....	69

## **CAPITULO 7: METODOLOGIA PARA LA FORMULACION DE UN PLAN DE EVACUACION EN CASO DE ALERTA DE TSUNAMI**

7.1	Definición .....	70
7.2	Localización y delimitación de la zona crítica .....	70
7.3	Investigación de la realidad de la zona en estudio .....	71
7.4	Análisis y determinación de las vías de evacuación.	

7.4.1	Vías de evacuación o rutas de escape .....	72
7.4.2	Vías de evacuación principales .....	72
7.4.3	Vías de evacuación secundarias .....	73
7.4.4	Análisis de la capacidad de servicio de una vía de evacuación .....	73
7.5	Estudio y determinación de los refugios de emergencia.	
7.5.1	Definición .....	74
7.5.2	Análisis de los edificios que pueden ser usados como refugio de emergencia .....	75
7.6	Planeamiento integral del refugio temporal.	
7.6.1	Definición .....	76
7.6.2	Organización .....	76
7.6.2.1	Administración .....	76
7.6.2.2	Residencia .....	76
7.6.2.3	Salud .....	76
7.6.2.4	Servicios .....	77
7.6.3	Áreas mínimas requeridas .....	77
7.7	Organización de la evacuación .....	77
7.7.1	Posibles características de la zona crítica durante el período de evacuación .....	78
7.7.2	Tareas a ejecutarse durante la evacuación .....	78
7.7.3	Instrucciones que deben seguirse durante la evacuación .....	79

## **CAPITULO 8: ACTUALIZACION DEL PLAN DE EVACUACION DEL CALLAO**

8.1	Localización y delimitación de la zona inundable .....	80
8.2	Investigación de la realidad local .....	80
8.2.1	Sub-zona 01 .....	81
8.2.2	Sub-zona 02 .....	81
8.2.3	Sub-zona 03 .....	82
8.2.4	Sub-zona 04 .....	83
8.2.5	Sub-zona 05 .....	84
8.2.6	Sub-zona 06 .....	84
8.2.7	Sub-zona 07 .....	85
8.2.8	Sub-zona 08 .....	86
8.2.9	Sub-zona 09 .....	86

8.2.10 Sub-zona 10 .....	87
8.3 Análisis y determinación de las vías de evacuación.	
8.3.1 Vías de evacuación principales .....	88
8.3.2 Vías de evacuación secundarias .....	91
8.3.3 Dirección y control de tráfico .....	92
8.4 Análisis y determinación de los refugios de emergencia .....	93
8.4.1 Edificio Lercari .....	94
8.4.2 Instalaciones de la Escuela Naval .....	94
8.4.3 Edificio SUNAD .....	94
8.4.4 Fuerte Real Felipe .....	95
8.4.5 Otros refugios de emergencia .....	95
8.5 Planeamiento y propuesta de habilitación del refugio temporal en el "Complejo Yahuar Huaca" .....	95
8.5.1 Breve descripción del Complejo .....	96
8.5.2 Organización del refugio temporal .....	98
8.5.3 Distribución del espacio .....	98
8.5.4 Servicios básicos .....	99
8.5.5 Capacidad del refugio temporal .....	99
8.6 Ensayos de evacuación: Metodología y enseñanzas.	
8.6.1 Metodología .....	102
8.6.2 Enseñanzas .....	103
8.7 Plan de evacuación del Callao: Acciones a ejecutarse durante la evacuación de la zona inundable.	
8.7.1 Duración de la alarma .....	104
8.7.2 Evacuación de la zona inundable .....	104
8.7.2.1 Evacuación de la sub-zona 01 .....	105
8.7.2.2 Evacuación de la sub-zona 02 .....	105
8.7.2.3 Evacuación de la sub-zona 03 .....	106
8.7.2.4 Evacuación de la sub-zona 04 .....	106
8.7.2.5 Evacuación de la sub-zona 05 .....	107
8.7.2.6 Evacuación de la sub-zona 06 .....	108
8.7.2.7 Evacuación de la sub-zona 07 .....	109
8.7.2.8 Evacuación de la sub-zona 08 .....	109
8.7.2.9 Evacuación de la sub-zona 09 .....	110
8.7.2.10 Evacuación de la sub-zona 10 .....	111

## **CAPITULO 9: ESCENARIO DESPUES DE LA OCURRENCIA DE UN SISMO TSUNAMIGENICO EN EL CALLAO**

9.1 Tipos de daños causados por tsunamis en las costas del Callao .....	
9.1.1 Daños causados por el frente del tsunami .....	112
9.1.2 Daños por inundación .....	113
9.1.3 Daños por conflagración .....	113
9.1.4 Daños por socavación .....	113
9.1.5 Daños por contaminación e impacto ambiental .....	113
9.2 Daños producidos por un sismo tsunamigénico y metodología de evaluación .....	114
9.2.1 Número de víctimas .....	115
9.2.2 Daños a edificaciones .....	116
9.2.3 Daños a obras de ingeniería .....	120
9.2.4 Daños sobre infraestructura básica .....	120
9.2.5 Daños causados por incendios .....	124
9.3 Daños a causa de conflagración .....	
9.3.1 Características de la conflagración por BLEVE .....	125
9.3.2 Daños ocasionados por BLEVE .....	126
9.3.3 Riesgo proyectado de BLEVE en el Callao .....	128
9.3.4 Características de la conflagración por Boil Over ...	130
9.3.5 Daños ocasionados por Boil Over .....	131
9.3.6 Riesgo proyectado de Boil Over en el Callao .....	132

## **CAPITULO 10: ESTIMACION DE PERDIDAS ECONOMICAS DEBIDO A TSUNAMIS E INFLUENCIA DE LAS MISMAS EN EL DESARROLLO ECONOMICO DEL CALLAO**

10.1 Actividad económica y productiva del Callao .....	134
10.2 Pérdidas económicas por tsunamis en el Callao .....	136
10.2.1 Pérdidas económicas en el área portuaria (Terminal Marítimo del Callao) .....	136
10.2.2 Pérdidas económicas en el área residencial .....	142
10.2.3 Pérdidas económicas en otras instalaciones .....	149
10.2.4 Pérdidas económicas totales .....	150

<b>CAPITULO 11: PLANEAMIENTO PARA EL DESARROLLO</b>	
<b>URBANO POST-DESASTRE .....</b>	<b>151</b>
11.1 Propuesta de reubicación de edificaciones y rehabilitación urbana de zonas críticas .....	152
11.2 Propuesta de rehabilitación de la red vial teniendo en cuenta prioridades .....	154
11.2.1 Propuesta de rehabilitación de la Avenida Costanera .....	155
11.2.2 Propuesta de descongestionamiento del Callao Central .....	155
11.2.3 Propuesta de corredores viales .....	156
11.2.4 Propuestas contempladas en el Plan Urbano Director del Concejo Provincial del Callao .....	156
11.3 Propuesta de rehabilitación de la infraestructura básica .....	157
11.4 Propuesta de habilitación de nuevos refugios temporales para mitigar futuros desastres .....	158
11.5 Propuesta complementaria para el desarrollo urbano del Callao .....	160
<b>CAPITULO 12: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>163</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>168</b>

## **ANEXOS**

- Fotografías
- Proyecto de cartilla de prevención ante tsunamis en el Callao.

## *INDICE DE TABLAS*

	<u>PAG. Nº :</u>
<b>TABLA Nº 2.1:</b> MAGNITUD EL TSUNAMI (SEGUN INAMURA) ...	13
<b>TABLA Nº 3.1:</b> SUPERFICIE DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO .....	22
<b>TABLA Nº 3.2:</b> POBLACION POR DISTRITOS .....	26
<b>TABLA Nº 3.3:</b> DATOS CENSALES DEL CALLAO .....	26
<b>TABLA Nº 3.4:</b> POBLACION TOTAL PROYECTADA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO Y SUS DISTRITOS .....	27
<b>TABLA Nº 3.5:</b> POBLACION EN ZONAS INUNDABLES .....	28
<b>TABLA Nº 3.6:</b> NIVEL DE EDUCACION ALCANZADO (PARA POBLACION DE 5 AÑOS Y MAS) .....	30
<b>TABLA Nº 3.7:</b> CONDICION DE ALFABETISMO (PARA POBLACION DE 5 AÑOS Y MAS) .....	30
<b>TABLA Nº 3.8:</b> CONDICION DE ACTIVIDAD ECONOMICA (PARA POBLACION DE 6 AÑOS Y MAS) .....	31
<b>TABLA Nº 3.9:</b> CARACTERISTICAS DE LAS OLAS FRENTE AL CALLAO .....	35
<b>TABLA Nº 9.1:</b> GRUPO 1. DATOS GENERALES .....	117
<b>TABLA Nº 9.2:</b> GRUPO 2. CARACTERISTICAS ARQUITECTONICAS Y ESTRUCTURALES .....	117
<b>TABLA Nº 9.3:</b> DESCRIPCION DE DAÑOS .....	119
<b>TABLA Nº 9.4:</b> BLEVE EN LA PLANTA DE PETROPERU .....	128
<b>TABLA Nº 9.5:</b> BLEVE EN LA PLANTA DE SOLGAS .....	129
<b>TABLA Nº 9.6:</b> BLEVE EN EL MUELLE Nº 7 DE ENAPU .....	130
<b>TABLA Nº 9.7:</b> BOIL OVER EN LA PLANTA DE PETROPERU .....	133
<b>TABLA Nº 10.1:</b> TERMINAL MARITIMO DEL CALLAO. AREAS DE ALMACENAMIENTO .....	138
<b>TABLA Nº 10.2:</b> PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 01 .....	143



<b>TABLA Nº 10.3:</b>	<b>PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 02 .....</b>	<b>144</b>
<b>TABLA Nº 10.4:</b>	<b>PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 03 .....</b>	<b>144</b>
<b>TABLA Nº 10.5:</b>	<b>PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 04 .....</b>	<b>145</b>
<b>TABLA Nº 10.6:</b>	<b>PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 05 .....</b>	<b>145</b>
<b>TABLA Nº 10.7:</b>	<b>PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 06 .....</b>	<b>146</b>
<b>TABLA Nº 10.8:</b>	<b>PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 07 .....</b>	<b>146</b>
<b>TABLA Nº 10.9:</b>	<b>PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 08 .....</b>	<b>147</b>
<b>TABLA Nº 10.10:</b>	<b>PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 09 .....</b>	<b>147</b>
<b>TABLA Nº 10.11:</b>	<b>PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 10 (PUEBLO JOVEN PUERTO NUEVO Y BARRIO FRIGORIFICO) .....</b>	<b>148</b>
<b>TABLA Nº 10.12:</b>	<b>PERDIDAS ECONOMICAS REALES EN EL AREA RESIDENCIAL .....</b>	<b>149</b>
<b>TABLA Nº 10.13:</b>	<b>PERDIDAS ECONOMICAS EN INSTALACIONES</b>	<b>150</b>

# INDICE DE FIGURAS

	<u>PAG. Nº :</u>
<b>FIGURA Nº 2.1:</b> ALGUNAS CAUSAS DE GENERACION DE TSUNAMIS .....	06
<b>FIGURA Nº 2.2:</b> GRAFICO DE ALTURA DE ONDA Y RUN-UP .....	10
<b>FIGURA Nº 3.1:</b> EVOLUCION DEL PUERTO DEL CALLAO. SU CONFORMACION EN 1746 .....	17
<b>FIGURA Nº 3.2:</b> EVOLUCION DEL PUERTO DEL CALLAO. SU CONFORMACION EN 1826 .....	17
<b>FIGURA Nº 3.3:</b> EVOLUCION DEL PUERTO DEL CALLAO. SU CONFORMACION EN 1876 .....	19
<b>FIGURA Nº 3.4:</b> EVOLUCION DEL PUERTO DEL CALLAO. SU CONFORMACION EN 1917 .....	19
<b>FIGURA Nº 3.5:</b> EVOLUCION DEL PUERTO DEL CALLAO. SU CONFORMACION EN 1934 .....	20
<b>FIGURA Nº 3.6:</b> PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO ...	23
<b>FIGURA Nº 3.7:</b> LEVANTAMIENTO BATIMETRICO DE LAS BAHIAS DEL CALLAO Y MIRAFLORES .....	34
<b>FIGURA Nº 5.1:</b> CARTA DE TIEMPO DE LLEGADA DE UN TSUNAMI DE ORIGEN LEJANO AL PERU .....	49
<b>FIGURA Nº 5.2:</b> DIAGRAMA DE REFRACCION: TSUNAMI DEL 3 DE OCTUBRE DE 1974 .....	51
<b>FIGURA Nº 5.3:</b> MAREOGRAMA: TSUNAMI DEL 3 DE OCTUBRE DE 1974 .....	51
<b>FIGURA Nº 8.1:</b> AV. BUENOS AIRES: VIA DE EVACUACION PRINCIPAL .....	90
<b>FIGURA Nº 8.2:</b> AV. GUARDIA CHALACA: VIA DE EVACUACION PRINCIPAL .....	90
<b>FIGURA Nº 11.1:</b> PARQUE ECOTURISTICO CALLAO SUR .....	162

## ***INDICE DE LAMINAS***

- LAMINA N° 1:** UBICACION DE LA ZONA DE ESTUDIO EN EL PERU Y AMERICA DEL SUR
- LAMINA N° 2:** DISTRIBUCION DE SUB-ZONAS DE LA ZONA INUNDABLE ANTE TSUNAMIS EN EL CALLAO
- LAMINA N° 3:** VIAS DE EVACUACION Y ZONAS DE REFUGIO
- LAMINA N° 4:** UBICACION DE LOS PUNTOS DE CONTROL DE TRAFICO
- LAMINA N° 5:** UBICACION DEL COMPLEJO YAHUAR HUACA Y REFUGIOS TEMPORALES
- LAMINA N° 6:** VIAS DE EVACUACION Y ZONAS DE REFUGIO DE LA SUB-ZONA 01
- LAMINA N° 7:** VIAS DE EVACUACION Y ZONAS DE REFUGIO DE LA SUB-ZONA 02
- LAMINA N° 8:** VIAS DE EVACUACION Y ZONAS DE REFUGIO DE LA SUB-ZONA 03
- LAMINA N° 9:** VIAS DE EVACUACION DE LA SUB-ZONA 04
- LAMINA N° 10:** VIAS DE EVACUACION Y ZONAS DE REFUGIO DE LA SUB-ZONA 05
- LAMINA N° 11:** VIAS DE EVACUACION Y ZONAS DE REFUGIO DE LA SUB-ZONA 06
- LAMINA N° 12:** VIAS DE EVACUACION Y ZONAS DE REFUGIO DE LA SUB-ZONA 07
- LAMINA N° 13:** VIAS DE EVACUACION DE LA SUB-ZONA 08
- LAMINA N° 14:** VIAS DE EVACUACION DE LA SUB-ZONA 09
- LAMINA N° 15:** VIAS DE EVACUACION DE LA SUB-ZONA 10
- LAMINA N° 16:** ZONA DE RIESGO DE CONFLAGRACION EN LA ZONA INUNDABLE ANTE TSUNAMIS EN EL CALLAO
- LAMINA N° 17:** PROPUESTAS DE DESARROLLO URBANO
- LAMINA N° 18:** PROPUESTAS COMPLEMENTARIAS

# *INTRODUCCION*

El planeamiento para la atención de desastres se basa en la investigación que oriente a la población para anticiparse a ellos, mediante una evaluación de los peligros a que está sometida, revisando pasados acontecimientos y efectuando una revisión a los estudios realizados anteriormente en la zona de investigación.

La ocurrencia de tsunamis en las costas del Callao, es la hipótesis supuesta en la presente tesis y forma parte de una serie de estudios que se han desarrollado recientemente a lo largo de la costa peruana.

La ubicación geográfica de la Provincia Constitucional del Callao frente al litoral y su superficie de gran sismicidad, requieren de una seguridad física para el normal desenvolvimiento de las actividades de la población para lo cual es necesario señalar los posibles riesgos de sismos y tsunamis.

Los alcances del presente estudio se traducen en la actualización del plan de evacuación ante tsunamis en el Callao; plantear un escenario después de la ocurrencia de un sismo tsunamigénico en esta ciudad, estableciendo una metodología de evaluación de daños; estimar las pérdidas económicas que se producirían ante la ocurrencia de un tsunami de origen cercano en las costas chalcas; establecer algunas propuestas para el desarrollo urbano post-desastre y además, preparar las bases para la elaboración de una cartilla de prevención ante tsunamis en el Callao.

La importancia del estudio principalmente radica en dos aspectos. En primer lugar, la actualización del plan de evacuación ante tsunamis constituye un arma muy útil para proteger y preparar a la población chalaca ante el posible desastre. El otro aspecto a considerar es el establecimiento de una metodología para la evaluación post-desastre, que nos brinda una nueva perspectiva para orientarnos hacia un desarrollo urbano sin llegar a cometer errores anteriores.

Para la realización del presente estudio, se contó con el permanente apoyo del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), el cual brindó el acceso a su infraestructura de equipamiento y Centro de Cómputo que dispone, así como también, la oportunidad de laborar en su Departamento de Planeamiento y Mitigación de Desastres. El trabajo de campo y las visitas a la zona de estudio fueron llevadas a cabo con el apoyo de la Municipalidad Provincial del Callao, conjuntamente con la Dirección de Defensa Civil de la ciudad. La recopilación de la información necesaria para el estudio se realizó en las bibliotecas e instancias de las instituciones correspondientes, por lo cual es propicio expresar los agradecimientos respectivos.

Cabe destacar, que al término de este trabajo, la satisfacción de los autores es plena, los objetivos trazados en primera instancia fueron cumplidos y los resultados y conclusiones preliminares fueron aceptados con mucho interés por parte de las autoridades de la Provincia Constitucional. Sería recomendable señalar, que la importancia y la validez de este trabajo se vería amplificada con estudios específicos en cada zona en la que ha sido dividida el área estudiada, por lo que se deja abierta la posibilidad de futuros estudios planificados en esta zona del Callao.

# *CAPITULO 1*

## *PRESENTACION DEL ESTUDIO*

### **1.1.- ANTECEDENTES**

El Perú está situado geográficamente en el Círculo de Fuego Circumpacífico, y por lo tanto se halla dentro de la zona de alta sismicidad en el mundo. Estudios previos han determinado que el departamento de Lima tiene una potencialidad sísmica con profundidades mayores a 60 kilómetros, con posibles intensidades de grado VIII en la escala de Mercalli Modificada, cuyo mayor porcentaje de ocurrencias se localiza frente a las costas del Callao.

En el año 1981 se efectuaron varios estudios sobre los probables efectos de los tsunamis en los 100 Kms. de las costas de Lima Metropolitana, comprendidos entre Ancón y Pucusana, teniendo como punto focal el Callao. Se determinaron los tiempos de llegada de la primera ola del tsunami a las costas después de producido el sismo generador. Estos tiempos son muy importantes para la formulación de los planes de evacuación de las localidades costeras, ya que serán los tiempos que dispone la población para evacuar la zona inundable. Los resultados obtenidos de estas investigaciones coincidieron con las informaciones históricas de **1746**, año en que un tsunami hizo desaparecer el puerto del Callao y causó la muerte del 96 % de sus 5 000 habitantes.

Dada la potencialidad de ocurrencia, se ha determinado que un sismo con foco de poca profundidad debajo del fondo marino, de magnitud mayor a **6.4** en la escala de Richter, puede causar un tsunami cuya primera ola llegaría a la costa en un intervalo de **20 a 30 minutos** después de producido el sismo, tiempos considerados como críticos para tsunamis de origen cercano.

El Callao, por su ubicación frente al litoral y área de gran sismicidad, requiere una seguridad física para el desenvolvimiento de las actividades económicas y humanas. La conformación geológica y geomorfológica, así como la acción dinámica del mar, juegan un papel importante en la seguridad física del litoral. Teniendo en cuenta estos factores, es necesario señalar los posibles riesgos de sismos y tsunamis, de tal modo que se plantee un escenario claro para realizar un buen planeamiento para el desarrollo de la ciudad, y para la prevención y mitigación de desastres que la puedan afectar.

## **1.2.- OBJETIVOS DEL ESTUDIO**

El presente estudio tiene como finalidad:

**A)** Actualizar el plan de evacuación ante tsunamis en el Callao, para lo cual se han tomado en cuenta las investigaciones realizadas en dicha localidad.

**B)** Plantear un escenario después de la ocurrencia de un sismo tsunamigénico en el Callao, estableciendo una metodología de evaluación de daños.

**C)** Estimar las pérdidas económicas que se producirían en la zona de estudio ante la ocurrencia de un tsunami de origen cercano en las costas del Callao, señalando la influencia de dichas pérdidas en el desarrollo económico del Callao y su impacto negativo en la economía nacional.

**D)** Establecer algunas propuestas para el desarrollo urbano post-desastre.

**E)** Preparar las bases para la elaboración de una cartilla de prevención ante tsunamis en el Callao, la cual servirá para que la población sepa cómo actuar en caso de desastre, así como también para su adiestramiento previo en simulacros de evacuación.

## **1.3.- IMPORTANCIA DEL ESTUDIO**

La actualización del **plan de evacuación** ante tsunamis en las costas del Callao es de vital importancia, ya que constituye un arma muy útil para proteger a la población chalaca, preparándola ante el posible desastre.

El establecimiento de una metodología para la evaluación post-desastre nos brinda una nueva perspectiva en la cual podremos mejorar los diferentes aspectos damnificados por causa del tsunami, así como también proyectarnos principalmente hacia un desarrollo urbano sin llegar a cometer errores anteriores.

Es necesario realizar las acciones **preventivas** para salvaguardar la vida, la salud y la economía de la población, tomando medidas tendientes a la defensa del litoral así como al aprovechamiento de las áreas adyacentes al mar, mejorando la red vial local que sirva, en condiciones normales y en caso de desastre, para la evacuación de la población hacia zonas seguras.

Para que la población que se encuentra en la zona inundable, esté consciente del peligro a la que está expuesta y sepa qué hacer en caso de desastre, deben realizarse periódicamente campañas educativas, simulacros de evacuación y difundirse el plan de evacuación formulado. Esto es muy importante, ya que gran parte de la población desconoce por completo los efectos negativos que produciría un tsunami y los daños catastróficos que causaría; y otra parte tiene conceptos errados al respecto, lo que lleva frecuentemente a una confusión general cuando se precisa afrontar esta grave situación.

#### **1.4.- MATERIALES Y METODOS UTILIZADOS**

La edición de la presente tesis ha sido realizada utilizando equipos de informática del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería. Este trabajo fue elaborado en el Departamento de Planeamiento y Mitigación de Desastres del CISMID, utilizándose un ordenador Apple modelo Macintosh Quadra 700. Para imprimir el texto se usó una impresora Apple modelo Laser Writer II. Las láminas y figuras a colores se imprimieron en una Canon Color Bubble Jet Printer BJC - 820. La digitalización del Plano Base del Callao se realizó en el Centro de Cómputo del CISMID.

El trabajo en campo ha sido realizado principalmente con permanentes visitas a la zona de estudio en forma integral, para conocer **in situ** la problemática que podría afrontar ante desastres. Ha sido también necesaria varias entrevistas con las autoridades locales, como el Prefecto y el Alcalde del Callao, para el intercambio de opiniones respecto al tema del cual nos ocupamos y las



coordinaciones respectivas para el mejor desenvolvimiento de nuestro trabajo. Para tales fines, se contó con el decidido apoyo de la Dirección de Defensa Civil del Callao presidida por el Alcalde Provincial, el cual brindó todas las facilidades para acceder a las instituciones portuarias.

Uno de los inconvenientes afrontados en este trabajo, fue la insuficiente información catastral de la ciudad, indispensable para establecer oficialmente la estimación de pérdidas económicas en el área residencial. Así también, ciertas informaciones internas de algunas instituciones como ENAPU y la Marina de Guerra del Perú son de carácter reservado y por lo cual las estimaciones realizadas fueron asumidas con criterio, y en muchos casos los pocos datos obtenidos se aproximaron a estimaciones generales. Es indispensable anotar, que estos inconvenientes se pudieron superar con el asesoramiento permanente de los ingenieros Nemesio Canelo A. y Julio Kuroiwa H.

# *CAPITULO 2*

## *TEORIA SOBRE TSUNAMIS*

### **2.1.- DEFINICION**

Los tsunamis son fenómenos marítimos que consisten en trenes de ondas de período largo, que llegan a las costas en intervalos de 10 a 70 minutos. Aunque no son muy frecuentes, cuando se producen dichos fenómenos ocasionan grandes daños y numerosas víctimas. Al acercarse a las costas, la gran energía cinética que transportan se convierte en energía potencial, y las olas pueden alcanzar alturas considerables.

### **2.2.- ORIGEN**

Los tsunamis pueden ser generados por sismos de origen tectónico, por grandes erupciones de islas volcánicas, o por derrumbes submarinos o superficiales.

Los fenómenos que generan un desplazamiento vertical de la masa de agua son principalmente:

**a)** Las alteraciones sísmicas del fondo del mar, es decir, grandes rupturas ocurridas en el fondo oceánico, producidas por un sismo de foco poco profundo (ver Fig. N°2.1).

**b)** Las avalanchas submarinas, que se presentan en las pendientes de las grandes fosas marinas del Pacífico. Por lo general sólo producen efectos locales (ver Fig. N°2.1).

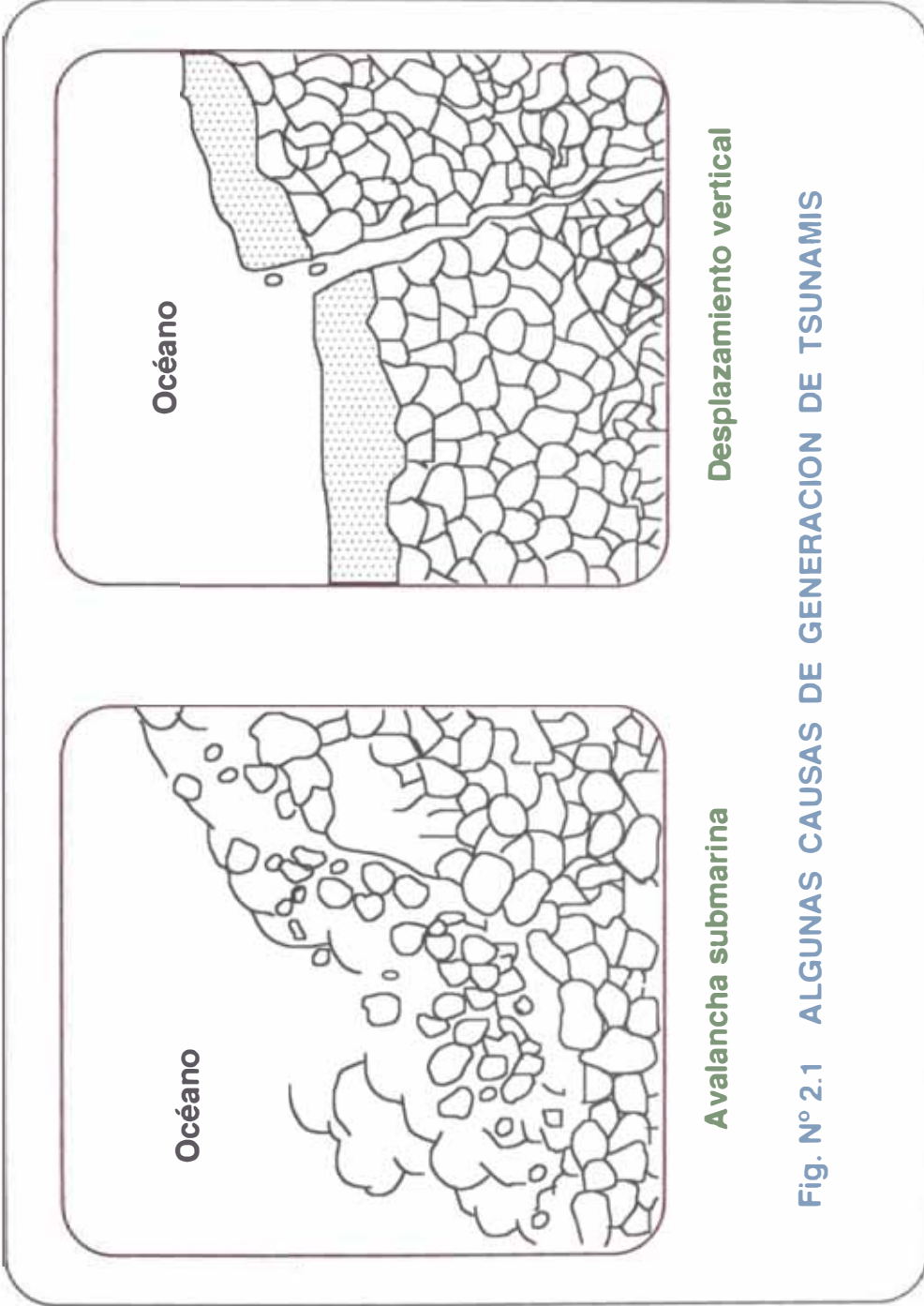


Fig. N° 2.1 ALGUNAS CAUSAS DE GENERACION DE TSUNAMIS

ELABORADO EN EL DPMD - CISMID

c) Las ondas sísmicas de período largo, que acompañan muchas veces a los grandes terremotos. Es probable que la deformación del fondo del mar, al ser cruzado por estas ondas, alcance la amplitud suficiente como para producir grandes desplazamientos en la superficie de agua, particularmente en valles o fosas marinas.

La principal causa que origina los tsunamis es la primera de las señaladas anteriormente; sin embargo, no todos los sismos generan tsunamis, por lo que se ha observado que éstos deben reunir ciertas características para poder generar un tsunami (sismos tsunamigénicos).

Asímismo, existen otros mecanismos generadores menos efectivos, pero muy importantes por los efectos locales que producen; y son las erupciones volcánicas submarinas como la de **Krakatoa** en 1833, el desprendimiento de glaciares y avalanchas desde la línea costera hacia las bahías (Tsunamis de Alaska, Lituya Bay, en 1958) y las explosiones atómicas o nucleares en la superficie del mar (prueba realizada en 1954 por los EE.UU. en el atolón de las islas Bikini, la cual produjo un pequeño tsunami que fue registrado en la costa del Japón).

## 2.3.- TIPOS

Los tsunamis se clasifican en tres grandes grupos, según la distancia desde el punto de generación hasta la costa afectada. Estos son:

a) **Tsunamis de origen local.**- Son los tsunamis que se originan por el deslizamiento de una gran masa de terreno dentro de una bahía, como lo sucedido en Alaska en el año 1964. En el Perú no hay bahías con grandes volúmenes de materiales inestables que puedan deslizarse, por lo que no es probable la ocurrencia de un tsunami de este tipo.

Un sismo con epicentro en el continente, pero cercano a la costa, puede producir un tsunami de origen local, como el tsunami de Lima-Perú en 1940. En estos casos, el ataque es inmediato a la generación.

**b) Tsunamis de origen cercano.**- Son los tsunamis cuya generación ocurre muy cerca a la costa afectada (Chile 1960, Alaska 1964 y Perú 1974). Los tsunamis que han afectado la costa peruana han sido generados, por lo general, por sismos a lo largo de la fosa que se extiende entre el Callao y Valdivia; son los más peligrosos, puesto que el tiempo de llegada a las costas más cercanas es muy corto y los efectos destructivos al llegar a éstas son devastadores

Los tsunamis de este tipo llegan a la costa más cercana entre **20 a 30 minutos** después de ocurrido el sismo, en el tramo frente a Lima. Hacia el sur, al originarse los tsunamis más cerca a la costa, este tiempo es menor.

**c) Tsunamis de origen lejano o trans-oceánicos.**- Son aquellos tsunamis generados a gran distancia, muchas veces al otro lado de los océanos. Dentro de esta clasificación están los generados a lo largo del Círculo Circumpacífico, excluyendo nuestras costas. Por su posición, los más desfavorables provendrían de las islas Samoa o Nueva Zelandia, directamente frente a la costa sudamericana. Para tsunamis de este tipo, el tiempo de viaje hasta nuestras costas depende del lugar de origen, pudiendo transcurrir de **6 a 22 horas** según el tsunami provenga de Chile o de Japón.

Cabe señalar que el tiempo de llegada de la primera ola es vital para la formulación de todo plan de evacuación, puesto que es el tiempo que disponen las personas para abandonar la zona inundable.

## **2.4.- CARACTERISTICAS**

Las características más importantes de los tsunamis, ya que éstos son olas grandes, son expresadas con su período, longitud de onda, altura de onda y velocidad de propagación.

**a) Período.**- El período de un tsunami es el tiempo transcurrido entre el arribo de dos crestas sucesivas a un mismo punto de observación. Desde el punto de vista práctico de protección a la población, el período es el intervalo de ataque de las sucesivas olas que conforman el tsunami.

En la zona de origen del tsunami se generan ondas que se propagan en todas direcciones, con un amplio espectro de períodos. El período se modifica durante la propagación debido a los accidentes del fondo oceánico, y al llegar a la costa es influenciado por las condiciones batimétricas locales.

El período de los tsunamis generados por sismos cercanos a las costas es de 7 a 30 minutos, y entre 30 a 70 minutos para los de origen lejano.

**b) Longitud de Onda.**- Es la distancia comprendida entre dos crestas sucesivas. En los tsunamis, a diferencia de las olas de viento, las longitudes de onda son mayores que la profundidad del océano, lo que ocasiona que el agua se agite uniformemente desde la superficie hasta el fondo (ver Fig. N°2.2).

Una característica de las olas del tsunami es que en altamar su paso es difícilmente percibido, en razón de su gran longitud de onda y pequeña altura de onda, del orden de 1 a 2 metros. Los valores de la longitud de onda del tsunami son grandes; por ejemplo, un tsunami con un período de 20 minutos y que viaja con una velocidad de 200 m/seg. tiene una longitud de onda de 240 Km.

El valor de la longitud de onda se puede obtener de la siguiente expresión:

$$L = v.T$$

en donde:

L = Longitud de onda, en metros

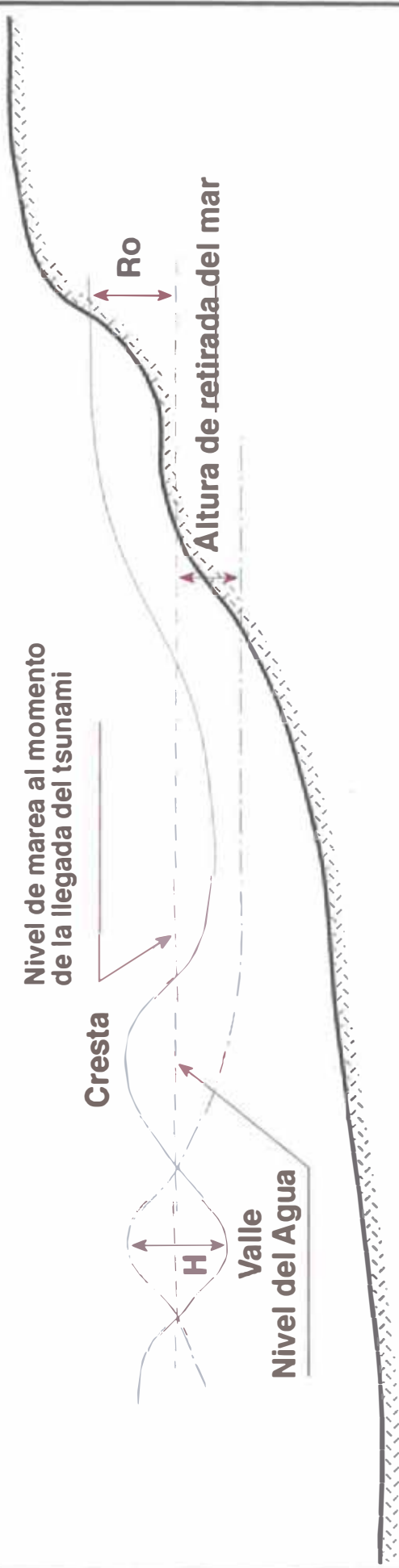
v = Velocidad de propagación, en m/seg

T = Período, en segundos

**c) Altura de Onda.**- La altura de onda del tsunami es la distancia vertical entre el nivel de un valle y la máxima altura de la cresta, mientras el tsunami se dirige a tierra (ver Fig. N°2.2). Al acercarse a la costa, las alturas de onda se incrementan debido a que la profundidad por la que atraviesan es

**Fig. N° 2.2 GRAFICO DE ALTURA DE ONDA Y RUN - UP**

**H = Altura de onda del tsunami**  
**Ro = Elevación alcanzada en tierra por el tsunami (Run-Up)**



ELABORADO EN EL DPMD - CISMID

pequeña. Las mayores alturas de ola al llegar a la costa, han excedido los 30 metros; por ejemplo, los tsunamis en **Sanriku** (Japón) ocurridos en 1896 y 1933, que causaron la muerte de 20,000 y 3,000 personas, respectivamente (UNDHA/Geneva, 1994).

**d) Velocidad.-** Es necesario señalar que los fundamentos de la Teoría de la Hidrodinámica deben ser aplicados en el estudio de la velocidad de propagación del tsunami, en zonas de aguas profundas.

La Teoría de **Cauchy-Poisson-Lamb** es aquella que se empleará para los estudios teóricos de movimientos del fluido, provocados por perturbaciones del fondo del mar (Kuroiwa, 1983). Esta teoría implica hacer una serie de hipótesis, como son:

- El fluido no es viscoso.
- El movimiento es irrotacional.
- La elevación del fondo marino (que provoca el movimiento) es pequeña comparada con la profundidad del agua.
- Los cuadrados de las velocidades de las partículas son despreciables.
- La presión en la superficie es nula.
- La profundidad del agua es constante y el fondo es horizontal.

Obtenemos que la velocidad de propagación del tsunami es igual a:

$$v = (g \cdot h)^{1/2}$$

en donde:

v = Velocidad, en m/seg

g = Aceleración de la gravedad (9.8 m/seg<sup>2</sup>)

h = Profundidad del océano, en metros.

Podemos apreciar de la fórmula anterior que la velocidad de propagación del tsunami, es función sólo de la profundidad del fondo por el cual viaja. Por ejemplo, un tsunami que atraviesa una parte del océano donde la profundidad es de 4000 metros, tendrá una velocidad de 200 m/seg ó de 720 Km/h.



e) **Propagación.-** Cuando el tsunami viaja en un mar de profundidad variable, la dirección de propagación gira gradualmente hacia la zona menos profunda, ya que la velocidad de propagación del tsunami es mayor en un mar profundo que en un mar superficial. Este fenómeno se denomina **Refracción de ondas**, y en su tratamiento se aplica la Ley de Snell de la Óptica.

En base al conocimiento de la forma original del frente de onda y las profundidades, pueden construirse las **curvas de refracción**. Este método se emplea para estudios de áreas relativamente pequeñas, no siendo aplicable a grandes áreas por la curvatura terrestre; en este caso, el viaje se calcula por las **cartas de proyección**.

f) **Run-Up.-** El Run-Up es la altura desde el nivel medio del mar hasta el punto más alto donde llegan las aguas del tsunami en tierra (ver Fig. N°2.2). El valor del Run-Up es distinto al valor de la altura de ola, y está condicionado por una serie de factores, tales como la configuración de la ribera, la batimetría (topografía submarina) cerca a la costa, y las características topográficas del área inundada.

## 2.5.- MAGNITUD

La magnitud de un tsunami está expresada por la altura máxima de ola, y la destrucción que causa en la costa. Cabe destacar que la magnitud del tsunami, y por lo tanto su poder destructivo dependen de varios factores (UNDHA/Geneva, 1994) tales como:

- a) Magnitud del sismo y su profundidad focal.
- b) Área de la corteza terrestre que se disloca en el fondo del mar.
- c) Ruta de propagación del tsunami.
- d) Variación direccional.
- e) Configuración de la bahía.
- f) Topografía de la zona inundada.

Se presenta a continuación la escala propuesta por el profesor **Inamura**, quien la dedujo observando los efectos de tsunamis en las costas japonesas, sobretodo en **Sanriku**, donde debido a la desfavorable combinación de

batimetría y topografía, las olas son excepcionalmente altas. Es por ello que para la costa occidental de Sudamérica la escala es aplicable con reserva, debiéndose tener muy en cuenta las condiciones locales.

**TABLA N°2.1.- MAGNITUD DEL TSUNAMI (SEGUN INAMURA)**  
(UNDHA/Geneva, 1994)

MAGNITUD DEL TSUNAMI (m)	ALTURA MAXIMA DE LA OLA (metros)	DESCRIPCION DE LOS DAÑOS
0	1 a 2	▫ No se producen.
1	2 a 3	▫ Se inundan las casas. Las de madera sufren daño. Botes arrastrados y/o destruidos.
2	4 a 6	▫ Edificaciones de madera, embarcaciones y personas son arrastradas.
3	10 a 20*	▫ Graves daños a lo largo de 400 Km de costa.
4	Más de 30*	▫ Graves daños a lo largo de más de 500 Km de costa.

\*Nota del autor: Estas alturas se alcanzarían si se tienen aguas profundas cerca de la costa, y los vértices de bahías en forma de U, V, W.

## 2.6.- ENERGIA

La energía del tsunami, según los estudios realizados, puede determinarse empleando las siguientes expresiones (Kuroiwa, 1983):

a) Según Kajiura:

$$\text{Log } E_t = 2 M_w + \text{Log } F + 5.5$$

en donde:

- Et = Energía del tsunami, en ergios
- Mw = Magnitud sísmica de Kanamori
- F = Constante que toma en cuenta los parámetros de la falla donde se produce el sismo.  
Puede usarse F= 0.1 como valor máximo.

**b) Según Wilson, Webb y Hendrickson:**

$$Et = 1/8 \cdot r \cdot g \cdot H^2 \cdot L$$

en donde:

- Et = Energía hidrodinámica del tsunami (ergios)
- r = Densidad del agua de mar = 1.0252 gr/cm<sup>3</sup>
- g = Aceleración de la gravedad = 980.7 cm/seg<sup>2</sup>
- H = Altura de la onda (cm)
- L = Longitud de la onda (cm)

Como observamos, la primera expresión está relacionada con el modelo físico empleado para representar el sismo generador; mientras que la segunda expresión, se refiere directamente a las características propias del tsunami.

Para poder emplear el **diagrama de refracción**, es necesario que la propagación del tsunami desde el frente de onda inicial, empiece por canales de igual ancho y por lo tanto de igual energía. Conforme avanza el tsunami, el ancho de los canales varía de acuerdo a la profundidad del agua. En aguas muy profundas, donde pueden despreciarse las pérdidas de fricción con el fondo, y donde la energía se concentra o se dispersa si el ancho disminuye o se incrementa, la longitud de onda tiene un valor muy alto y la altura de onda es muy pequeña. Sin embargo, en aguas poco profundas, cerca de las costas, la longitud de onda disminuye y la altura de onda se incrementa considerablemente. La energía se concentra en el frente de onda y es liberada al llegar a la costa con gran poder destructivo, ocasionando daños catastróficos.

# *CAPITULO 3*

## *GENERALIDADES DE LA CIUDAD DEL CALLAO*

### **3.1.- ASPECTOS HISTORICOS**

Podemos distinguir en la evolución histórica de la Provincia Constitucional del Callao, cinco etapas que manifiestan la trascendencia política, social y económica por la que ha pasado, así como sus repercusiones en el desarrollo local y nacional (Iwamoto, 1992). En las figuras N° 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5 se aprecia la evolución del puerto del Callao a través del tiempo.

#### **PRIMERA ETAPA** (Desde sus inicios hasta el año 1746)

El Callao de los Incas se ubicó en el área geográfica de Chucuito y La Punta, que como núcleo de organización compuesto de población nativa recibió el nombre de **Pitipiti Viejo**, y que fue arrasado por el tsunami de 1746; el Pitipiti Nuevo formado en las cercanías de la desembocadura del Rímac sobrevivió al cataclismo.

El escritor indígena Huamán Poma de Ayala señala, en 1567, que el puerto del Callao fue fundado antes que la Ciudad de los Reyes. Según los historiadores, cuando Pizarro no había fundado la ciudad de Lima, ya en el Callao se firmaba el 1º de Enero de 1535 la escritura de venta de la Armada de Pedro de Alvarado, Gobernador de Guatemala, al Marqués don Francisco Pizarro.

Las murallas ciclópeas de Maranga son restos arqueológicos que resistiendo el embate de los siglos, revelan no solo la genial característica del Ayllu precolombino, sino también la formación original del Callao. Estos

aborígenes provenientes de la serranía fueron los primeros habitantes de lo que posteriormente sería el puerto del Callao, y los que vieron ingresar a los conquistadores que se establecieron en dicho lugar.

Los españoles siguiendo los contrafuertes del valle del Rímac, internándose en los dominios indígenas, determinaron dónde debía fundarse Lima; al recorrer la ribera del mar por la costa sur hasta la desembocadura del río Rímac, indicaron el lugar donde debía asentarse el Callao, puerto natural de Lima, por sus bondades hidrográficas de abrigo, fondo y amplitud. El puerto fue ubicado entre Pitipiti Viejo por Chucuito, y Pitipiti Nuevo por el lado que hoy ocupa la Base Naval del Callao.

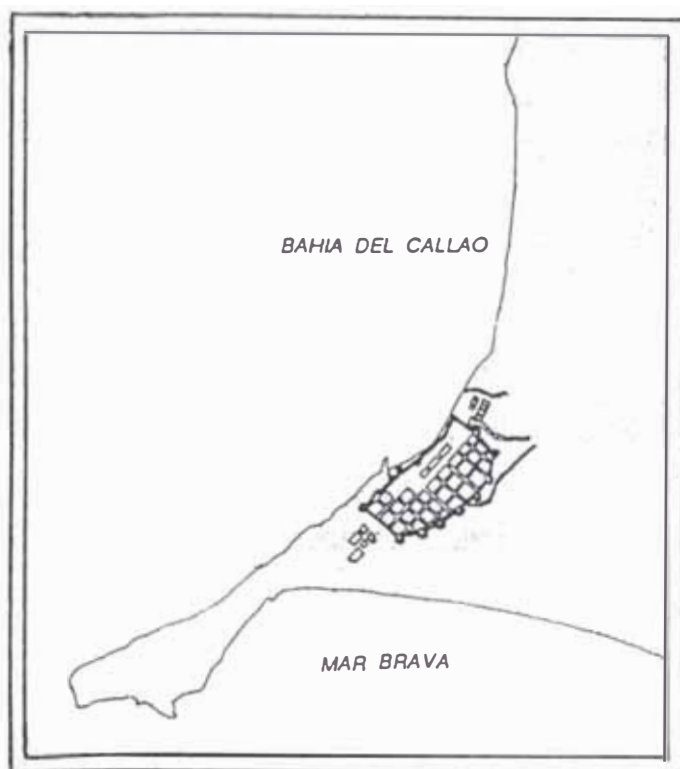
En el año 1641, por primera vez, el Virrey don Pedro Toledo y Leiva amuralla y fortifica el Callao para protegerlo de los piratas y corsarios.

La catástrofe más espantosa que soportó el Callao y Lima fue el tsunami generado por el terremoto del **28 de Octubre de 1746**, producido a las 22:30 horas; no quedó en el Callao una sola casa en condiciones seguras de habitabilidad, y de los 5000 habitantes que tenía el Callao apenas 200 chalacos quedaron con vida.

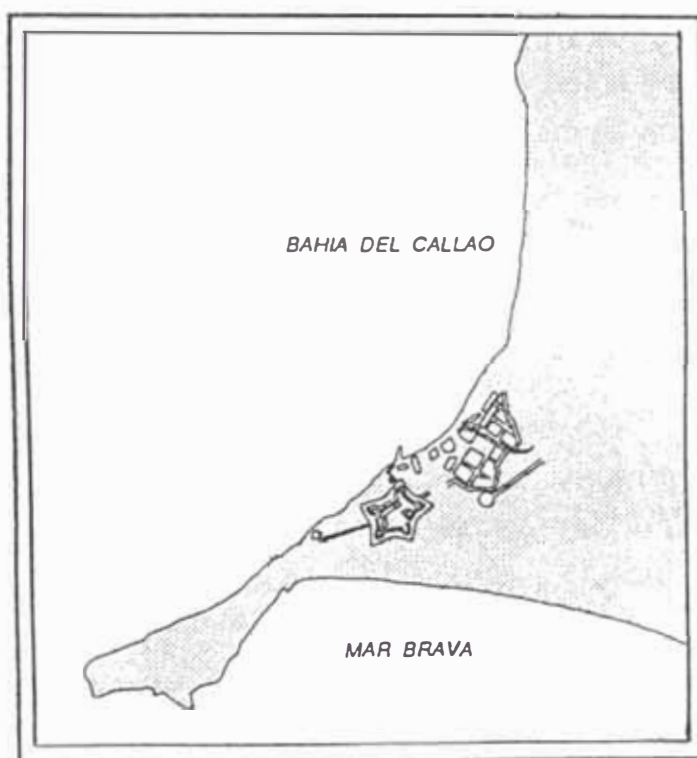
## **SEGUNDA ETAPA** (1747 - 1851)

Esta etapa se inicia con la reconstrucción física del Callao, destacando la construcción del castillo Real Felipe, cuyos trabajos empezaron el 1° de Agosto de 1747 en el área del arruinado presidio del Callao; esta obra fue construida en 26 años.

El virrey del Perú José Manco de Velazco dispuso, para evitar otra tragedia semejante a la ocurrida en 1746, que la nueva ciudad del puerto se construya alejada del mar; por decreto del 20 de Enero de 1747, se señala como lugar para la construcción de la nueva ciudad las tierras altas de la Hacienda Aguilar. El mismo virrey ordenó la construcción de una fortaleza inexpugnable, de acuerdo a los conceptos y adelantos de la época, para defenderse de los corsarios y piratas.



*FIG. Nº 3.1 EVOLUCION DEL PUERTO DEL CALLAO.  
SU CONFORMACION EN 1746.*



*FIG. Nº 3.2 EVOLUCION DEL PUERTO DEL CALLAO.  
SU CONFORMACION EN 1826.*

El plan de reconstrucción del Callao se encomendó al ingeniero francés **Luis Godin**, quien consideró dos obras fundamentales: la fortaleza y un puerto. Así, el Callao renacía como un baluarte de defensa de los intereses políticos del Virreinato, y a la vez como punto de enlace comercial.

El 21 de Octubre de 1821 el general San Martín crea la Marina de Guerra Nacional, con sede en el Callao.

### TERCERA ETAPA (1852 - 1940)

Al construirse el ferrocarril, Lima y Callao van a tener un aumento de sus poblaciones, por las migraciones del campo a la ciudad; la expansión se desarrolla en las márgenes de las vías del ferrocarril.

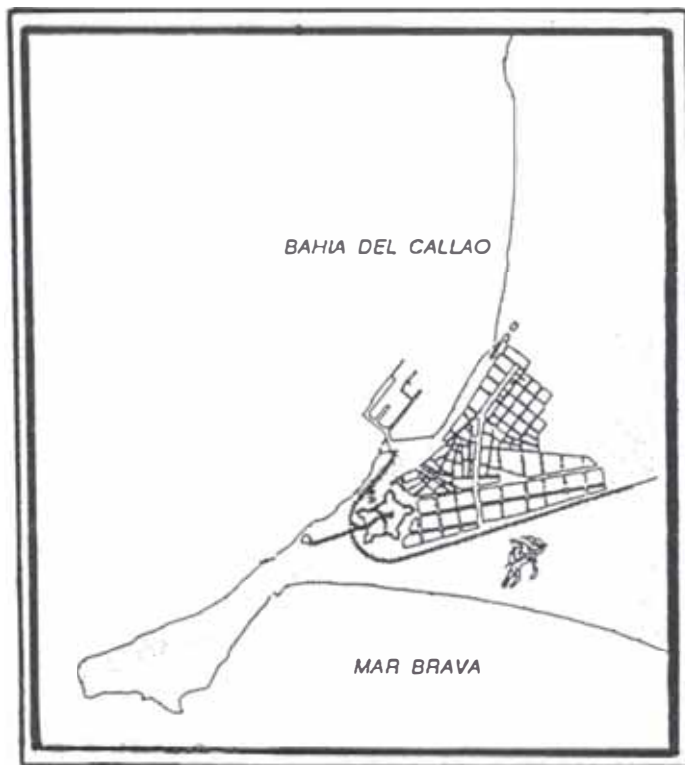
El Callao recibió el título de "**Provincia Constitucional**" de la Convención Nacional del 22 de Abril de 1857, en mérito al triunfo del ejército constitucional de Castilla sobre el ejército regenerador de Vivanco. El 6 de Octubre de 1915 se crean los distritos de Bellavista y La Punta.

En Mayo de 1940, Lima y Callao sufrieron un devastador terremoto de magnitud 8.2 en la escala de Richter. Al destruirse muchas viviendas, las familias se establecieron en terrenos no ocupados cercanos a la ribera de la Mar Brava, asentamientos que reciben el nombre de los Barracones del Callao.

### CUARTA ETAPA (1941 - 1972)

A comienzos de esta etapa se desarrolla la economía de exportación de minerales, algodón, harina de pescado, etc. El 1º de Agosto de 1947, el Presidente de la República José Luis Bustamante y Rivero estableció la soberanía territorial de las **200 Millas**, con el fin de proteger y utilizar los recursos naturales que se encuentren en dicho mar.

Posteriormente, en los terrenos que pertenecían a las haciendas San Agustín, La Taboada y Bocanegra, se construyó el **Aeropuerto Internacional Jorge Chávez**, que reemplazó al aeropuerto de Limatambo, sumando así el tráfico aéreo al tráfico marítimo.

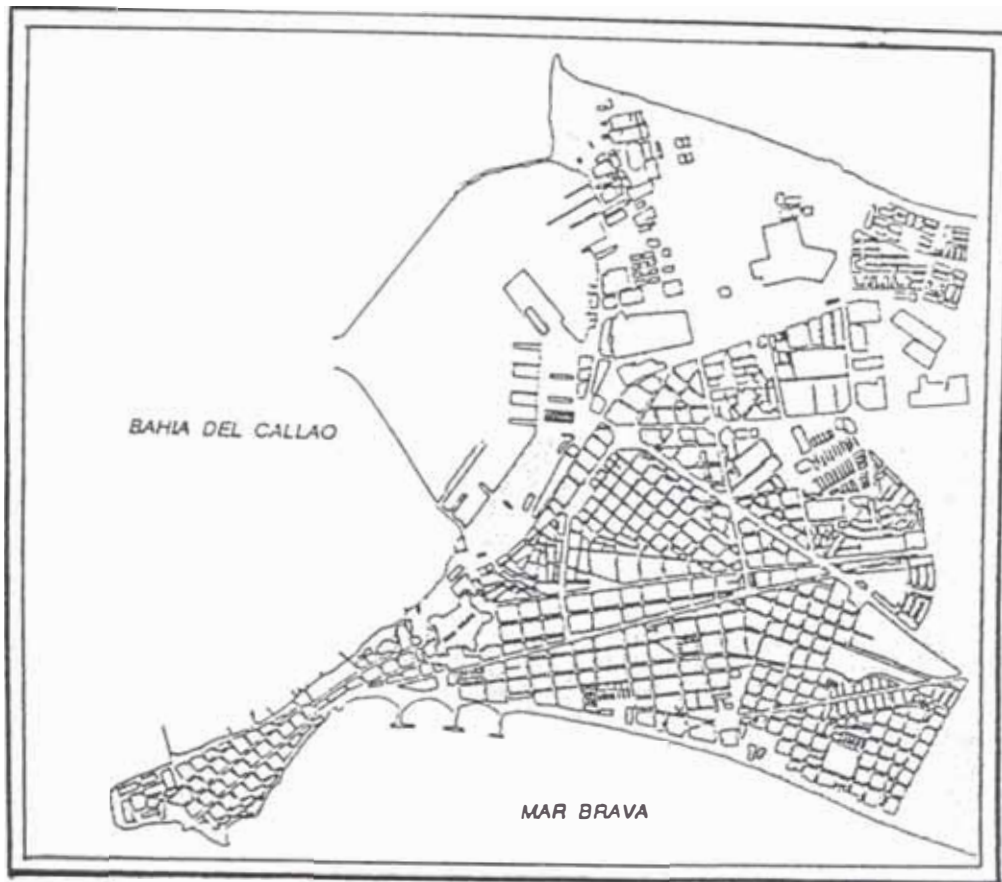


*FIG. Nº 3.3 EVOLUCION DEL PUERTO DEL CALLAO.  
SU CONFORMACION EN 1876.*



*FIG. Nº 3.4 EVOLUCION DEL PUERTO DEL CALLAO.  
SU CONFORMACION EN 1917.*





*FIG. Nº 3.5 EVOLUCION DEL PUERTO DEL CALLAO.  
SU CONFORMACION EN 1934.*

En el Callao se encuentra la refinería de **La Pampilla**, la cual es actualmente la más importante dentro de su género, abasteciendo casi el 60 % del consumo nacional.

Hasta el año 1972, el Perú fue el primer productor de harina de pescado en el mundo, pero la ocurrencia del fenómeno de "El Niño" en este año provocó prácticamente la desaparición de la biomasa marina, trayendo como consecuencia el colapso de la industria pesquera en el país, y afectando a 27000 trabajadores que constituían la mano de obra de esta industria.

#### **QUINTA ETAPA** (1973 a la actualidad)

Como consecuencia de los daños causados por el fenómeno de "El Niño", el gobierno de las Fuerzas Armadas determinó el 7 de Mayo de 1973 la estatización de la industria pesquera y el monopolio sobre la producción de harina de pescado.

Como un incentivo para impulsar el desarrollo socio-económico, el 7 de Diciembre de 1984 se reconoce en favor del Callao el 2% de las rentas recaudadas por las aduanas marítimas, aéreas y postales de la provincia, las mismas que constituirán recursos propios de la Corporación de Desarrollo del Callao, independientemente del presupuesto que le asigna el Gobierno Central.

## 3.2.- LOCALIZACION DEL ESTUDIO

### 3.2.1 UBICACION Y EXTENSION DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO.-

La Provincia Constitucional del Callao está ubicada en la costa central del Perú, sector centro occidental del Departamento de Lima, y se halla entre los 11°48' y 12°08' de Latitud Sur, y entre los 77°05' y 77°15' de Longitud al Oeste del Meridiano de Greenwich. Las coordenadas geográficas que corresponden al puerto del Callao son: Latitud 12°03'20" Sur y Longitud 77°09'35" Oeste.

Su capital es la ciudad del Callao. Políticamente, está conformada por los distritos de: Callao (Cercado), Bellavista, La Perla, La Punta, Carmen de la Legua-Reynoso y Ventanilla; asimismo, por las áreas correspondientes a las islas San Lorenzo, El Frontón, y los islotes Hormigas de Afuera, Palomino y Roca Horadada (ver Fig. N°3.6).

Territorialmente, abarca una extensión superficial de 147.85 Kilómetros cuadrados, distribuidos como se muestra en la Tabla N°3.1.

**TABLA N°3.1.- SUPERFICIE DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO**

SUPERFICIE DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO (Km <sup>2</sup> )	
Callao (Cercado)	46.947
Bellavista	4.556
La Punta	0.501
La Perla	2.546
Carmen de la Legua-Reynoso	1.850
Ventanilla	73.820
Islas	17.630
<b>AREA TOTAL</b>	<b>147.850</b>

**Fuente: INEI**



FIG. Nº 3.6 PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO.

### 3.2.2 UBICACION Y EXTENSION DEL ESTUDIO.-

El área de estudio señalada para las localidades del Callao, comprende los siguientes límites: por el Norte el río Rímac, al Sur y Oeste el Océano Pacífico, y al Este la cota topográfica +7.00 metros, que corresponde aproximadamente a los límites con el distrito de Bellavista. Esta delimitación se ha hecho considerando que para las localidades en estudio, hasta el río Rímac, el área indicada es la que reúne las características más desfavorables, lo que la convierten en una zona muy vulnerable frente al ataque de un tsunami de origen cercano, tomando en cuenta la ocurrencia del sismo generador y el riesgo de conflagración que presenta dicha área. En la *Lámina 1* se muestra la ubicación de la zona de estudio en el Perú y en América del Sur.

Políticamente, el área comprende tres zonas: **La Punta** (península), **Chucuito** (estrecha franja entre la península y la costa), y el **Callao Central**; considerando la necesidad de evacuar a los pobladores hacia las zonas de seguridad y refugio, debe tomarse en cuenta los distritos anexos de Bellavista y La Perla.

La Punta es un sector mayormente residencial y sus playas son frecuentadas durante los meses de verano, con gran incremento de población flotante. El distrito del Callao comprende la zona del puerto y terminal marítimo, zona comercial, industrial y residencial de densidad media a alta, así como lugares de interés histórico. Bellavista es el distrito que le sigue en densidad poblacional, y La Perla en menor grado.

## 3.3.- ASPECTOS DEMOGRAFICOS Y SOCIALES

### 3.3.1 POBLACION POR DISTRITOS.-

De acuerdo a los censos realizados, se muestra en la Tabla N°3.2 la población por distritos de la Provincia Constitucional del Callao.

Se cuenta asimismo con datos censales proporcionados por el **INEI** para la provincia del Callao, los que se muestran en la Tabla N°3.3.



MAPA DEL PERU  
Escala 0:1000000  
0 50 100 150 200 Km.

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b> <b>CISMID - DPMD</b>		
<b>TEMA :</b> ACTUALIZACION DEL PLAN DE EVACUACION ANTE TRUQUAMIS EN LAS COSTAS DEL CALLAO Y EVALUACION POST-DESASTRE		<b>AUTORIA :</b> MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL CALLAO
<b>PLANO :</b> UBICACION DE LA ZONA DE ESTUDIO EN EL PERU Y AMERICA DEL SUR		<b>LAMINA :</b> <b>1</b>
<b>TECISTAS :</b> Bach. Rolando Torres M. Bach. Claudio Trafogli Z.	<b>ASESORES :</b> Ing. Nemesio Canelo A. Ing. Julio Kuroiwa H.	<b>FECHA :</b> Abr 1998

**TABLA N°3.2.- POBLACION POR DISTRITOS**

DISTRITO / AÑO	1940	1961	1972	1981	1993
Bellavista	8273	43929	39724	67521	71665
Callao	70425	163702	198573	264133	369768
La Legua-Reynoso	-----	-----	26043	38568	38149
La Perla	-----	-----	33410	47225	59160
La Punta	3589	5909	6697	6264	6490
Ventanilla	-----	-----	16784	19702	94497
<b>TOTAL</b>	<b>82287</b>	<b>213540</b>	<b>321231</b>	<b>443413</b>	<b>639729</b>

Fuente: INEI

**TABLA N°3.3.- DATOS CENSALES DEL CALLAO**

FECHA DEL CENSO	HABITANTES
1898	28 932
20 / 06 / 1905	33 879
17 / 12 / 1920	52 258
13 / 11 / 1931	70 141

A través de su historia, el Callao ha sufrido dos tipos de modificaciones en su división política administrativa interna. La primera de ellas es la división distrital en el año **1915**, durante el cual la Provincia Constitucional del Callao quedó compuesta por tres distritos: Callao, Bellavista y La Punta. Este ordenamiento se modifica con la creación de dos nuevos distritos en el año **1964**: La Perla, que se desprende de Bellavista, y Carmen de la Legua-Reynoso que se desprende del Callao. La segunda modificación es la creación en **1969** de un nuevo distrito: Ventanilla, que proviene del distrito de Puente Piedra, de la provincia de Lima.

De acuerdo a los censos realizados en 1940, 1961, 1972, 1981 y el último Censo Nacional realizado en 1993, el Instituto Metropolitano de Planificación I.M.P. ha elaborado un cuadro de tasas hipotéticas de crecimiento entre 1993 al 2010 para los distritos del Callao, la cual se procede a proyectar en toda la población.

De esta manera se ha elaborado el siguiente cuadro de la población total de la provincia del Callao y de sus distritos según la tasa de crecimiento provincial y la capacidad normativa distrital para el año 2010 con proyecciones para los años 1996, 2000 y 2010 (ver Tabla N°3.4).

**TABLA N°3.4.- POBLACION TOTAL PROYECTADA DE LA PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO Y SUS DISTRITOS**

DISTRITOS	POB. TOTAL CENSADA 1993	POBLACION PROYECTADA		
		1996 HAB.	2000 HAB.	2010 HAB.
Bellavista	71 665	80 360	92 108	129 494
Callao	369 768	396 974	429 361	522 187
La Legua-Reynoso	38 149	39 210	40 016	42 112
La Perla	59 160	66 723	77 071	110 544
La Punta	6 490	7 138	7 975	10 528
Ventanilla	94 497	112 321	139 146	237 932
<b>TOTAL</b>	<b>639 729</b>	<b>702 726</b>	<b>785 677</b>	<b>1 052 797</b>

**Fuente: INEI, CENSO 1993  
IMP, PLAN URBANO DIRECTOR CALLAO 1995-2010**



### 3.3.2 POBLACION EN ZONAS INUNDABLES.-

Si se produce un tsunami en las costas bajas del Callao, el área de probable inundación comprometería el 100% del distrito de La Punta, 50% del Cercado del Callao y 30% del distrito de Ventanilla; para el presente estudio sólo consideraremos los dos primeros distritos. Se muestra en la Tabla N°3.5 la población de la zona inundable delimitada.

Es conveniente señalar que la población del distrito de La Punta se ve periódicamente incrementada por veraneantes, población flotante, visitantes, turistas, etc.

**TABLA N°3.5.- POBLACION EN ZONAS INUNDABLES**

DISTRITOS	POB. 1993	Hab. (%)	Area (Km <sup>2</sup> )
Bellavista	71 665	11.20	4.556
Callao			
- Area inundable	<b>170 296</b>	<b>26.62</b>	<b>5.598</b>
- Otras áreas	199 472	31.18	41.349
La Legua-Reynoso	38 149	5.96	1.850
La Perla	59 160	9.25	2.546
La Punta			
- Area inundable	<b>6 490</b>	<b>1.02</b>	<b>0.501</b>
Ventanilla	94 497	14.77	73.820
Islas	-----	-----	17.630
<b>TOTAL</b>	<b>639 729</b>	<b>100.00</b>	<b>147.850</b>

**Fuente: INEI y los autores**

Podemos ver de la tabla anterior que el Censo de 1993 registra en el área inundable delimitada (6.099 Km<sup>2</sup>) una población de **176 786** habitantes, lo que representa el **27.64 %** del total provincial.

### 3.3.3 NIVELES SOCIO-ECONOMICOS.-

Observamos al interior de la provincia del Callao, una estratificación social diferenciada por los niveles de ingreso, encontrando a la población de mayor ingreso en los distritos de La Punta y pequeñas áreas de La Perla; los de medianos ingresos, distribuidos en urbanizaciones de los distritos del Callao, Bellavista y parte de La Perla; y los de menores ingresos, en los pueblos jóvenes y barriadas de los distritos del Callao, Ventanilla, Carmen de La Legua, La Perla y parte de Bellavista. La población ubicada en estos últimos lugares sufre de los problemas propios de la **marginalidad social**; en este sentido, los niveles de delincuencia y violencia en el Callao muestran registros bastante elevados.

Los desastres naturales afectan mayormente a la población que ocupa las zonas marginales, y que ofrecen poca seguridad física, pues sus condiciones de vida y actividades económicas la hacen más vulnerable, como menores son sus posibilidades de recuperación.

Si queremos que la mitigación sea realmente **efectiva**, debe convertirse en una actividad inmersa en el desarrollo, que permita a la mayoría de la población el acceso a las condiciones de vida y actividades económicas seguras y estables. Bajo este enfoque, aumentar los ingresos, redistribuir la tierra y mejorar la salud y la educación, se convierten en actividades de mitigación tan válidas como construir defensas ribereñas y reforzar las viviendas.

A continuación se presentan cuadros estadísticos elaborados en base a niveles socio-económicos, teniendo en cuenta el nivel de educación alcanzado por la población, condición de alfabetismo y condición de actividad económica.

**TABLA N°3.6.- NIVEL DE EDUCACION ALCANZADO  
(PARA POBLACION DE 5 AÑOS Y MAS)**

DISTRITO	POBLAC. 1993	NIVEL DE EDUCACION ALCANZADO			
		PRIMAR.	SECUND.	SUPER. NO UNIV.	SUPER. UNIV.
Bellavista	71 665	15 405	24 585	10 738	11 249
Callao	369 768	102 744	141 798	37 665	26 476
La Legua-Reynoso	38 149	10 350	14 392	4 317	3 054
La Perla	59 160	12 691	21 380	8 637	8 734
La Punta	6 490	890	2 476	844	1 711
Ventanilla	94 497	27 420	33 253	8 163	5 498
<b>TOTAL</b>	<b>639 729</b>	<b>169 500</b>	<b>237 884</b>	<b>70 364</b>	<b>56 722</b>

**Fuente: INEI**

**TABLA N°3.7.- CONDICION DE ALFABETISMO  
(PARA POBLACION DE 5 AÑOS Y MAS)**

DISTRITO	CONDICION DE ALFABETISMO	
	SABE LEER Y ESCRIBIR	NO SABE LEER Y ESCRIBIR
Bellavista	63 341	2 244
Callao	315 421	18 093
La Legua-Reynoso	32 478	2 083
La Perla	52 727	1 848
La Punta	6 074	130
Ventanilla	76 318	5 454
<b>TOTAL</b>	<b>546 359</b>	<b>29 852</b>

**Fuente: INEI**

**TABLA N°3.8.- CONDICION DE ACTIVIDAD ECONOMICA  
(PARA POBLACION DE 6 AÑOS Y MAS)**

DISTRITO	CONDICION DE ACTIVIDAD		
	POBLAC. ECON. ACTIVA		POB. ECON. NO ACTIVA
	OCUPADA	DESOCUP.	
Bellavista	24 419	3 013	37 014
Callao	120 891	13 763	190 982
La Legua-Reynoso	13 234	1 539	19 028
La Perla	20 186	2 398	30 969
La Punta	2 374	168	3 600
Ventanilla	30 104	2 995	45 886
<b>TOTAL</b>	<b>211 208</b>	<b>23 876</b>	<b>327 479</b>

Fuente: INEI

### 3.4.- ASPECTOS NATURALES DEL LITORAL

#### 3.4.1 TOPOGRAFIA.-

La Punta es una península de forma lobular que se extiende 2 Kilómetros hacia el mar; en su parte más angosta llega a medir 210 metros entre orillas.

El terreno asciende en términos generales a la cota +2.00 m. en La Punta, y continúa subiendo suavemente sin sufrir grandes variaciones, hasta la altura del Mercado Central del Callao, a partir de donde la pendiente se acentúa de Oeste a Este, para alcanzar la cota +10.00 m. cerca de la intersección de las avenidas Miguel Grau, República de Panamá y Saenz Peña, y seguir subiendo en la misma dirección.

La pendiente topográfica del área inundable es más o menos homogénea, presentando algunas alteraciones sólo en el litoral Sur, entre la avenida Costanera y la playa Mar Brava, donde se encuentra gran cantidad de desmonte. El límite hipotético del área inundable se encuentra en la cota +7.00 metros, la cual sigue aproximadamente la dirección Norte-Sur con pequeñas variantes. En promedio, el sector Norte del área en estudio (zona portuaria e industrial), se mantiene a una altura superior al sector Sur-Oeste, con una pendiente promedio más acentuada.

### 3.4.2 GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA Y SUELOS.-

Geológicamente, el Callao ha sido formado por el crecimiento del cono de deyección del río Rímac, en sucesivos períodos que se detectan a través de los estratos, desde fines del terciario superior (plioceno) hasta el cuaternario superior (holoceno), en el que el perfil del río y su desembocadura quedan en la posición actual (últimos 100,000 años aproximadamente).

De acuerdo a los últimos movimientos basculares y de levantamiento del holoceno, que son pequeños, en el sector del Callao quedan una serie de lagunas de poco fondo con formación de algas, que al descomponerse forman la capa superficial de suelo turboso de 1.00 a 1.20 mts. de espesor que actualmente se encuentra. Esta es la razón por la cual los suelos arcillo-limosos del Callao son muy blandos; esto provoca efectos negativos, como grandes asentamientos en pistas y veredas, tal como se observa en algunas de las avenidas del Callao. Este es un hecho muy importante a considerar, ya que dichas avenidas serán utilizadas como vías de evacuación peatonal y vehicular en caso de tsunamis. Estas vías pueden verse seriamente afectadas, si debido al movimiento sísmico, los asentamientos se agravan produciendo fallas en el pavimento.

La Punta conforma los restos de la última terraza del Rímac, erosionada por el mar, y su permanencia trata de explicarse por una defensa protectora de las islas frente a ella, en especial la isla **San Lorenzo**.

Se observa en La Punta y Chucuito un estrato superficial de grava con arena densa, de un espesor promedio de 7 metros. Debajo existe otro estrato de arena fina con lentes de limo y/o arcilla, que llega hasta la profundidad de 20 metros en promedio. El primer estrato de grava crea condiciones favorables para la cimentación de cualquier edificación proyectada para La Punta. Se han realizado estudios de suelos en el Callao, encontrándose que en los sectores de La Punta y Chucuito los asentamientos son mínimos.

Sin embargo, desde el punto de vista de efecto erosivo causado por los tsunamis, el estrato de grava formado por piedras pequeñas y medianas de hasta unos 10 a 15 cms. de diámetro, sin material cohesivo es fácilmente transportable por el agua. Este es un problema que debe ser estudiado, para estabilizar los suelos debajo de los edificios que existen en La Punta y Chucuito.

### **3.5.- ASPECTOS OCEANOGRAFICOS**

En el presente estudio se han considerado los aspectos referentes a la batimetría, oleaje, mareas, vientos y corrientes (Iwamoto, 1992).

#### **3.5.1 BATIMETRIA COSTERA.-**

La costa se desarrolla entre el principio de los acantilados por el Sur y el fin de la playa Mar Brava. Estos trazados de playa permiten ver las pendientes de la Mar Brava que son muy inclinadas, lo cual ocasiona que las olas ataquen en forma constante e inexorable las vecindades de la orilla. En el lado de la bahía del Callao, por el contrario, las aguas son tranquilas debido a que se encuentra protegida por el abrigo natural que le ofrece la Isla San Lorenzo. Se muestra en la Fig. N°3.7 el levantamiento batimétrico de las bahías del Callao y Miraflores.

En la prolongación de La Punta, en dirección de la isla San Lorenzo, se ubica la zona llamada "**El Camotal**", cuya parte menos profunda emerge en bajamar, y en la cercanía de las islas San Lorenzo y El Frontón se encuentra "**El Boquerón**", zona cuya profundidad alcanza casi 20 metros.

#### **3.5.2 OLEAJE FRENTE AL LITORAL.-**

Si nos trasladamos de la bahía del Callao a la de Miraflores, observamos una modificación en las condiciones de oleaje. En efecto, mientras que en la bahía del Callao las olas son relativamente débiles, en la Mar Brava reina permanentemente una agitación bastante importante.

Esto ocurre porque la bahía de Miraflores, recibe directamente al oleaje proveniente de mar adentro. Este oleaje puede ser observado a lo largo del litoral peruano y le da el aspecto característico de las costas a lo largo de las cuales existe transporte del litoral. Luego de penetrar en la bahía, el oleaje se desvía alrededor de los obstáculos rocosos que limitan a la isla San Lorenzo por el Nor-Oeste.

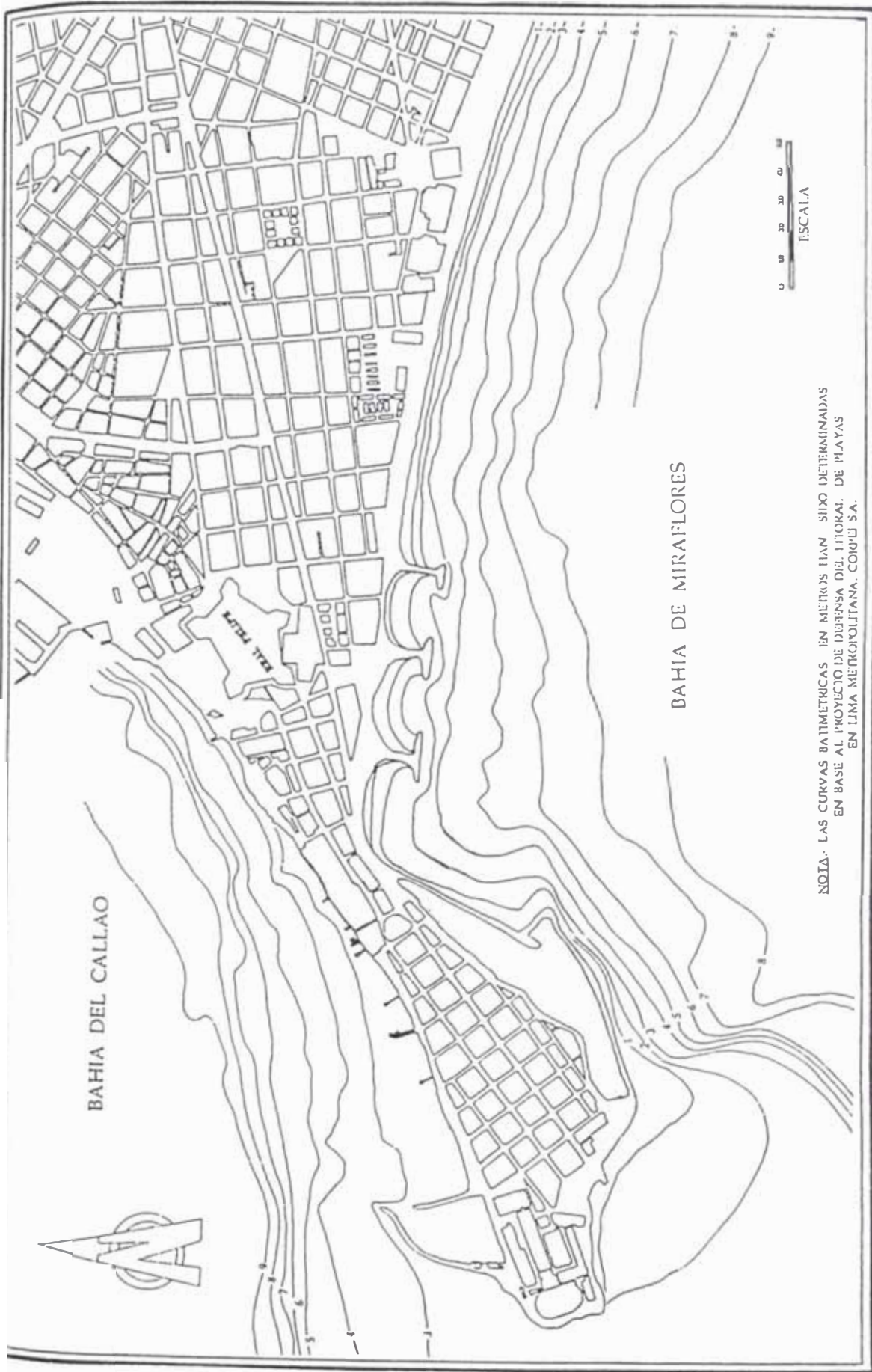


FIG. N° 3.7 LEVANTAMIENTO BATIMETRICO DE LAS BAHIAS DEL CALLAO Y MIRAFLORES.

La playa de la Mar Brava, en su totalidad, está sometida a erosión. Hay que indicar que en esta zona el oleaje rompe muy cerca de la playa, lo que evidencia una pendiente muy abrupta cerca del litoral.

Las olas constituyen el principal agente erosivo y de acción de transporte de los sedimentos; a continuación se muestra en la Tabla N°3.9 los parámetros empleados para determinar sus características.

**TABLA N°3.9.- CARACTERISTICAS DE LAS OLAS FRENTE AL CALLAO**

PARAMETROS	AMPLITUD (m)	PERIODO (seg)
Máximos	2.25	17.0
Medios	1.10	16.1
Mínimos	0.40	12.0
<b>DIRECCION PREDOMINANTE: Norte</b>		

**Fuente: DHNM**

### 3.5.3 MAREAS.-

Es posible determinar, con los datos obtenidos del mareógrafo del Callao, ubicado a 12°03'55" de Latitud Sur y 77°09'52" de Longitud Oeste, que las mareas en la costa central del litoral peruano, y específicamente en las bahías del Callao y Miraflores, son muy débiles y su influencia sobre la erosión de las riberas no constituye un factor significativo.

Se obtiene de los registros mareográficos, que el máximo nivel alcanzado llega a 1.20 mts. tomando como referencia el nivel medio de bajamares, y el mínimo a una profundidad de 0.15 mts. en relación con el mismo nivel de referencia. Podemos deducir, de lo señalado anteriormente, la manera cómo intervienen las mareas en los efectos de un tsunami (alturas Run-Up), es decir que habrán momentos en que las mareas ayudarán a las olas del tsunami, y habrán otros momentos en que las mareas disminuirán las alturas de olas de los mismos.



### 3.5.4 VIENTOS LOCALES.-

Los vientos están directamente ligados a los fenómenos de agitación, por lo cual es interesante conocer su régimen local en la zona de estudio. Estas observaciones tienen como objetivo conocer la dirección de la marejada, que pueden originar los vientos en la bahía o en la parte inmediata a ella mar adentro, y que podrían tener cierta influencia en la erosión de las playas componiendo con el oleaje.

La acción erosiva de los vientos es más notoria en las zonas de los acantilados donde existen materiales sueltos, los que arreglados o conformados sufrirán menos erosión por acción de los vientos.

Las características más importantes de los vientos, en esta zona de la Mar Brava, son:

- La dirección promedio predominante es **Sur**, manteniéndose una variación sobre el valor medio del orden de los 30°. Las frecuencias con direcciones relativas al Norte son muy pequeñas. En conclusión, se puede admitir que en la zona estudiada la tendencia predominante en los meses de vientos de mayor intensidad, es relativa al Sur.

- Las velocidades promedio varían entre 7.5 y 14.8 Km/h en La Punta y La Perla; mientras que las velocidades máximas que se han presentado corresponden a valores de 30 Km/h en La Perla.

### 3.5.5 CORRIENTES MARINAS.-

Las corrientes litorales, en las cercanías de las playas, pueden tener una influencia segura sobre el transporte de los sedimentos.

De acuerdo a los datos recogidos de diferentes fuentes de información, las corrientes en la bahía de Miraflores son muy débiles, aproximadamente del orden de **0.15 m/seg**, con máximos hasta de **0.25 m/seg**. y su deriva es hacia el Norte. Debido al oleaje, a las débiles mareas y a las características propias del lugar, estas corrientes podrían determinar en alguna forma el transporte de los sedimentos.

### 3.6.- CLIMATOLOGIA

Al estar localizado geográficamente nuestro país en el Trópico del Hemisferio Sur, le corresponde un clima tropical; sin embargo, hay factores que intervienen en su climatología, tales como el Anticiclón del Pacífico Sur, la Corriente Peruana de Humboldt o Corriente del Perú, y el Sistema Andino, que han determinado el carácter semitropical de la costa y el frío seco de la sierra.

El área del **Callao** presenta un clima húmedo (Instituto Nacional de Defensa Civil, 1989), con una humedad relativa máxima de 98 % entre Abril a Setiembre, y una humedad relativa mínima de 85 % entre Enero a Marzo y Octubre a Diciembre.

La mayor temperatura promedio es de 26°C. entre los meses de Enero a Marzo, y la mínima promedio es de 15°C. entre Julio a Setiembre.

Durante los meses de Julio a Setiembre son frecuentes las lloviznas aisladas, que se dan entre las 19 horas y las 07 horas, alcanzando los 44 mm de precipitación.

La nubosidad persistente durante el otoño e invierno determina un cielo cubierto de 4 octavos, algunas veces el 80% del tiempo, lo que significa una **visibilidad moderada** de 5 a 10 Kms. de distancia.

Los vientos provienen generalmente del Sur y Sur-Este con velocidades entre 4 a 8 nudos, y calmas durante el verano. Cabe señalar que, mientras en el Callao se tienen estas características, en la zona nor-oriental de la isla San Lorenzo la temperatura es mayor durante el invierno, la humedad relativa es menor, y se dan vientos menores, mínima nubosidad y cielo despejado; muy al contrario de la zona Sur-Oeste, donde se observa baja temperatura durante el invierno.

# *CAPITULO 4*

## *HISTORIA DE LOS TSUNAMIS EN LAS COSTAS DEL CALLAO*

### **4.1.- ASPECTOS GENERALES**

Casi todas las localidades o asentamientos son, por lo general, azotados por varios tipos de fenómeno natural, los cuales ocasionan numerosas víctimas y daños catastróficos. Las investigaciones realizadas señalan que el Callao es altamente vulnerable ante terremotos, tsunamis, inundaciones e incendios.

Respecto a los tsunamis, informaciones históricas indican que durante el transcurso de cuatro siglos se produjeron **49 tsunamis** ocurridos en la costa occidental de América del Sur, de los cuales 21 afectaron al Callao, y donde se reconocen dos etapas tsunami-activas entre 1560-1751 y 1819-1878.

Los dos tsunamis más devastadores fueron generados por terremotos con epicentro en el mar, frente a la costa central del Perú donde se ubica el Callao, el **20 de Octubre de 1687** y el **28 de Octubre de 1746**. Entre los 21 tsunamis producidos, algunos fueron de origen lejano, y aunque invadieron parte de La Punta, no causaron mayores daños ni víctimas (Instituto Nacional de Defensa Civil, 1989).

En el año 1981 se efectuaron investigaciones sobre los probables efectos de los tsunamis en los 100 Kms. de las costas de Lima Metropolitana, comprendidos entre Ancón y Pucusana, teniendo como punto focal el Callao. Dicho estudio tuvo como objetivo fundamental, obtener la información básica sobre las características de los tsunamis más probables que afectarían la costa central del Perú, permitiendo determinar el tiempo de llegada de la primera ola del tsunami, aproximadamente entre unos **20 a 30 minutos** después de ocurrido el

sismo tsunamigénico. Este será el tiempo que se dispondría para evacuar a la población, coincidiendo los resultados obtenidos con las informaciones históricas del tsunami de 1746.

#### **4.2.- TSUNAMIS QUE AFECTARON LAS COSTAS DEL PERU Y SUS EFECTOS EN EL CALLAO**

Presentamos a continuación la relación de tsunamis o maremotos más importantes, registrados en las costas del Perú por el **Instituto Geofísico del Perú** desde 1586 hasta la actualidad. Estos valiosos registros han sido elaborados teniendo en cuenta las estimaciones realizadas y referencias históricas de los autores **Esteban Zimic Vidal** y **Enrique Silgado**, que nos proporcionan importantes informes históricos para ampliar los criterios de evaluación del riesgo de tsunamis. A continuación tenemos:

- **1586, Julio 09:** Un severo sismo en la parte centro-occidental del Perú causó la muerte de aproximadamente 20 personas en Lima. El tsunami alcanzó una altura de 2 brazas (3.6 m), destruyendo propiedades en unos 300 metros tierra adentro. Las olas marinas inundaron aproximadamente 10 Km<sup>2</sup>, y fueron ocasionadas por un sismo cuyo epicentro estuvo cerca de las costas de Lima (11.7°S -76.7°W), y cuya intensidad fue de VIII en la escala de Mercalli Modificada (M.M), el mismo que causó daños en los almacenes de mercadería, algunos barcos y carretas estacionadas en las cercanías del lugar.

- **1604, Noviembre 24:** Una enorme ola penetró por Chucuito y separó al Callao de La Punta aislándola completamente. Silgado estima que el sismo que lo originó tuvo una magnitud cercana a 8.4, con mayor destrucción en Arica.

- **1664, Mayo 12:** Maremoto en las costas de Pisco (Ica), donde el mar invadió parte de la población y hubo 70 muertos. El maremoto fue ocasionado por un fuerte movimiento sísmico, ocurrido a las 04 a.m. y fue sentido en Ica con una intensidad de XI grados de Mercalli Modificada.

- **1678, Junio 17:** La ola causó en el Callao y otros puertos vecinos muchos estragos, fue ocasionada por un sismo cuyo epicentro estuvo al Norte de Lima (11.7°S - 76.8°W) y cuya intensidad fue de VII en la escala de M.M. haciendo que el mar retrocediera y regresara con fuerza destructiva.

- **1687, Octubre 20:** Graves daños en Lima ocasionados por dos sismos: el primero a las 4:15 p.m. y el segundo, más prolongado, a las 5:30 p.m.; de magnitud 8.2 según estimaciones de Silgado. En el Callao y otros puertos vecinos, el mar se retiró y regresó violentamente destruyendo edificios y otras instalaciones ocasionando la muerte de 300 personas y haciendo encallar 2 embarcaciones; además, a 28 km. al sur de Lima el pueblo pesquero de Quircay (hoy Lurín) quedó destruido completamente. El sismo tuvo su epicentro en los 11.7°S - 77°W, cuya intensidad fue de XI en la escala de M.M.

- **1705, Noviembre 26:** Gran maremoto a lo largo de toda la costa Sur, especialmente desde Arequipa hasta Chile. Arica fue destruida por este tsunami.

- **1716, Febrero 10:** Maremoto que causó fuerte daño en Pisco, fue ocasionado por un sismo que ocurrió en Camaná a las 8 p.m., con intensidad IX en la escala de M.M.

- **1746, Octubre 28:** Lima y Callao fueron afectados por uno de los desastres más violentos registrados en la historia. Según estimaciones de Silgado, un sismo tsunamigénico de magnitud 8.4 destruyó Lima e hizo desaparecer al Callao.

De acuerdo a los informes históricos, en Lima de los 50 000 habitantes 1141 murieron a causa del desastre, además de la destrucción casi total de las casas que hizo posible la acumulación de escombros en toda la ciudad. Se estima que en el Callao la devastación de edificaciones fue total, con excepción de las murallas que rodeaban a la población. Según los registros históricos, 30 minutos después del sismo, el mar irrumpió violentamente arrasando las ruinas que dejó el sismo.

Este tsunami fue ocasionado por un fuerte sismo que ocurrió a las 22:30 horas y cuyo epicentro probablemente estuvo en el mar cerca a nuestra costa. Se sintió el sismo con intensidad IX en la escala de M.M. en el Callao, con intensidad X en la escala de M.M. en Lima, con intensidad VII en la escala de M.M. en Pativilca y Jauja, y con intensidad V en la escala de M.M. en Arequipa.

De los 4900 habitantes que tenía el Callao, apenas 200 chalacos quedaron con vida. En la costa, de las 23 embarcaciones, 19 barcos incluidos los de guerra se fueron a pique y 4 fueron llevadas por las olas tierra adentro. La "San Fermín"

encalló en la que es hoy la esquina de Saloom y Colón. La "San Antonio" fue arrastrada hasta la esquina de Cochrane y Buenos Aires. La "Michelot" varó donde estuvo ubicado el antiguo Hospital de San Juan de Dios. Se presume que la nave "Socorro" fue arrastrada hacia el sur, hasta la bahía de Chorrillos donde encalló. Se estima que el mar penetró aproximadamente 1 Km desde la orilla. En otros puertos de la costa también hubo destrucción, especialmente en Chancay y Huacho.

- **1806, Diciembre 01:** Tsunami que afectó el Callao y que llegó a 6 metros de altura, dejando varias embarcaciones en tierra. La ola levantó un ancla de 1.5 toneladas y la depositó sobre la casa del Capitán del Puerto. Edificios y propiedades de todo el litoral quedaron destruidas. La ola fue ocasionada por un sismo que fue fuertemente sentido en Lima.

- **1828, Marzo 30:** Las ciudades fueron destruidas por efecto del maremoto, que fue ocasionado por un sismo ocurrido a las 7:30 a.m. y que fue sentido con una intensidad VII en la escala de M.M.

- **1868, Agosto 13:** Maremoto que ocasionó grandes daños desde Trujillo (Perú) hasta Concepción (Chile). En Arica, una nave de guerra de los Estados Unidos de Norteamérica fue depositada 400 metros tierra adentro. El tsunami se dejó sentir en puertos tan lejanos como Hawaii, Australia y Japón. Este maremoto ocurrió debido a un fuerte movimiento sísmico a las 5:30 p.m. En Arequipa, el movimiento fue sentido con intensidad de XI en la escala de M.M., y probablemente fue el sismo más fuerte registrado en el Perú hasta la fecha. El día 15, el maremoto alcanzó las costas de Nueva Zelandia, Hawaii, Australia, Samoa, etc. El epicentro se localizó en Arica y se registró una máxima onda de 21 metros en Concepción.

- **1877, Mayo 09:** Olas marinas de gran violencia causaron daños desde Pisco (Perú) hasta Antofagasta (Chile). Grandes destrucciones en Chile. Tsunami sentido en Japón, Nueva Zelandia, Hawaii, Samoa y California. El fenómeno fue originado en Chile. Máxima onda registrada en costa: 23 metros en Arica. A las 4 p.m. del día 10 el mar se embraveció y cubrió la estación del muelle Dársena.

- **1878, Enero 10:** El mar inundó las ciudades costañas comprendidas entre los puertos del departamento de Arequipa e Iquique. Máxima onda registrada en la costa: 12 m. en la isla Tanna.

- **1883, Agosto 26:** No hay registros de detalle en el Perú. Originado por el volcán Krakatoa. Máxima onda registrada: 23 metros, en Mera (Java).

- **1914, Enero 12:** Un pequeño tsunami desconocido inundó la Escuela Naval de La Punta. Hubo otros daños menores en La Punta.

- **1922, Noviembre 24:** Un Tsunami llegó al Callao al día siguiente. Prácticamente no hubo daños. En el norte de Chile el terremoto tuvo una magnitud de 8.3.

- **1928, Abril 28:** Maremoto en el Sur del Perú.

- **1942, Agosto 24:** Movimiento submarino cerca de Pisco, la braveza del mar fue registrada en Matarani y en el Callao. Alguna evidencia de deslizamientos submarinos. Maremoto ocasionado por el sismo de magnitud 8.1 en la escala de Richter, con epicentro 15.1°S - 75°W, ocurrido a las 22:50 horas.

- **1946, Abril 01:** Tsunami en Chile, Perú, Ecuador y Colombia. Destructivo en un gran área en el Pacífico. Cinco personas murieron en Alaska. En Hawaii una onda de 6 m. de altura mató 165 personas y causó una pérdida de 25 millones de dólares.

El mareógrafo de Talara registró una oscilación de 1 m y el de Matarani, una oscilación de 1.5 m. Terremoto en las Aleutianas, de grado 7.2 en la escala de Richter. Máxima onda registrada en Hawaii. Fue observado por 33 mareógrafos en el Pacífico.

- **1952, Noviembre 05:** Fuerte maremoto azota las costas de Chile, Perú y Ecuador. Mayor destrucción en Chile. Registro de los mareógrafos: 1.9 m. en Libertad (Ecuador), 2.0 m. en el Callao (Perú), y 3.7 m. en Talcahuano (Chile).

Algunas viviendas del Callao se inundaron la tarde del 5 dejando gran cantidad de lodo. La braveza del mar dañó más de 30 yates y pequeñas embarcaciones.

Terremoto en Kamchatka, de grado 8.2 a 8.4 en la escala de Richter. Máxima onda: 20 m. en el Norte de las islas Kuriles, observado por 71 mareógrafos en el Pacífico.

- **1957, Marzo 09:** Maremoto originado en el Pacífico Norte. Daños por 3 millones de dólares en Hawaii. Oscilación de alrededor de 1 m. registrada en los mareógrafos de Chile, mientras que de sólo 0.25 m. en el Callao.

Terremoto en las Aleutianas, de grado  $8 \frac{1}{4}$  a  $8 \frac{1}{2}$  en la escala de Richter. Onda máxima de 16 m. en la isla Kauai. Observado en 54 mareógrafos del Pacífico.

- **1958, Enero 20:** Se inundó el malecón Figueredo en La Punta. Terremoto frente a Tumaco, Colombia, donde el sismo y tsunami causaron muertes y daños.

- **1960, Mayo 22:** Originado frente a las costas de Chile, por su magnitud fue similar a uno de los grandes maremotos del siglo pasado. En La Punta (Callao) el mareógrafo registró 2.2 metros de altura. Los daños más grandes ocurrieron en Hawaii y Sanriku, Japón.

El Tsunami llegó al Callao a las 6:45 p.m. del día 22. A las 4:00 a.m. del día siguiente el lado sur de La Punta fue golpeada por una fuerte marejada y un amplio sector se inundó y luego las olas altas se repitieron entre cada 36 min y 4 hrs. El tránsito en La Punta quedó interrumpido.

Terremoto de grado 8.5 en la escala de Richter. Máxima onda de 11 m. en el Puerto de Hilo (Hawaii); observado por 120 mareógrafos.

- **1964, Marzo 28:** Originado en Kodiak (Alaska), uno de los más grandes terremotos registrados en el Pacífico Norte. Daños de gran magnitud en las costas de Alaska, Oeste de Norteamérica. Ocasionó la muerte de más de 100 personas. Registrado en las costas del Perú y Chile. En el Callao se registró una onda de 1.5 metros.

Sismo de grado  $8 \frac{3}{4}$  en la escala de Richter. Más de mil epicentros computados. Máxima onda de 19 m. en Kodiak (Alaska).

- **1966, Octubre 17:** Tsunami en el Callao (terremoto en Pativilca), azotó la costa peruana desde Chimbote hasta San Juan. La primera onda del tsunami registrado en el mareógrafo de La Punta (Callao), fue a las 5:36 p.m. con una altura de 3.40 metros después de 50 minutos de producirse el sismo y el mar invadió 150 metros en La Punta y en Chucuito. La misma onda se registró en los



mareógrafos de Chimbote y San Juan. En Ancón la ola sobrepasó el malecón que tiene una altura promedio de 2.7 metros y se internó 95 metros tierra adentro.

- **1974, Octubre 03:** Un sismo submarino de 7 grados de magnitud en la escala de Richter, producido al Sur-Oeste del Callao, ocasionó un tsunami a las 9:15 horas; la altura de la ola llegó a alcanzar casi 2 metros, provocando destrozos en las instalaciones de la Escuela Naval (La Punta). El mar se retiró previamente una distancia aproximada de 200 metros, para luego inundar las costas. En el Callao el tsunami llegó 21 min. después del sismo, coincidiendo con la marea baja, y a esto se debe la disminución de los daños.

# *CAPITULO 5*

## *CRITERIOS PARA LA EVALUACION DEL RIESGO DE TSUNAMIS*

El objetivo del presente capítulo es exponer algunos criterios que pueden emplearse para determinar el grado de peligro al que se encuentran expuestas las costas de una localidad determinada, frente al ataque de un tsunami. Se describen las principales características de un tsunami generado por un sismo submarino, como la forma de generación del tsunami, el tiempo de llegada y la altura de ola en la línea costera, datos que se emplearán para la formulación del plan de evacuación de la localidad en estudio.

### **5.1.- LOS SISMOS Y LOS TSUNAMIS**

La causa más frecuente que origina un tsunami son los sismos submarinos de foco poco profundo, y que generan un desplazamiento rápido del fondo marino. La mayoría de los tsunamis parecen ser generados por terremotos poco profundos de empuje, como los asociados con la subducción de una placa tectónica bajo la otra. Ya que muchas zonas de subducción se encuentran en las márgenes de la cuenca del Océano Pacífico, la mayoría de los tsunamis registrados hasta la fecha han ocurrido en el Océano Pacífico.

#### **5.1.1 PROFUNDIDAD DEL HIPOCENTRO DEL SISMO.-**

Un sismo con foco profundo (profundidad focal mayor que 60 Kms) difícilmente producirá un tsunami (Iida, 1958 - 1963). Los sismos superficiales (profundidad focal menor de 50 Kms) producen la mayoría de los tsunamis destructivos.

### 5.1.2 TIPO DE FALLA.-

Los tsunamis parecen ser generados mayormente por sismos que tienen un gran desplazamiento vertical de la falla. Aquellos sismos con desplazamientos horizontales de la falla generalmente producen tsunamis menores (Iida, 1970; Watanabe, 1970).

El desplazamiento vertical se puede calcular usando la siguiente expresión:

$$D = K (S)^{1/2}$$

en donde:

D = Desplazamiento vertical promedio de la falla (cm).

K = 2.46 cm/Km.

S = Area de la falla (Km<sup>2</sup>)

Esta ecuación se basa en las siguientes hipótesis: la caída de tensión de los terremotos grandes es total, es decir que toda la tensión acumulada se escapa en un solo evento, y la relación de longitud de falla (L) a anchura de falla (W) es aproximadamente 2:1 en un plano de falla rectangular. Para un análisis del riesgo de tsunamis, se parte de una estimación de los valores de L y W en base a los registros sismológicos de grandes sismos en la zona en estudio. El valor más fácil de estimar es L. Se estima que frente a la costa del Perú este valor es de 150 a 200 Kms. ( Mc.Cann y colaboradores).

### 5.1.3 MAGNITUD DEL SISMO.-

Una expresión general que nos indica el límite más bajo de la magnitud **Ms** (Richter) de un sismo tsunamigénico, es la dada por Iida (1970):

$$M_s = 6.3 + 0.005 D_f$$

en función de la profundidad focal ( $D_f$ ) en kilómetros. Se ha observado que sismos con magnitudes menores que aquella obtenida por esta relación no generan tsunamis. Iida concluye que para terremotos con focos poco profundos

y magnitudes menores de 6.4 es improbable el desarrollo de tsunamis, mientras que con magnitudes superiores a 7.15 pueden desarrollarse tsunamis extremadamente peligrosos.

## 5.2.- AREA DE GENERACION DEL TSUNAMI

Es la zona desde la cual se origina la propagación del tsunami. Esta zona está relacionada con el área afectada por el sismo generador y sus réplicas. Dicha área corresponde a una sección aproximadamente **elíptica** cuyo eje mayor es la línea de falla dominante. Se ha notado también (**Richter, 1958**) que el epicentro de un terremoto está ubicado normalmente en un extremo de una falla activa, y que comúnmente, un segundo gran terremoto posterior al primero ocurre en el otro extremo. Las ubicaciones de estos epicentros parecieran ocupar posiciones cercanas a los focos de estas elipses.

### 5.2.1 RELACION ENTRE EL EJE MAYOR Y EJE MENOR DE LA ELIPSE DE GENERACION (HOTARI, 1969).- (Delgado & García, 1982)

$$b/a = 3.77 - 0.42 M_s$$

en donde:

- b = Eje menor de la elipse (Km)
- a = Eje mayor de la elipse (Km)
- M<sub>s</sub> = Magnitud del sismo (Richter)

El conocimiento de la forma de la elipse de generación es útil para poder dibujar el **diagrama de refracción**, a partir de la zona de generación hasta la costa; así también, para poder estimar el tiempo de llegada a la costa de un tsunami de origen cercano.

### 5.3.- ESTIMACION DEL TIEMPO DE LLEGADA

El tiempo de llegada es aquel tiempo transcurrido entre el instante de generación del tsunami, hasta la llegada de la primera ola a la costa. Este tiempo puede ser desde unos cuantos minutos hasta muchas horas, dependiendo si se trata de un tsunami de origen cercano o de un tsunami de origen lejano, respectivamente. Este dato es primordial para planificar la evacuación, ya que es el tiempo que se dispone para retirar a la población de la zona inundable.

Existen 3 procedimientos para poder conocer el tiempo de llegada, que son:

- a) Métodos gráficos
- b) Registros mareográficos
- c) Referencias históricas.

#### 5.3.1 METODOS GRAFICOS.-

En el empleo de estos métodos se debe diferenciar dos situaciones:

##### 5.3.1.1 Cálculo del tiempo de llegada de un tsunami de origen lejano.-

Cuando un tsunami viaja una gran distancia a través del océano, se puede determinar el tiempo de llegada a la costa empleando las cartas de cálculo de tiempo dibujadas por el Sistema Internacional de Alarma, las cuales fueron realizadas teniendo en cuenta la esfericidad de la tierra. Estas cartas han sido confeccionadas para proporcionar el tiempo de viaje del tsunami, desde cualquier epicentro de un sismo en el Océano Pacífico a una localidad costera elegida.

Así por ejemplo, en la Fig. N° 5.1 se muestra una de estas cartas de tiempo efectuadas para el Callao (Perú). En ella se puede observar por ejemplo que un tsunami originado en Honolulu demorará en llegar hasta La Punta (Callao) 13 horas.

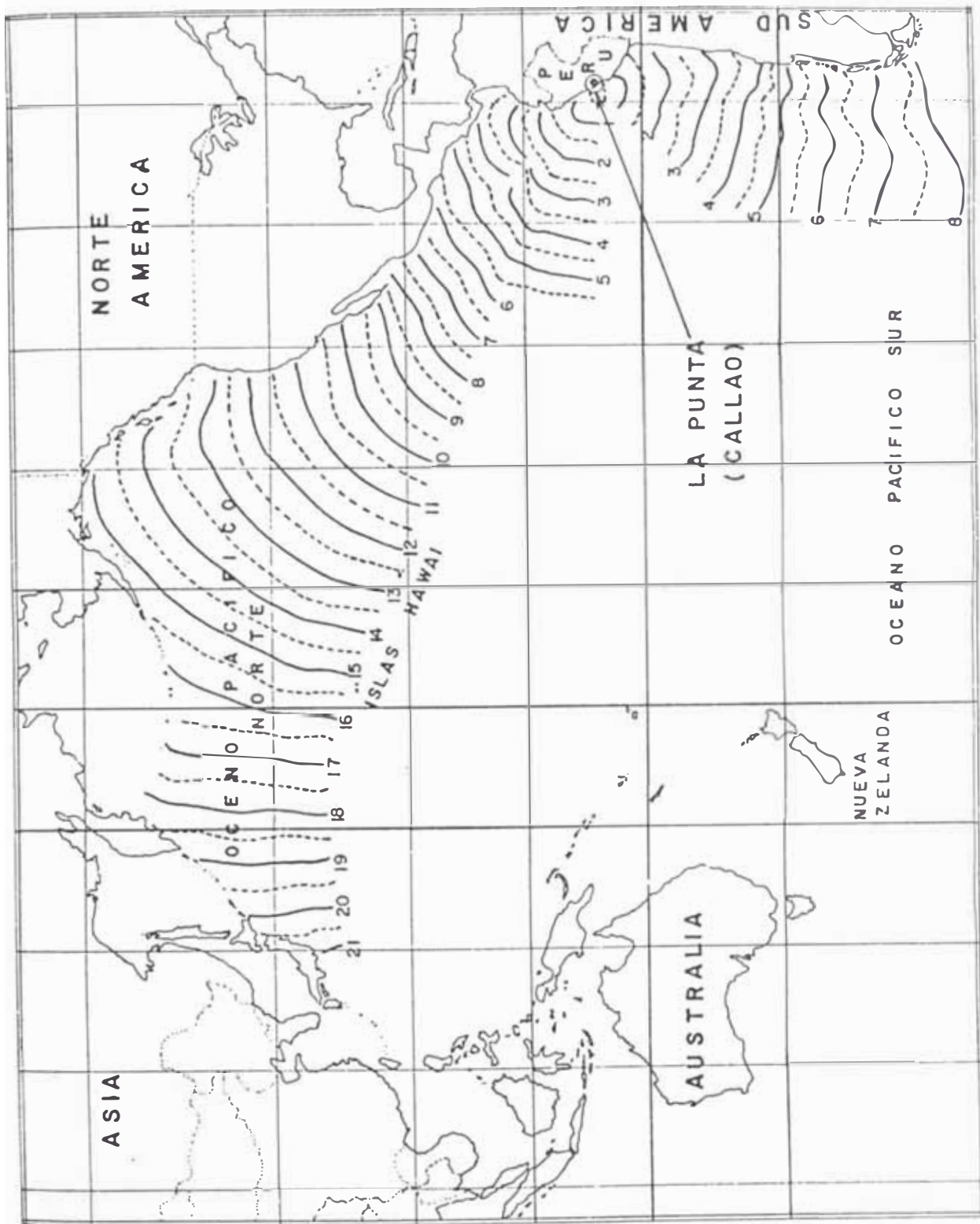


FIG. Nº 5.1 CARTA DE TIEMPO DE LLEGADA DE UN TSUNAMI DE ORIGEN LEJANO AL PERU.

Estas cartas de tiempo proporcionan resultados realmente confiables, con una aproximación de  $\pm 30$  minutos.

### **5.3.1.2 Cálculo del tiempo de llegada de un tsunami de origen cercano.-**

Este tiempo de llegada se calcula en forma directa y muy simple mediante gráficos y utilizando la elipse de generación detallado en la sección 5.2.1. Asumimos que el tsunami se origina por el levantamiento o hundimiento de un émbolo de forma elíptica, cuyo tamaño depende de la magnitud del sismo; desde el borde de dicha elipse, se calculan los frentes de ondas espaciadas 1 minuto, hasta que estas curvas llamadas de refracción, llegan a la costa. Para obtener el mínimo tiempo empleamos la condición más crítica, ubicando el centro de la elipse exactamente al frente del punto de interés de la costa.

Según este método, los cálculos efectuados para el Callao nos indican un tiempo de llegada de **25 minutos**. En la Fig. N°5.2 se muestra el diagrama de refracción del tsunami ocurrido el 3 de Octubre de 1974.

### **5.3.2 REGISTROS MAREOGRAFICOS.-**




Un mareógrafo es un instrumento mecánico que registra las variaciones del nivel del mar durante las 24 horas del día, las cuales son representadas gráficamente en un mareograma. Para la elaboración de dicho diagrama se requiere conocer las profundidades del océano (Batimetría) y la zona de origen del tsunami.

En el mareograma queda marcada la hora de ocurrencia del sismo, así como la hora en que el nivel del mar comienza a elevarse o descender en forma continua, con lo que se indica que la primera ola ya llegó. Luego, por simple diferencia podemos obtener el tiempo de llegada de la primera ola.

En el caso de La Punta-Callao, el registro efectuado el 3 de Octubre de 1974 arrojó un tiempo de viaje de la primera ola de **21 minutos**, tal como se muestra en la Fig. N°5.3.

REFERENCIA: UNDHA/Geneva, 1994  
 Delgado & García, 1982

**LEYENDA**

-  EPICENTRO SÍSMICO (3 Oct. 1974)
-  ÁREA DISLOCADA
-  CURVAS DE REFRACCIÓN

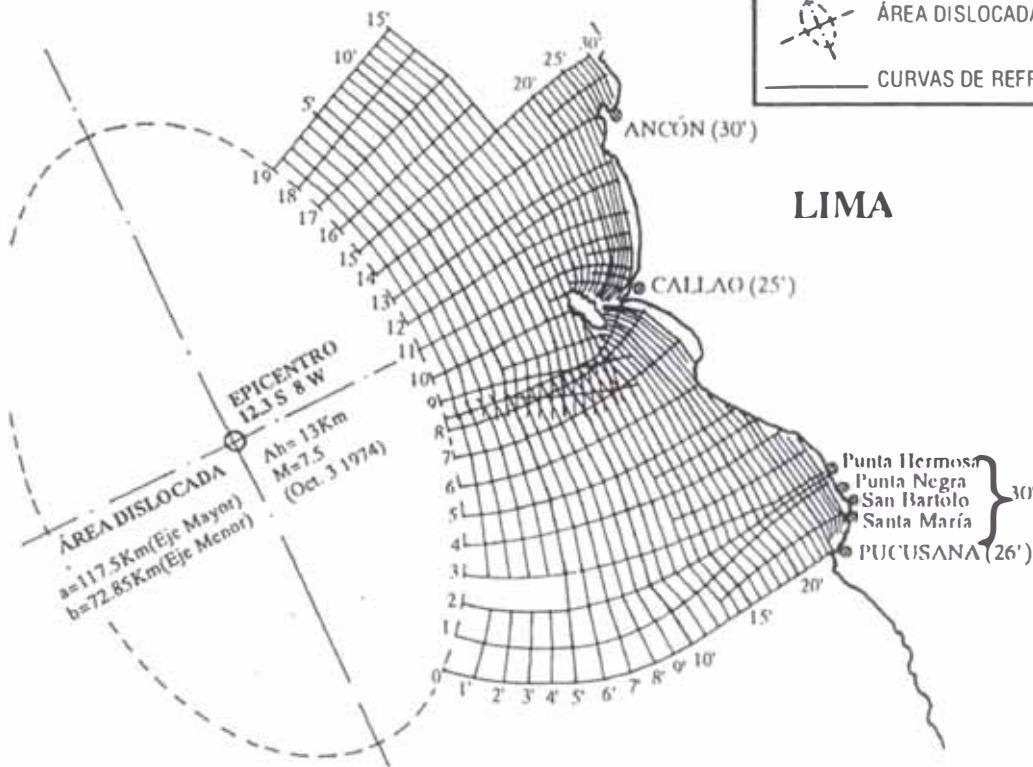


FIG. Nº 5.2 DIAGRAMA DE REFRACCIÓN: TSUNAMI DEL 3 DE OCTUBRE DE 1974.

**DHNM**  
**DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFÍA**

TIEMPO GRAFICO: 25 min. (al Callao)  
 TIEMPO REGISTRO: 21 min. (al Callao)

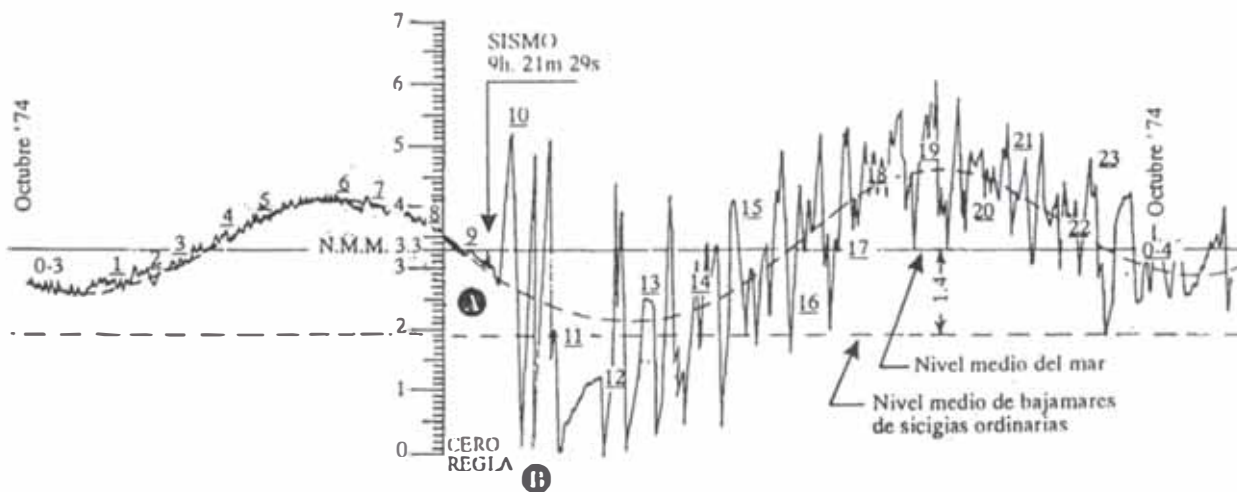


FIG. Nº 5.3 MAREOGRAMA: TSUNAMI DEL 3 DE OCTUBRE DE 1974.



La Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina tiene bajo su control las estaciones mareográficas de todo el litoral peruano. En nuestro país existen mareógrafos instalados en las localidades de Talara, Chimbote, La Punta, San Juan y Matarani.

### **5.3.3 REFERENCIAS HISTORICAS.-**

Para aquellos sismos y tsunamis de los cuales no se tienen registros instrumentales, las referencias históricas, tales como crónicas y relatos, nos proporcionan información acerca de las características y el tiempo de llegada del tsunami. Estas referencias pueden proporcionar informaciones confiables, aunque no muy precisas.

Por ejemplo, en las informaciones históricas del sismo del 28 de Octubre de 1746 en el Callao, la primera ola arribó a la costa **30 minutos** después de ocurrido el sismo.

## **5.4.- ALTURA DE OLA EN LA COSTA Y RUN-UP**

### **5.4.1 FACTORES QUE MODIFICAN LA ALTURA DEL TSUNAMI DURANTE SU PROPAGACION.-**

En esta sección se enumeran los factores que modifican la altura del tsunami en cada una de sus etapas de propagación. Como sabemos, el tsunami al atravesar el océano va modificando sus características, y esto se produce principalmente debido a la variación de la profundidad del océano por el cual atraviesa, propagándose desde zonas con una gran profundidad hasta llegar a la costa.

#### **5.4.1.1 Propagación en zonas de aguas profundas.-**

Generalmente, cuando el tsunami se propaga por zonas de gran profundidad alcanza alturas de onda pequeñas del orden de los 2 a 3 metros. La altura de onda del tsunami en la zona de generación es principalmente

gobernada por la magnitud del desplazamiento vertical de la falla, causado por el sismo. Pero también debe considerarse la velocidad de este desplazamiento.

En el caso de ocurrir un desplazamiento vertical instantáneo, la altura de onda inicial es igual al desplazamiento vertical del fondo marino, mientras que en el caso de un desplazamiento gradual, se produce una amplitud del tsunami aproximadamente igual a la mitad del desplazamiento vertical de la falla.

#### **5.4.1.2 Propagación en zonas cercanas a la costa.-**

Las diversas características de la topografía submarina (batimetría), islas, forma de las bahías y pendiente de las mismas, penínsulas y otros accidentes costeros, modifican las ondas de un tsunami cuando se aproxima a la costa. Todos ellos modifican el período del tsunami y la altura de onda, además, pueden causar resonancia de ondas, reflejar la energía de la onda, y causar que la onda se transforme en olas de gran poder destructivo.

Debido a la fricción existente del tsunami con el fondo marino, la disipación de la energía ondular del tsunami es mucho mayor en un mar poco profundo que en uno profundo.

Debemos destacar los siguientes factores que modifican la altura de ola, cuando el tsunami ingresa a una bahía:

- a) Influencia de la configuración de la bahía.
- b) Influencia de la pendiente de la bahía.
- c) Influencia del período natural de oscilación.

#### **5.4.1.3 El tsunami y su comportamiento sobre tierra.-**

Debido a la combinación de la velocidad que alcanza el tsunami y las grandes alturas que alcanza al llegar a tierra, se pueden generar poderosas fuerzas sobre las estructuras cercanas a la costa. Justamente, se debe estimar el probable Run-Up para poder determinar el daño potencial en las poblaciones costeras, y de esta manera delimitar la zona de inundación a lo largo de la costa. Esto es ventajoso para optimizar el funcionamiento del

sistema de alarma, permitiendo **evacuar oportunamente** a la población de las zonas inundables.

Generalmente, para determinar la altura del Run-Up de un sector particular de la costa, se toma la máxima altura observada en forma conservadora.

Podemos destacar los factores más importantes que modifican el Run-Up: los efectos de la pendiente del terreno, los obstáculos que encuentran al avanzar sobre la costa, la posible convergencia de energía del tsunami por efectos de la topografía costera, y el período del tsunami.

#### **5.4.2 METODOS PARA ESTIMAR LA ALTURA DE OLA.-**

Se pueden emplear tres tipos de procedimientos para el cálculo de la altura de ola: fórmulas empíricas, métodos numéricos, y estudio de registros históricos (Delgado & García, 1982).

##### **5.4.2.1 Fórmulas Empíricas.-**

**- Fórmula de Yamaguchi:**

$$h = 12.3 e^{-0.067D}$$

en donde:

h = Altura de ola, en la línea costera (m).

D = Distancia desde la costa hasta la isóbata de los 100 m. (Km).

Esta fórmula fue deducida por Yamaguchi, luego de sus observaciones de los efectos del tsunami ocurrido en Sanriku, Japón, en 1933. Dicha fórmula calcula la altura de ola en la cota batimétrica de los 100 metros, cuando la costa tiene una configuración abierta.

- **Fórmula de Silgado:**

$$\log h = 0.79 M - 5.7$$

en donde:

h = Altura de ola (m).

M = Magnitud del sismo (Richter).

La expresión anterior fue deducida por Silgado, en 1978, en un estudio sobre la recurrencia de tsunamis en la costa Oeste de Sudamérica. Para ello, empleó datos sobre sismos tsunamigénicos ocurridos entre 1746 y 1974 en dicha zona.

#### **5.4.2.2 Métodos Numéricos.-**

**Aida** (1977 - 1979) confirmó que en muchos casos de tsunamis catastróficos, la distribución de las alturas de olas a lo largo de la costa pueden ser reproducidas con un razonable grado de aproximación por un modelo hipotético de la falla que da origen al sismo, el cual debe ser consistente con la información sismológica. Así también se puede predecir la distribución de alturas de ola en la costa, con un estudio profundo de las características sismológicas de la zona y con el empleo de un método numérico adecuado.

#### **5.4.2.3 Registros Históricos.-**

La existencia de datos históricos de tsunamis ocurridos en una región, permite estimar la altura de ola máxima que se puede esperar en una localidad, mediante el uso de métodos estadísticos y probabilísticos.

Los registros históricos pueden encontrarse en catálogos especializados (Soloviev, lida, Cox, etc.). Tales registros pueden ser comprobados y complementados por los registros instrumentales (Mareogramas).

## 5.5.- DIRECCION DEL TSUNAMI

Un aspecto muy importante que debe tomarse en cuenta en todo plan de evacuación, es el referente a la dirección del tsunami al acercarse a las costas.

Las olas constituyen el principal agente erosivo y de acción de transporte de los sedimentos, por lo que determinar la dirección de ataque de las olas para la localidad estudiada, es fundamental si queremos prever las zonas que serían las más afectadas.

En términos generales, se sabe que ante los embates de las olas, han resistido bastante bien las estructuras de concreto armado y ladrillo con muros paralelos a la dirección de avance del tsunami, de tal modo que ofrezcan el menor frente posible a la presión hidráulica y con su cimentación protegida contra la erosión.

En cambio, las construcciones ligeras de madera sin el debido anclaje a la cimentación, así como las construcciones de quincha y adobe, han sido fácilmente arrastradas y destruidas. Es por ello que en zonas ribereñas de costa accidentada, es importante determinar la dirección de ataque de las olas.

Para el caso de las localidades objeto del presente estudio, la dirección predominante de las olas es hacia el **Norte**. Después de penetrar en la bahía de Miraflores, el oleaje se desvía alrededor de los obstáculos rocosos que limitan a la isla San Lorenzo por el **Nor-Oeste**.

Mientras en la bahía del Callao las olas son relativamente débiles, en la Mar Brava reina permanentemente una agitación bastante importante. Esto proviene del hecho que la bahía del Callao se encuentra protegida por el abrigo natural que le ofrece la isla **San Lorenzo**, por lo cual sus aguas son tranquilas. Por el contrario, las pendientes de la Mar Brava son muy inclinadas, ocasionando que las olas ataquen en forma constante e inexorable las vecindades de la orilla.

# *CAPITULO 6*

## *MITIGACION DE DESASTRES: FORMULACION DEL PLAN DE SEGURIDAD*

---

### **6.1.- OBJETIVOS DEL PLAN DE SEGURIDAD**

El objetivo esencial del plan de seguridad es el de garantizar la seguridad de la población, orientando las políticas y acciones del plan general de desarrollo por medio de criterios que tengan en cuenta el factor seguridad; por lo tanto estos objetivos son los siguientes:

**6.1.1** Proteger la vida humana y la propiedad, para lo cual es necesario mejorar en forma gradual y al mínimo costo las condiciones que existen en el área inundable.

**6.1.2** Mitigar los efectos destructivos que trae consigo el tsunami.

#### **a) Prever las condiciones pre-desastre**

- Permitir en la zona de peligro sólo usos que no puedan darse en cualquier otro sitio.
- Destinar las actividades públicas que tengan relación con el mar y actividades marinas, teniendo en cuenta criterios de seguridad.
- Aprovechamiento de los recursos existentes como medios de protección.
- Incorporación de pautas y medidas especiales de seguridad, en coordinación con aquellas que propone el diseño urbano tradicional.

- Establecer políticas de mejoramiento de las edificaciones, vías y espacios abiertos existentes, especialmente en los asentamientos humanos y en aquellos sectores que representan alto potencial de riesgo.
- Erradicación de todo elemento que represente peligro dentro del área expuesta al tsunami, como tanques de petróleo, depósitos químicos, etc.
- Incorporación de sistemas de drenaje, en prevención de posibles inundaciones.

#### **b) Prever las condiciones post-desastre**

- Reubicación del equipamiento de emergencia disponible hacia áreas seguras.
- Implementar áreas destinadas a ofrecer refugio en caso de evacuación.
- Elaborar planes de evacuación en caso de alarma de tsunami y garantizar su efectividad, así como el fácil acceso al área para las acciones de salvataje y remoción de escombros.
- Asegurar la atención a la demanda de servicios básicos (agua, energía) durante la etapa de recuperación después del desastre.

#### **6.1.3 Localizar y limitar el área afectada.**

**a)** Es muy importante para los estudios de planes de reestructuramiento de la ciudad, establecer los límites de las áreas inundables, con el fin de lograr un manejo acertado en el uso de suelo, en especial cuando se trate de zonas industriales donde se inviertan grandes capitales, y áreas residenciales de alta densidad.

**b)** Con el propósito de establecer algunas medidas de prevención y protección de estas áreas contra tsunamis, debemos identificar sub-zonas críticas por rangos de prioridad de intervención, ya que dentro del área no se produce el mismo grado de riesgo.

**6.1.4** Dinamizar la capacidad operativa y técnica de la administración pública (Concejo Provincial, municipalidades distritales, Corde Callao, organismos del gobierno central) en conjunción con Defensa Civil, a fin que sean reales gestores del desarrollo y de la prevención y mitigación de desastres, para poder hacer frente a cualquier desastre que se presente en el área.

## **6.2.- ACCIONES DE POLITICA DE SEGURIDAD POR SECTORES**

Las acciones de política multisectorial para la zona, que se presentan a continuación, han sido propuestas en base a una previa evaluación de las condiciones existentes en ella, teniendo en cuenta el factor **seguridad**. Estas son como sigue:

### **6.2.1 SECTOR INDUSTRIA.-**

En la continua ejecución de inversiones, se deberá tener en cuenta que la industria que convendría darse en la zona, sea de tipo liviano. Esto quiere decir, que en caso de desastre, las pérdidas de capital, maquinarias, etc. serían mínimas, comparadas a las pérdidas que se ocasionarían en grandes industrias.

Así también, se debe considerar que los futuros proyectos deben estar sujetos a normas de seguridad que tomen en cuenta la ubicación de las edificaciones en áreas recomendables, en especial para usos industriales; en resguardo de la población ante los efectos contaminantes y de peligrosidad (petróleo, elementos químicos, explosivos, etc.) que éstos puedan producir. De ahí que se propone:

- Erradicar la industria que tiene un alto grado de peligro y desarrollarla fuera del área inundable.
- Debemos tratar en lo posible que la actividad industrial no se interfiera con las áreas residenciales dentro del área; las industrias deben separarse de las viviendas.
- Se debe conservar la actividad marino-industrial dentro del área, dada su necesaria cercanía al mar como los astilleros.



- Todo el personal que trabaja en las industrias cercanas al mar, tales como molineras, astilleros y otros, debe estar en constante alerta, ya que serán los damnificados en caso de tsunami.

### **6.2.2 SECTOR PESCA.-**

Es recomendable ubicar en zonas estratégicas y aislar de zonas que están consolidadas, al área de astilleros y reparación de barcos, ya que éstas representan un grave peligro debido a que no podrían ser evacuadas a tiempo en caso de alarma de tsunami.

El objetivo de crear puertos anexos al Terminal Pesquero, en zonas fuera de éste, sería muy ventajoso en materia de seguridad, ya que si se amplía y se mejora el mismo Terminal Pesquero y el Muelle Artesanal, se teme que sería mayor la flota que debería evacuar mar adentro, lejos de las orillas, para evitar ser arrastrados hacia las costas en caso de un tsunami. Pero se deberá tener también en cuenta, en dichos puertos anexos, los criterios de seguridad.

### **6.2.3 SECTOR HIDROCARBUROS.-**

Es conveniente, debido al peligro que representan dentro del área, considerar el traslado de los depósitos de petróleo existentes hacia zonas alejadas del área inundable, por tratarse de productos inflamables, depositados en reservorios de gran capacidad, los cuales podrían ocasionar explosiones e incendios de gran magnitud en caso de producirse el evento.

### **6.2.4 SECTOR COMERCIO.-**

Sin lugar a dudas, uno de los principales obstáculos para llevar a cabo la evacuación necesaria ante la alarma de tsunami, es el comercio ambulatorio concentrado a lo largo de las avenidas principales, sumado al posible derrumbe de las edificaciones por su poca resistencia sísmica. Es por ello, que se recomienda la pronta reubicación de dicho comercio creando nuevos campos feriales, a fin de establecer mejores condiciones de seguridad para el desarrollo de sus actividades. Se recomienda además, la ubicación de centros comerciales y mercados populares en áreas seguras y alejadas de las orillas.

### **6.2.5 SECTOR TURISMO.-**

En caso de que se diera un tsunami, se teme la destrucción de gran parte de los centros de atracción turística y para lo cual es necesario hacer un inventario detallado de todas las edificaciones antiguas, con el propósito de reestructurar o fortalecer las edificaciones de la zona monumental. Sin embargo, para proteger a la población de las construcciones que se encuentran en pésimo estado, deberán necesariamente demolerse y contemplar otros proyectos adecuados.

Los proyectos de construcción de hoteles y restaurantes turísticos dentro del área inundable podrían estar ubicados cercanos a las orillas, por el paisaje que ofrece el mar; pero siempre que se contemple los criterios de seguridad y se tomen las previsiones necesarias para acondicionarlos para casos de evacuación.

### **6.2.6 SECTOR COMUNICACIONES.-**

El plan de seguridad propone garantizar las acciones de evacuación a través del Sistema de Detección y Advertencia de Tsunamis, existente en la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina. Dicho sistema es el componente principal para la prevención de la red de emergencia, ya que los tsunamis están asociados a fuertes terremotos, y la detección de éstos constituye la base técnica para llevar a cabo el sistema de advertencia del peligro. De ahí que se propone relacionar los siguientes servicios:

- El componente geofísico, que consistirá en establecer sismógrafos, medidores de marea, comunicaciones asociadas, oficinas principales y personal de operación.
- El campo de comunicaciones, que consistirá de facilidades y personal, el cual relaciona el componente geofísico con Defensa Civil y organizaciones como la Policía Nacional.
- Los receptores públicos, que se encargarán de advertir directamente la presencia del tsunami, cubriendo las áreas de riesgo en su totalidad mediante señales de advertencia para la evacuación del área afectada.

De otro lado, la población que ocupa estas áreas deberá estar siempre advertida del peligro de tsunamis a través de diversos medios:

- El sistema de red de sirenas transmitirá el mensaje dado por Defensa Civil.
- Toda guía telefónica deberá contener impresas las zonas a evacuarse en caso de alarma. Esta información mantiene en alerta y en constante advertencia a las zonas costeras inundables.
- Otros mecanismos menos formales incluyen postes de señales en playas, tiendas y hoteles ubicados en zonas de alta concentración poblacional, indicando los lugares hacia donde deben evacuar en forma muy simple y clara.

Asímismo, se debe informar y educar al público de los reales peligros que traen consigo los fenómenos sísmicos y tsunámicos, y evitar el pánico general. Esto podría darse a través de **cartillas de información** repartidas gratuitamente en todos los hogares de la zona inundable, o a través de programas especiales en televisión.

#### **6.2.7 SECTOR EDUCACION.-**

Se recomienda que los centros educativos ubicados dentro del área inundable que estén en regular o mal estado de conservación, deberán ser remodelados y reubicados, respectivamente. En caso que deban ubicarse necesariamente dentro del área, deberán cumplir con las condiciones de seguridad propuestas.

Necesariamente se debe poner en conocimiento de la población, incluyendo a los que hacen uso de los locales educativos, el peligro existente en el área y entrenarlos con la debida anticipación sobre los medios para poner a salvo sus vidas. Esto podría darse a través de un curso de **Defensa Civil** en todos los colegios y centros de educación superior, que permita orientar sus acciones antes, durante y después del evento, a fin de salvaguardar la vida de los pobladores. Defensa Civil, a su vez, coordinará con los diferentes sectores (salud, vivienda, etc.) para brindar a la comunidad asistencia técnica y capacitación, que le permita desenvolverse en forma adecuada antes, durante y después del desastre.

### **6.2.8 SECTOR SALUD.-**

Todas las acciones de emergencia en la etapa de post-desastre deben estar coordinadas debidamente, a fin de no improvisar los sistemas de auxilio y evaluación de daños. Es así, que las entidades de salud del Callao y La Punta deberán tener una estrecha y continua relación con la **Dirección del Área de Salud** (ubicada en el Hospital Rebagliatti), ya que esta entidad establece toda una organización planificada para situaciones de desastre y determina los objetivos y acciones de auxilio para una posterior implementación de los recursos.

Los locales que prestan servicios de salud, ubicados en áreas de mayor riesgo, deberán ser reubicados con el fin de garantizar el cumplimiento de sus funciones en caso de post-desastre.

### **6.2.9 SECTOR VIVIENDA.-**

Las edificaciones de uso residencial deberán cumplir con requisitos especiales de diseño arquitectónico y estructural, y ciertas condiciones de seguridad, especialmente en aquellas construcciones residenciales de alta densidad poblacional ubicadas a orillas del mar.

Algo muy importante que señalar, es que debido al alto índice de tugurización y al tipo de vivienda existente, se propone desde el punto de vista de seguridad, que los edificios multifamiliares debidamente ubicados y diseñados, podrían funcionar como centros de refugio de emergencia, ya que sus pisos altos son los más adecuados para poner a salvo a la población.

Debido a que la mayoría de las edificaciones están hechas a base de material noble y precario, en un pésimo estado de conservación, se deberá coordinar las acciones respectivas de intervención, como renovación, remodelación y rehabilitación de las viviendas en las áreas más críticas, como una medida de prevención ante un tsunami.

### **6.2.10 SECTOR TRANSPORTE.-**

La infraestructura vial debe ser la más importante a considerar en cuestión de organización y planificación, para la prevención y mitigación de desastres del

área inundable, por tratarse de un área donde la seguridad depende de la fluidez y del fácil acceso que ésta ofrezca hacia áreas seguras en caso de evacuación.

Una propuesta en este punto, es la de realizar un estudio con el fin de establecer prioridades con una adecuada jerarquización, mejoramiento y ampliación de vías, en base a criterios de seguridad. Consistiría en acondicionar, fuera del límite de inundación, una **vía principal** (junto con las troncales de agua, desagüe y energía) y, en caso que no pueda "retirarse" fuera del área, al menos un circuito claramente identificable deberá garantizar la evacuación de la población. A partir de esta vía paralela o tangente al área inundable, se podrá permitir la penetración de vías secundarias con bajo flujo vehicular, destinadas a abastecer y cubrir las zonas cercanas a las orillas, como en el caso de **La Punta**. Esta restricción también implica la penetración de colectores secundarios de infraestructura básica que en caso de tsunami, no producirían la escasez de los recursos en su totalidad, ya que las redes troncales principales estarían a salvo.

Las calles deberán estar libres de obstrucciones y ser amplias para resguardo de los peatones en caso de evacuación. Se prohibirán los paraderos principales, es decir, las zonas de parqueo para la llegada y salida de unidades de transporte urbano, dentro del área inundable, así como se limitará el ingreso de vehículos de transporte masivo a La Punta.

También se propone el mejoramiento de las calles de la zona sur del Callao, donde las condiciones del suelo y los efectos erosivos del mar han originado destrozos en pistas y veredas, principalmente en las zonas más cercanas al mar. El adecuado mantenimiento de estas vías garantizará la evacuación de la población, en tanto se enriquecen las perspectivas de la fisonomía urbana de las calles.

#### **6.2.11 SECTOR SERVICIOS BASICOS.-**

Dentro de los servicios elementales que se brinda a la población, podemos destacar al sector de energía eléctrica y al de agua y desagüe, los cuales nos conducirán a establecer algunas propuestas dentro de la política de seguridad del plan de evacuación.

En el sector de **energía**, se propone la ampliación y mejoramiento del servicio eléctrico en las zonas críticas, los cuales deberán realizarse bajo criterios de seguridad de tal forma que no atente contra la seguridad física de las personas en caso de tsunami.

Debe evitarse además, el tendido de redes de alta tensión y troncales en áreas poco recomendables y de gran riesgo.

En relación al rubro de **agua y desagüe**, debemos tener en cuenta las siguientes propuestas:

Se debe tomar precauciones ante una posible inutilización del servicio durante un posible tsunami; así, el previo almacenamiento de agua necesaria garantizará la salud de los pobladores durante el desastre y la posterior reconstrucción de las zonas afectadas.

Los tanques elevados que necesariamente se encuentran en áreas como La Punta, representan un grave peligro en caso de ser dañados por un tsunami. De ahí que para mayor seguridad, se hará un control riguroso de su estado. Sin embargo, para la creación de nuevos pozos se tendrá en cuenta un diseño estructural adecuado y se cumplirá con todas las especificaciones dadas en cuanto a su ubicación.

Debe existir un **sistema de drenaje** que contemple los mecanismos para contrarrestar posibles inundaciones por tsunamis. Hay que tener en cuenta que en caso de tsunami, las troncales de agua y desagüe de La Punta quedarían inutilizadas por los efectos de inundación. Sería conveniente establecer un sistema adecuado, de tal forma que al mínimo costo se pueda garantizar daños menores, que no representen grandes pérdidas económicas.

#### **6.2.12 SECTOR RECREACIONAL.-**

La actividad recreacional se ve fortalecida con el incremento de espacios naturales junto a las orillas; esto está íntimamente relacionado con el turismo en el Callao. Se debe tener indudablemente en cuenta los respectivos factores de seguridad en las construcción y remodelación de restaurantes, hoteles, etc.

El incremento de **áreas verdes** para deporte y recreación contribuye al control de la contaminación ambiental, y a cambiar la fisonomía urbana de abandono que presenta el área. Las áreas verdes al interior del área y particularmente en las orillas, estarán destinadas a la función de amortiguar el impacto de las olas en caso de tsunami.

Se deberá dar un adecuado mantenimiento a las áreas de recreación como playas y plazas, promocionando las diversiones que se pueden dar en ellas, además de las actividades recreativas en el mar, como paseos en bote, la práctica del remo, competencias de deporte náutico, etc.

Se propone la conservación de estos espacios en términos de intangibilidad, es decir que debe existir un control para la no ocupación de estas áreas, especialmente en las orillas cercanas al mar.

## **6.3.- PROPUESTAS PARA MITIGACION DE DESASTRES**

### **6.3.1 PLANEAMIENTO URBANO DEL AREA INUNDABLE.-**

El plan de seguridad propone a través de sus acciones de política sectorial una nueva estructuración urbana del área inundable, que sea compatible con el grado de riesgo existente y teniendo en cuenta el factor seguridad.

Es importante que se tenga para la zona inundable un plan de uso del suelo cuidadoso e integral, que contemple los criterios de seguridad. Los estudios de **Microzonificación Sísmica** son la base fundamental para proponer los usos del suelo más apropiados.

En los países pobres en vías de desarrollo, como el Perú, la construcción de costosas defensas contra tsunamis, para proteger a la población y las propiedades existentes (como se hace en Sanriku, Japón), está fuera de sus posibilidades económicas, ya que tienen otros requerimientos que son más urgentes. La opción más lógica y económica es pues, simplemente dejar una franja frente al mar, libre de construcciones que no sean necesarias para las actividades marinas. El ancho de esta franja depende de la altura de ola en la costa y lo que avanzaría tierra adentro.

En las 2/3 partes de esta franja es recomendable construir sólo estructuras que necesariamente deben estar cerca al mar, como clubes de verano, depósitos de muelles, etc. Esta zona debe ser preferentemente usada con fines recreacionales.

En la tercera parte de la franja inundable tierra adentro, se debe permitir sólo construcciones económicas que no sean afectadas por las inundaciones, y que no alberguen muchas personas.

### **6.3.2 MEJORAMIENTO URBANO.-**

#### **6.3.2.1 EDIFICACIONES:**

Es evidente la urgente necesidad de viviendas, dado el gran número de población que carece de ella, por lo que debería hacerse los estudios técnicos necesarios para determinar las áreas más recomendables para uso residencial.

El Estado y las diversas entidades públicas y privadas involucradas, deben participar activa y organizadamente para dar una solución adecuada a los problemas de vivienda que aqueja a los pobladores.

Un alto grado de peligro en la seguridad de la población, lo constituye el alto índice de tugurización y abandono en zonas deterioradas, en donde deben establecerse las acciones de mejoramiento y reacondicionamiento en prevención de posibles daños. Obviamente, que las acciones más inmediatas deberán hacerse en las zonas ubicadas en las partes más bajas y cercanas a las orillas, pues serán éstas las que primero sufran las consecuencias de un tsunami.

Se debe procurar que las edificaciones se encuentren en buen estado de conservación, y aquellas construcciones precarias ubicadas en zonas críticas deberán ser reemplazadas por otras nuevas, para garantizar la seguridad de los pobladores. Lo ideal sería no volver a ocupar dichas zonas de alto riesgo y acondicionarlas como áreas recreativas.

Es importante establecer acciones primarias de seguridad para rescatar el patrimonio histórico, resguardando también a la población. Debe haber también, una labor de mejoramiento de las edificaciones antiguas, y todo esto se podrá



realizar mediante una promoción directa a través del **Instituto Nacional de Cultura (INC)**.

De manera imprescindible, se debe reubicar toda la actividad comercial ambulatoria hacia zonas amplias y apropiadas, para evitar las obstrucciones de avenidas principales en caso de evacuación.

Reubicar los colegios y centros de educación, hospitales, asistencias de salud y otros centros de servicios básicos que se encuentren en áreas cerca de las orillas; pero si no fuera posible, al menos se debería prever un sistema de evacuación efectiva.

Se debe crear sistemas de señalización y ubicarlos en lugares estratégicos, como carteles grandes en cruces de importantes avenidas, y que podrían ser auspiciados por prestigiosas firmas comerciales. En estos carteles de señalización, se informaría e indicaría las rutas de evacuación tanto peatonal como vehicular, así como también, la localización de los centros de refugio más cercanos.

Las estaciones de bomberos existentes en el área inundable deberán ser reubicadas fuera de los límites inundables, es decir en áreas seguras para garantizar sus servicios a la población en caso de desastre.

#### **6.3.2.2 INFRAESTRUCTURA Y VIAS:**

La Oficina de Naciones Unidas para la atención de desastres (UNDRO, hoy UNDHA/Geneva) propuso en Ginebra, en el año 1978, un Plan de Evacuación ante la ocurrencia de fenómenos destructivos. Los planes de transporte formulados con tal propósito deben coordinarse con dicho plan de evacuación, para garantizar la seguridad de la población que ocupa las zonas críticas.

Las pistas y veredas que se encuentren en mal estado deben ser rehabilitadas, para facilitar el rápido desplazamiento de los pobladores al momento de evacuar la zona inundable. Debe realizarse estudios para solucionar el congestionamiento del flujo vehicular y/o peatonal hacia las vías principales de evacuación, así como también las zonas de obstrucción potencial.

Asímismo, debe efectuarse estudios referentes al acondicionamiento de las redes o centros de almacenamiento de servicios de agua, desagüe (drenaje) y energía eléctrica, en coordinación con los estudios de realineación de las vías principales fuera del área inundable.

Los estudios realizados para los corredores principales de servicio de transporte urbano pesado, semipesado y liviano, deberán ser complementados entre sí.

Para contribuir con el descongestionamiento de otras avenidas, y lograr un tráfico fluido, debe habilitarse vías de acceso a las playas.

En aquellas zonas susceptibles a la erosión provocada por el mar, es conveniente introducir los criterios de arborización. Para ello, se propone la plantación de árboles de raíces profundas.

### **6.3.2.3 AREAS LIBRES Y ZONAS ABIERTAS:**

Se debería ampliar las áreas de playa y darles un adecuado acondicionamiento para la seguridad de la población, de tal forma que en la zona costera no existan construcciones ni edificaciones que permitan la convergencia de elementos, y que hagan de estas áreas libres, zonas congestionadas que pudieran obstaculizar la evacuación de la población.

Es importante la creación de espacios abiertos, como playas amplias, áreas verdes, plazas, etc., de tal manera que con un especializado estudio y una debida orientación se contrarreste el efecto de la ola y amortigue su impacto, permitiendo de esta forma una considerable disminución de los daños.

La construcción de rompeolas o dársenas sirvan como medio de defensa, protección y reforzamiento físico de las orillas, para lo cual se propone un sistema de **enrocado** capaz de resistir la braveza de las olas.

Ya que existen zonas con elementos importantes que se deben conservar dentro del área inundable, éstas deberían tener un adecuado mantenimiento, pero siempre teniendo en cuenta un sistema de señalización efectiva, en donde se indiquen preferentemente las rutas de evacuación a seguir.

# *CAPITULO 7*

## *METODOLOGIA PARA LA FORMULACION DE UN PLAN DE EVACUACION EN CASO DE ALERTA DE TSUNAMI*

---

Este capítulo tiene como objetivo establecer, de manera secuencial, los conceptos y criterios que deben emplearse para la elaboración del plan de evacuación de localidades que se verán afectadas en caso de tsunami de origen cercano.

### **7.1.- DEFINICION**

El plan de evacuación de ciudades lo definimos como el conjunto de normas y acciones organizadas, establecidas bajo la hipótesis de alarma de tsunamis, con el fin de reducir la pérdida de vidas humanas.

### **7.2.- LOCALIZACION Y DELIMITACION DE LA ZONA CRITICA**

Dentro de la localidad que se estudia, se delimita la zona que de acuerdo a las características topográficas y de ubicación en relación al mar, se estima será inundada por acción del tsunami.

La zona crítica se delimita básicamente a partir de la altura de ola de diseño correspondiente, calculada con los métodos expuestos en el **Capítulo 5** de la presente Tesis. Esta zona delimitada luego se corrige, considerando los efectos de fricción cuando el mar avanza tierra adentro. Es evidente pues, que la localización y delimitación de la zona inundable es sumamente importante para la formulación del plan de evacuación.

### 7.3.- INVESTIGACION DE LA REALIDAD DE LA ZONA EN ESTUDIO

Cuanto más concienzudamente se realice esta investigación, dependerá la eficacia de la operación del plan de evacuación que se formula. Por lo tanto, los aspectos más importantes que serán investigados son:

- **Poblacional:** Número, edad y sexo.
- **Cultural:** Nivel cultural que tiene la población, de acuerdo a sus conocimientos de desastres sísmicos y de tsunamis.
- **Salud:** Número de impedidos físicos y mentales.
- **Plan urbanístico:** Distribución de calles, ancho de vías y altura de edificios, localización de amplias áreas verdes fuera de la zona inundable.
- **Plan vial:** De acuerdo a lo establecido por la Dirección de Señalización del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción, en relación al sentido de circulación vehicular.
- **Tipo de uso del suelo:** El uso puede ser diverso: en vivienda, comercio, salud, educación, industria, servicios y equipamiento comunal.
- **Estadística de edificaciones:** Se clasifican las edificaciones de acuerdo al material de construcción y al uso que se les dé. Es muy importante el estado de conservación de dichas edificaciones.
- **Estimación general de daños:** Este aspecto se toma en cuenta en caso de sismos de intensidades altas (VIII-IX M.M.).
- **Estimación operativa de servicios básicos:** Comprende el sistema de abastecimiento de agua, desagüe y energía eléctrica; evaluar dichos sistemas en cuanto a su funcionamiento y estudiar sistemas alternativos en caso de desastre.
- **Seguridad y protección:** Estimar la capacidad de centros de asistencia médica y hospitalaria ubicados en la zona de estudio. Localizar y ubicar puestos estratégicos de resguardo policial.

## 7.4.- ANALISIS Y DETERMINACION DE LAS VIAS DE EVACUACION

### 7.4.1 VIAS DE EVACUACION O RUTAS DE ESCAPE.-

Están constituidas por las avenidas, jirones o calles, que en caso de alarma de tsunami conducirán a la población que habita la zona crítica hacia zonas seguras, tales como refugios de emergencia, refugios temporales y/o zonas de cotas mayores a 10 metros sobre el nivel del mar.

### 7.4.2 VIAS DE EVACUACION PRINCIPALES.-

Son aquellas vías por donde se puede salir en forma rápida de la zona crítica hacia zonas seguras, de tal manera, que en estas vías de evacuación convergerá el mayor flujo de vehículos y peatones provenientes de las vías de evacuación secundarias.

Las vías de evacuación principales se caracterizan fundamentalmente por:

- a) Tener pendiente ascendente respecto al nivel medio del mar y/o alejarse de la línea costera.
- b) Estar en lo posible libres de obstáculos que dificulten la evacuación, y poseer una amplitud apropiada.
- c) Poder ser transitables después de un sismo de intensidad VIII-IX M.M.

Estas vías de evacuación principales pueden ser **vehiculares** o **peatonales**.

Las vías de evacuación **vehiculares** principales tienen el sentido de tráfico vehicular normal para salir de la zona crítica, ya que resulta favorable y recomendable para conducir la mayor cantidad de vehículos hacia zonas seguras durante el período de evacuación.

En las vías de evacuación **peatonales** principales sólo podrán converger peatones, ya que el tránsito vehicular quedará interrumpido por estas vías con el fin de evacuar a la mayor cantidad de peatones hacia zonas de refugio.

Se recomienda escoger como vías de evacuación peatonales principales a las vías que generalmente sirven para el ingreso de vehículos a la zona crítica, ya que de acuerdo a las medidas que se adoptan, se restringe el ingreso de vehículos a la zona inundable.

### **7.4.3 VIAS DE EVACUACION SECUNDARIAS.-**

Las vías de evacuación secundarias son aquellas que convergen en las vías principales, y que conducen hacia dichas vías el flujo de vehículos y peatones. Generalmente, de acuerdo al estado de estas vías, es decir, al estado de mantenimiento de las pistas y veredas, se considerará para la evacuación que los vehículos circularán en las pistas y los peatones en las veredas, bermas y/o jardines.

### **7.4.4 ANALISIS DE LA CAPACIDAD DE SERVICIO DE UNA VIA DE EVACUACION.-**

Este análisis se hará para cada una de las avenidas o calles más importantes que dentro del plan de evacuación de una localidad, se hayan designado como vías de evacuación, ya sea vehiculares o peatonales. Dicho análisis para cada caso constará de:

- **Definición:** En la cual se especifica el tipo de servicio que prestará la vía durante el período de evacuación, y la zona a la que sirve principalmente.
- **Descripción:** Se describirá el recorrido que sigue la vía, así como sus dimensiones, características de su perfil topográfico, estado de mantenimiento de pistas y veredas, enumeración de obstáculos existentes, etc.
- **Conclusiones:** Se definirá el ancho de vía utilizable y las zonas de probable obstrucción, de acuerdo a los obstáculos existentes en la vía y a los obstáculos que podrían serlo luego de ocurrir el desastre.

## 7.5.- ESTUDIO Y DETERMINACION DE LOS REFUGIOS DE EMERGENCIA

### 7.5.1 DEFINICION.-

Denominamos refugios de emergencia a los inmuebles que están ubicados en la zona crítica, y a pesar de ello, constituyen zonas de seguridad debido a que poseen ciertas características que a continuación se indican:

- Estar constituidos por edificaciones sísmicamente resistentes, es decir, que ante la posible ocurrencia de un sismo de intensidad **VIII-IX M.M.**, los daños que sufra la edificación sean leves, y por lo tanto pueda ser usado como refugio de emergencia.
- Estar ubicados en una zona protegida del ataque del tsunami.
- Poseer áreas disponibles con fines de refugio en niveles ubicados por encima de los 10 metros sobre el nivel del mar.
- Tener una cimentación resistente a la erosión.

La finalidad primordial de los refugios de emergencia es la de **ofrecer albergue a la población** que está ubicada en la zona crítica en el instante en el que se da la alarma de tsunami y no tiene el tiempo suficiente para ponerse fuera de la zona de peligro, quizá por encontrarse lejos del límite de la zona inundable o por limitaciones físicas (niños, ancianos, heridos a consecuencia del sismo, etc.).

Cabe recalcar, que estos refugios de emergencia deberán ser ocupados durante un corto período de tiempo, comprendido entre el instante en que se difunde la alarma de tsunami hasta el momento en el que se considera que el período crítico ha pasado; transcurrido dicho período, la población refugiada deberá desocupar dichos refugios. En tanto, para la estimación práctica de la población que se puede albergar en un determinado inmueble, se considera que como promedio cada persona ocupa alrededor de un metro cuadrado del área disponible con fines de refugio.

## 7.5.2 ANALISIS DE LOS EDIFICIOS QUE PUEDEN SER USADOS COMO REFUGIO DE EMERGENCIA.-

En caso de alarma de tsunami, para el estudio de los edificios propuestos como refugio de emergencia, se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Ubicación y localización
- Tipo de uso
- Material de construcción
- Antigüedad
- Estado de conservación
- Tipo de cimentación y su profundidad
- Tipo de estructura
- Altura
- Areas disponibles con fines de refugio
- Equipo electrógeno de emergencia
- Equipo de primeros auxilios
- Equipo de lucha contra incendios
- Condiciones de seguridad en zonas de ingreso y escaleras
- Existencia de sistema de comunicación telefónica
- Otros medios de comunicación
- Señalización de áreas de seguridad.

## 7.6.- PLANEAMIENTO INTEGRAL DEL REFUGIO TEMPORAL

### 7.6.1 DEFINICION.-

Definimos como refugio temporal al emplazamiento que puede ofrecer albergue temporal a la población afectada por la acción del tsunami, en la etapa posterior a la ocurrencia del desastre. Estos refugios deberán poseer cierta infraestructura mínima, tal como: pozos de agua, generadores de electricidad, grifos contra incendios y equipos de primeros auxilios, así como una zonificación adecuada de los servicios a prestar.

Con respecto a la planificación del funcionamiento de estos refugios, se consideran grandes áreas de recreación y esparcimiento, en tanto, sería muy coherente pensar en los **parques zonales**, ya que permiten albergar a un gran número de damnificados, facilitando de esta manera la prestación de servicios.



## **7.6.2 ORGANIZACION.-**

Para un eficaz funcionamiento del refugio temporal, se deberá organizar las labores de cooperación de las personas que lo ocupan. La colaboración que preste cada uno de los refugiados estará en función de su nivel educativo, de su actividad y sobre todo, de su estado psicológico.

La organización dentro de un refugio temporal se realizará según cuatro grandes áreas: **administración, residencia, salud y servicios**. Estas áreas se explican a continuación:

### **7.6.2.1 ADMINISTRACION.-**

En esta área se realizan las actividades de planeamiento, control y coordinación de las acciones que se ejecutan, con la finalidad de prestar los distintos servicios programados. Esta área se responsabilizará del funcionamiento del refugio, en coordinación con Defensa Civil.

### **7.6.2.2 RESIDENCIA.-**

En esta área se alberga y se ofrecen los servicios necesarios a la población damnificada, de tal modo que puedan sobrevivir con relativa comodidad, proveyéndose de abrigo y techo, cocina, lavandería, servicios higiénicos y otros servicios indispensables.

### **7.6.2.3 SALUD.-**

Es el área en el que se presta los servicios de asistencia médica inmediata, con el fin de procurar la recuperación física de los damnificados y así tengan una rehabilitación rápida. Esta prestación de servicios debe realizarse con la debida coordinación de los hospitales, asistencias médicas y centros de salud que están operando en la zona de estudio.

Con respecto a lo último señalado, se debe tener en cuenta que para el establecimiento del refugio temporal se debe considerar su ubicación estratégica en una zona que se encuentre aledaña a centros hospitalarios o asistenciales existentes, debido a que la prestación de los servicios de salud requiere instrumental, equipo y ambientación muy especializados.

#### **7.6.2.4 SERVICIOS.-**

Es el área en el cual se realizan las actividades que tienden a satisfacer las necesidades de índole social, económica, cultural y recreacional, tales como: seguridad y orden, transporte y comunicaciones, servicios religiosos, recreación, educación y abastecimiento.

Algo que es muy importante destacar, es que las actividades de esta área tendrán como finalidad principal eliminar el estado de crisis y frustración en los damnificados, incentivándolos a participar en actividades comunes y rutinarias.

#### **7.6.3 AREAS MINIMAS REQUERIDAS.-**

Con criterios adecuados y en base a estudios estadísticos elaborados en textos de investigaciones anteriores, las áreas mínimas requeridas por persona en cada zona del refugio, de acuerdo a las actividades que en ella se debe realizar, son:

- **Administración:** 0.166 m<sup>2</sup>/persona
- **Vivienda:** 7.990 m<sup>2</sup>/persona
- **Salud:** 11.080 m<sup>2</sup>/persona
- **Servicios:** 0.205 m<sup>2</sup>/persona

### **7.7.- ORGANIZACION DE LA EVACUACION**

La organización para la evacuación de ciudades costeras, elaborada con el fin de proteger a la población ante un posible tsunami de origen cercano, se plantea apoyándose en el conjunto de acciones que se deben realizar en la etapa previa a la ocurrencia del desastre, tales como: campañas educativas, campaña de difusión del plan de evacuación, señalización de rutas de escape y refugios, programación de simulacros, etc.; de tal forma que estas acciones incrementen el grado de colaboración que puede ofrecer la población, durante el proceso de evacuación de la misma.

### 7.7.1 POSIBLES CARACTERISTICAS DE LA ZONA CRITICA DURANTE EL PERIODO DE EVACUACION.-

Para la formulación del plan de evacuación es necesario hacer el análisis, para la situación más desfavorable, de cómo se presentaría la zona crítica en el instante en el que se da la alarma de tsunami. En el presente caso, se tomará en cuenta que la zona inundable o crítica se encontrará bajo los efectos de ocurrencia de un sismo de intensidad VIII-IX M.M., con sus consiguientes características negativas dentro de la población afectada, tales como pánico general, colapso de la mayoría de edificaciones y estructuras, etc.

También es importante destacar, las características que presentaría la zona crítica durante el período de evacuación, ya que serán función de la hora y fecha en que se dé la alarma. Es por eso, que tomaremos en cuenta tres posibilidades o alternativas:

- Día laborable
- Día feriado o no laborable
- Noche

Luego, para casos de la formulación del plan, tomando la alternativa más desfavorable, asumiremos que la alarma será dada durante un **día laborable** que es sin duda la situación que reúne mayores exigencias.

### 7.7.2 TAREAS A EJECUTARSE DURANTE LA EVACUACION.-

Las acciones que se ejecutarán durante el período de evacuación se realizarán mediante la colaboración de las llamadas **Brigadas de Emergencia**, que son grupos organizados provenientes de los diferentes sectores institucionales o del gobierno local, así como pobladores voluntarios, debidamente entrenados y capacitados dentro de sus respectivas áreas. Las tareas que se deberá cumplir durante el período de evacuación serán las siguientes:

- En lo posible, mantener libres de obstáculos las vías de evacuación.
- Canalizar en forma eficiente el flujo peatonal y vehicular durante la evacuación, con respecto a la distribución de las vías de evacuación y a la localización de los refugios.

- Controlar que no ingresen vehículos a la zona crítica y que los que evacúen por vías vehiculares no ingresen a las exclusivamente peatonales, evitando la congestión.
- Efectuar la rápida evacuación de inmuebles con concentración de ocupantes, tales como: colegios, centros asistenciales, albergues, cárceles, asilos, etc.
- Rescatar y evacuar hacia zonas de seguridad a los heridos a consecuencia del sismo.
- Resguardar a la población de posibles derrumbes de edificaciones ocasionados por el sismo, así como también controlar los incendios que se puedan presentar.
- Evitar el saqueo y actos de pillaje en la zona crítica durante la evacuación.
- Organizar la recepción de la población evacuada en los refugios de emergencia.

Debido a estas acciones que se deberán cumplir durante el período de evacuación, las **brigadas de emergencia** deberán ser:

- Brigadas de alarma y comunicaciones
- Brigadas de evacuación general
- Brigadas de vías o rutas de escape
- Brigadas de transporte y colaboración vehicular
- Brigadas de inspección de seguridad y refugio
- Brigadas de rescate y primeros auxilios
- Brigadas contra incendios y daños materiales.

### **7.7.3 INSTRUCCIONES QUE DEBEN SEGUIRSE DURANTE LA EVACUACION.-**

La organización de la evacuación de una localidad, se llevará a cabo con la ayuda de la difusión general de una **Cartilla de prevención ante tsunamis**, que contendrá las instrucciones básicas que se deberán seguir durante el período crítico, las cuales se refieren al riesgo relativo de ataque de tsunami que afronta cada zona dentro de una localidad, las rutas de evacuación cuyo uso se recomienda y la ubicación de las zonas de seguridad.

# *CAPITULO 8*

## *ACTUALIZACION DEL PLAN DE EVACUACION DEL CALLAO*

El presente capítulo tiene como objetivo fundamental actualizar el plan de evacuación propuesto para las localidades de La Punta y el Callao en caso de alarma de tsunami de origen cercano, siguiendo la metodología desarrollada en el capítulo anterior.

### **8.1.- LOCALIZACION Y DELIMITACION DE LA ZONA INUNDABLE**

La zona inundable o crítica señalada para las localidades de La Punta y el Callao está comprendida, para efectos del presente estudio, entre los siguientes límites: al Norte, el río Rímac; al Sur y Oeste, el Océano Pacífico; y al Este, la cota topográfica +7.00 metros, que corresponde aproximadamente a los límites con el distrito de Bellavista.

El área inundable comprende tres zonas: La Punta (península), Chucuito (estrecha franja entre la península y la costa), y el Callao Central.

### **8.2.- INVESTIGACION DE LA REALIDAD LOCAL**

Para realizar un diagnóstico más preciso, la zona crítica o inundable ha sido dividida en **10 sub-zonas** de características homogéneas, de tal forma que sea posible adoptar medidas de emergencia acorde con la realidad local, así como efectuar una buena planificación a mediano y largo plazo, para disminuir la vulnerabilidad del Callao.

### **8.2.1 SUB-ZONA 01.-**

Esta sub-zona comprende el distrito de La Punta, ubicado a una cota promedio de 2.0 m.s.n.m. y con una población de 6 490 habitantes (Fuente: INEI, Censo 1993). El sector más agradable está situado hacia las playas Cantolao y Chucuito, en donde apreciamos algunos edificios altos que podrían ser utilizados como refugio de emergencia en caso de alarma de tsunami, previo análisis antisísmico. En esta zona se practican deportes náuticos y se observa gran cantidad de embarcaciones ligeras, como yates.

Las vías principales de evacuación señaladas para esta sub-zona son las avenidas **Bolognesi** y **Grau**; no presentan mayores problemas de congestión y obstrucción, ya que tienen un ancho apropiado y en general el estado de conservación de las pistas y veredas es bueno.

Este sector cuenta con áreas libres, tales como playas, plazas y áreas verdes, las cuales están en regular estado de mantenimiento. Hay que indicar que debido a su cercanía al mar, esta zona es muy vulnerable al ataque de las olas; por lo cual, en caso de alarma de tsunami, la evacuación es prioritaria. Como una medida de protección, en la playa Mar Brava existen dos espigones de gran longitud, así como rompeolas de roca de 2 metros de alto en las orillas.

Si se produce un sismo de intensidad VIII-IX M.M. la mayoría de las construcciones de este sector no sufrirá daños considerables, salvo aquellas edificaciones de adobe y material precario que colapsarían inevitablemente. Además, para que no sea arrastrada por las olas, la flota en el litoral deberá ir rápidamente mar adentro.

### **8.2.2 SUB-ZONA 02.-**

Esta sub-zona se encuentra en el Cercado del Callao, corresponde al barrio de Chucuito, y limita por el Norte con el Océano Pacífico, por el Sur con la avenida Buenos Aires, por el Este con las calles Adolfo King y Paz Soldán, y por el Oeste con la calle General Valle, en el límite distrital de La Punta. Está ubicada a una cota promedio de 3.0 m.s.n.m. y tiene 4,869 habitantes (Fuente: INEI, Censo 1993).

En este sector se encuentra el Fuerte Real Felipe de 70 000 m<sup>2</sup> de área y construido entre los años 1747 y 1778; además, la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, la Escuela Nacional de Marina Mercante "Almirante Miguel Grau", el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) y la Superintendencia Nacional de Aduanas (SUNAD).

Para esta sub-zona se han señalado dos vías principales de evacuación: la avenida **Buenos Aires** y la calle **Gamarra**. La primera de ellas es amplia y presenta pistas y veredas en mal estado de conservación, mientras que la segunda es medianamente ancha, con pistas y veredas en regular estado de conservación y libres de obstrucciones permanentes.

Este sector es muy vulnerable frente al ataque de un tsunami, por lo cual deberá ser evacuado prioritariamente, enfatizando la evacuación de los centros educativos y de salud existentes en la zona. En la playa Chucuito no existe ningún tipo de protección. En caso de sismo de intensidad VIII-IX M.M., aproximadamente el 50 % de las edificaciones colapsaría. En este sector no existen muchas áreas libres, y las pocas que hay no tienen el mantenimiento adecuado.

### **8.2.3 SUB-ZONA 03.-**

Este sector pertenece al distrito del Callao y limita por el Norte con la Av. Buenos Aires, por el Sur con el Océano Pacífico y por el Este con la calle Saloom. Se ubica a una cota promedio de 2.0 m.s.n.m. y tiene 23 022 habitantes (Fuente: INEI, Censo 1993).

Es una zona altamente tugurizada y posee áreas peligrosas, en condiciones paupérrimas. Está bordeada por la Av. Buenos Aires, vía amplia que cuenta con árboles en las bermas. Con el paso del tiempo, la avenida Costanera ha sido erosionada por el mar, y en la actualidad se encuentra en mal estado y cubierta en algunos tramos por desmonte y basura.

Siendo esta zona fronteriza a la playa Mar Brava, se han construido como medios de protección defensas con desmonte, y además tres espigones en forma de "T" que sirven para controlar la fuerte erosión existente. La evacuación de esta zona es prioritaria en caso de alarma de tsunami, por su cercanía al mar y por las

condiciones precarias en las que se encuentra. Ante la ocurrencia de un sismo de intensidad VIII-IX M.M. casi el 50 % de las edificaciones colapsaría.

#### **8.2.4 SUB-ZONA 04.-**

Esta sub-zona pertenece al distrito del Callao y limita por el Norte con la Av. Buenos Aires, por el Sur con el Océano Pacífico, por el Este con la calle Vigil y por el Oeste con la calle Saloom. Su cota topográfica asciende a 5.0 m.s.n.m. y está cerca del límite inundable. Tiene una población de 32 662 habitantes (Fuente: INEI, Censo 1993).

En los terrenos cercanos al mar se han establecido pobladores de escasos recursos económicos, formando los asentamientos llamados "Barracones" que albergan en su mayoría gente de mal vivir, y en donde hay un elevado nivel de delincuencia.

La avenida Buenos Aires que limita esta zona es una vía amplia, sus pistas se encuentran en regular estado de conservación, pero el principal problema que se presenta es la existencia de un mercado en la intersección de esta avenida con la calle **Cochrane**, en donde debido a la presencia de gran cantidad de vendedores ambulantes convierten a este sector en una zona de obstrucción, lo cual en caso de evacuación podrían ocasionar una tragedia de fatales consecuencias. Las calles **Apurímac** y **Ancash** ubicadas en esta sub-zona tienen sus pistas en regular estado de conservación, pero sus veredas están mal conservadas.

Este sector es muy vulnerable ante el ataque de un tsunami, pues está cercano al mar. Sin embargo, la única medida de protección existente es la acumulación de gran cantidad de desmonte a lo largo de su costa. En caso de ocurrir un sismo de gran intensidad, se ha estimado que la gran mayoría de las edificaciones ubicadas en esta zona sufriría daños severos, pero no todas colapsarían (Instituto Nacional de Defensa Civil, 1989). Es bueno señalar que salvo un parque, el cual no cuenta con un adecuado mantenimiento, en este sector no existen áreas verdes ni espacios libres destinados a actividades recreativas.



### 8.2.5 SUB-ZONA 05.-

Esta sub-zona está ubicada en el Cercado del Callao y limita por el Norte con la Av. Sáenz Peña, por el Sur con la Av. Buenos Aires, por el Este con la calle Vigil y por el Oeste con la calle Paz Soldán. Sus cotas van desde los 2.4 hasta los 8.5 m.s.n.m. y tiene 18 960 habitantes (Fuente: INEI, Censo 1993).

Se aprecia en esta zona, debido a que se desarrolla una intensa actividad comercial, gran afluencia de compradores y vendedores ambulantes, entre las avenidas **Sáenz Peña** y **Buenos Aires**, las cuales tienen un gran flujo vehicular y peatonal. Dichas vías tienen sus pistas y veredas en regular estado de conservación, mientras que en las demás calles del sector las pistas y veredas están algo deterioradas.

En caso de alarma de tsunami, la presencia de construcciones alrededor de esta zona serviría como medio de protección, debiéndose evacuar con rapidez. La afluencia de público en la zona aledaña al **Mercado Central**, sumada a los daños que sufrirían las edificaciones de este sector en caso de ocurrir un sismo de gran intensidad, ocasionará obstrucciones que dificultará la evacuación de la población. Las quintas y callejones de adobe existentes son los que presentan uno de los mayores problemas de seguridad en caso de sismos intensos. Se debe dar prioridad a los centros educativos y centros de salud existentes en la zona, que serán los primeros en evacuar en caso de alarma de tsunami.

### 8.2.6 SUB-ZONA 06.-

Este sector pertenece al distrito del Callao y limita por el Nor-Oeste con la calle Manco Cápac, por el Nor-Este con la Av. Guardia Chalaca, por el Sur-Este con la Av. Dos de Mayo y Paseo Garibaldi, por el Sur-Oeste con la calle Adolfo King y por el Sur con la Av. Sáenz Peña. Sus cotas van desde los 2.4 hasta los 3.4 m.s.n.m. y tiene 12 924 habitantes (Fuente: INEI, Censo 1993).

Debido a que es la zona más antigua del Callao y presenta construcciones coloniales, ha sido declarada **Zona Monumental**, por lo cual es necesario rescatar su imagen turística que es muy importante en toda ciudad.

Las calles son en su mayoría estrechas y de tránsito peatonal, y las pistas y veredas se encuentran en mal estado de conservación. Las edificaciones son antiguas y muchas de ellas están deterioradas. La Av. **Dos de Mayo** limita esta zona y es una vía amplia, tiene berma central y sus pistas y veredas están en regular a buen estado de conservación.

Esta zona tiene al frente al Terminal Marítimo y es muy vulnerable frente al ataque de un tsunami, en especial por lo ya mencionado anteriormente, es decir, por la antigüedad de las construcciones. No se cuenta en el sector con muchos espacios libres, como plazas y parques. En caso de la ocurrencia de un sismo de intensidad VIII-IX M.M. la destrucción sería casi total. Además debe tomarse muy en cuenta la posible **propagación de incendios** desde la sub-zona 10, lo que agrava la situación. En la sub-zona 6 se ubica un **asilo de ancianos** en plena zona inundable crítica, por lo que dicho asilo debe ser estudiado con mucho cuidado, teniendo en cuenta la evacuación de los ancianos hacia zonas de seguridad cercanas.

### **8.2.7 SUB-ZONA 07.-**

Esta sub-zona pertenece al distrito del Callao y limita por el Nor-Este con la Av. Guardia Chalaca, por el Sur con la Av. Sáenz Peña, por el Este con el Jirón Puno y por el Oeste con la Av. Dos de Mayo y Paseo Garibaldi. Sus cotas van desde los 2.0 hasta los 3.5 m.s.n.m. y tiene 16 130 habitantes (Fuente: INEI, Censo 1993).

En este sector encontramos gran variedad de usos del suelo, siendo el predominante el residencial (viviendas unifamiliares y multifamiliares). Las pistas y veredas se encuentran en su mayoría en buen estado de conservación, y no presentan obstrucciones permanentes. La zona está protegida frente al ataque de un tsunami por las edificaciones que existen en sus alrededores, y además está lejos de la orilla. No existen en la zona muchas áreas libres, como parques y espacios de recreación. En caso de ocurrir un sismo de intensidad VIII-IX M.M. la mayoría de las construcciones no colapsaría, salvo algunos casos como las edificaciones de adobe y quincha que tienen varias décadas de antigüedad. Para la evacuación de este sector, en caso de alarma de tsunami, la labor de las brigadas de emergencia será fundamental para que ésta se lleve a cabo organizadamente.

### **8.2.8 SUB-ZONA 08.-**

Esta sub-zona pertenece al distrito del Callao y limita por el Nor-Este con la Av. Guardia Chalaca, por el Nor-Oeste y Oeste con la calle Puno, por el Sur con la Av. Sáenz Peña y por el Este con la Av. República de Panamá. Sus cotas están comprendidas entre los 3.5 y 8.0 m.s.n.m. y tiene 27 075 habitantes (Fuente: INEI, Censo 1993).

Son tres vías principales las que limitan este sector, el cual tiene carácter residencial, siendo la gran mayoría de edificaciones de albañilería y un pequeño porcentaje de adobe y quincha. Las calles de esta zona son amplias, muy transitadas, y sus pistas y veredas se encuentran en regular estado de conservación.

Esta zona está ubicada cerca del límite inundable, por lo cual la evacuación es ventajosa. Las sub-zonas adyacentes a este sector actúan como amortiguadores del efecto de las olas, resguardándolo ante el ataque de un tsunami. En caso de la ocurrencia de un sismo de intensidad VIII-IX M.M. muchas edificaciones sufrirán graves daños, en especial aquellas que presentan deficiencias constructivas y están en mal estado de conservación.

### **8.2.9 SUB-ZONA 09.-**

Este sector pertenece al distrito del Callao y limita por el Norte y Nor-Oeste con la calle Atalaya, por el Sur-Oeste con la Av. Guardia Chalaca, y por el Este y Sur-Este con la Av. Rímac y la cota +7.00 metros. Sus cotas varían desde 3.0 a 7.0 m.s.n.m. y su población es de 26 828 habitantes (Fuente: INEI, Censo 1993).

La zona es de carácter residencial (viviendas multifamiliares), con presencia de conjuntos habitacionales y urbanizaciones populares. Las calles ubicadas desde la Av. República de Panamá hasta el Terminal Marítimo están en regular estado de conservación, mientras que a partir de la Av. República de Panamá hasta la Av. Rímac existen algunos pueblos jóvenes y las calles son sinuosas y desordenadas. Las avenidas que limitan este sector son vías amplias y tienen gran flujo vehicular y peatonal, en especial la Av. Argentina.

Puesto que la zona está ubicada lejos de la orilla, no es muy vulnerable ante el ataque de un tsunami y la evacuación en este caso es ventajosa, ya que se encuentra cerca a la zona de seguridad. Sin embargo, el lado norte de este sector es uno de los más expuestos al peligro de explosión e incendio proveniente de los grandes tanques de combustible ubicados a lo largo de la avenida Contralmirante Mora. En caso de ocurrir un sismo de intensidad VIII-IX M.M. un gran porcentaje de edificaciones, en especial aquellas de material precario, sufrirán daños considerables.

#### 8.2.10 SUB-ZONA 10.-

Esta sub-zona comprende el Terminal Marítimo y limita por el Norte con el río Rímac, por el Sur-Este con las avenidas Manco Cápac, Atalaya y Huáscar, al Este con la avenida Néstor Gambetta, al Sur-Oeste con la calle Adolfo King y al Oeste con el Océano Pacífico. Sus cotas topográficas van desde 1.7 m.s.n.m. en el Terminal Pesquero, 4.0 mts. en el pueblo joven Puerto Nuevo y 7.0 mts. en el límite inundable. Su población es de 7 826 habitantes (Fuente: INEI, Censo 1993).

Las avenidas que limitan el Terminal Marítimo (Manco Cápac, Atalaya y Néstor Gambetta) están en mal estado de conservación, y podemos apreciar en varios tramos las líneas del ferrocarril. Es bueno indicar que la avenida **Argentina** tiene acceso directo al terminal, por lo cual a través de ella se transporta carga desde o hacia la ciudad.

El Puerto del Callao posee en la actualidad 25 amarraderos, 11 almacenes techados con una superficie total de 31 500 m<sup>2</sup>, zonas de almacenamiento sin techar y anexos con una extensión de 133 000 m<sup>2</sup>, siendo la superficie total de 60 hectáreas. A partir del año 1969 el puerto está bajo la administración de la Empresa Nacional de Puertos (ENAPU-PERU).

Entre los años 1990 y 1993 los esfuerzos de ENAPU estuvieron dirigidos en forma prioritaria a optimizar sus servicios, tanto mediante la modernización y rehabilitación de sus instalaciones como a través de un proceso de racionalización y privatización, con el objeto de mantener el nivel de eficiencia equiparable al de los más importantes puertos del mundo, y de adaptarse rápidamente a los adelantos tecnológicos que se vienen produciendo principalmente en el transporte marítimo, carga, descarga, almacenamiento,

pesaje y seguridad portuaria. Sin embargo, el Terminal Marítimo del Callao presenta déficit en su infraestructura y equipos, que se manifiesta en falta de amarraderos, lugares acondicionados para el almacenamiento, equipo para movilización de carga, etc. (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995).

Este sector no cuenta con muchas áreas verdes ni lugares de recreación, siendo una zona muy vulnerable frente al ataque de un tsunami por su cercanía al mar. Los rompeolas Norte y Sur sirven como medios de protección de los muelles existentes. Ya que en esta zona están ubicados grandes depósitos de petróleo y sustancias inflamables, ante la ocurrencia de un sismo de intensidad VIII-IX M.M. puede producirse explosiones e incendios descontrolados que ocasionarían enormes daños a los asentamientos humanos existentes (pueblo joven Puerto Nuevo y Barrio Frigorífico), por lo cual la evacuación de esta sub-zona en caso de alarma de tsunami, también es prioritaria.

## **8.3 ANALISIS Y DETERMINACION DE LAS VIAS DE EVACUACION**

En el plan de evacuación propuesto para las localidades de La Punta y el Callao se han seleccionado las vías principales y secundarias que conducirán a la población que en el momento de darse la alarma de tsunami esté en plena zona inundable para alcanzar, en el menor tiempo posible, las zonas de seguridad.

### **8.3.1 VIAS DE EVACUACION PRINCIPALES.-**

Las **vías principales** señaladas en el plan de evacuación son vías amplias ya que si ocurriese un sismo de gran intensidad y se producen derrumbes de las edificaciones adyacentes a ellas, no obstruirán la evacuación de la población. Además, dichas avenidas ganan altura rápidamente, y son en su mayoría paralelas a la dirección prevista de ataque de las olas. En las vías de doble tráfico, el lado derecho saliendo de la zona inundable será vehicular, mientras que el lado izquierdo será peatonal. En el instante en que se da la alarma de tsunami se impedirá el ingreso de vehículos a la zona crítica, por lo que el carril izquierdo de las vías estará libre para los peatones.

Se han seleccionado las siguientes vías principales de evacuación:

- Av. Grau
- Av. Progreso
- Av. Buenos Aires
- Av. Bolognesi
- Av. Sáenz Peña
- Av. Guardia Chalaca
- Av. Argentina
- Av. Contralmirante Mora

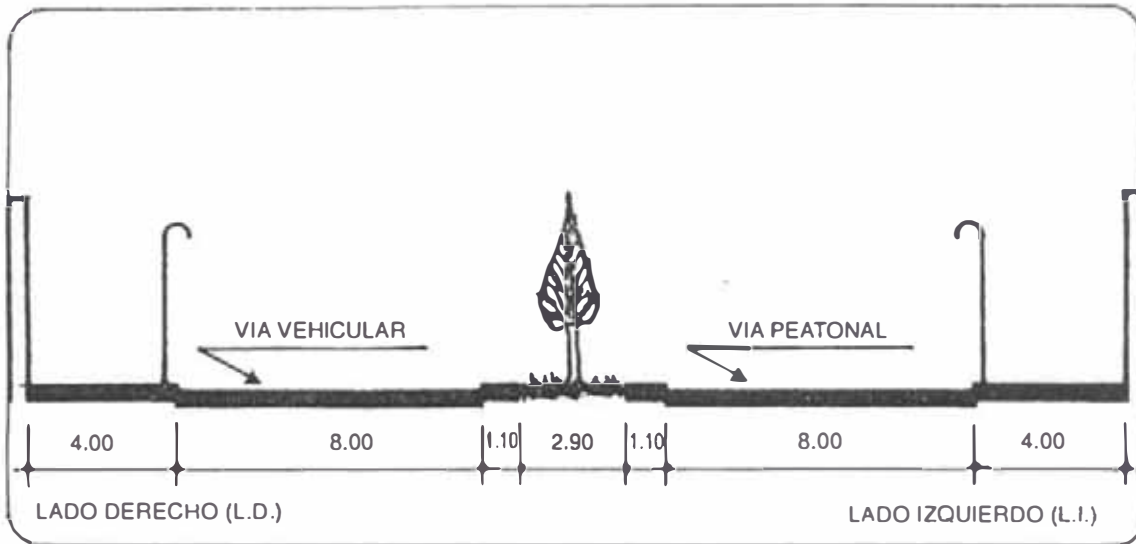
Estas vías se determinan en un Plano de Evacuación (ver *Lámina 3*). Se considera también como vías principales de evacuación las avenidas Néstor Gambetta, Palacios, Morales Duárez y La Alameda, ubicadas en zonas no inundables y que servirán para la evacuación de la zona con riesgo de **conflagración** (ver *Lámina 16*); asimismo, la Av. José Gálvez se utilizará para evacuar a los pobladores de la sub-zona 04.

La avenida **Grau** es la vía principal del distrito de La Punta y se inicia en el Malecón Pardo. Es una vía amplia de un sentido, libre de obstáculos y se encuentra en buen estado de conservación. En el transcurso de esta avenida se ubica un edificio de 8 pisos (Edificio Lercari), en donde funcionaba el Banco de la Nación de La Punta, y que actualmente es utilizado en su primer nivel como centro de belleza y en los demás niveles como vivienda. Dicho edificio puede ser usado por la población de este sector como refugio de emergencia, en caso de alarma de tsunami.

La avenida **Bolognesi** es una vía amplia de un sentido, ubicada en La Punta, que empalma con la calle Gamarra del distrito del Callao. Dicha avenida, cuyas pistas y veredas están bien conservadas, ha sido señalada como vía de evacuación peatonal principal para la población de esta zona.

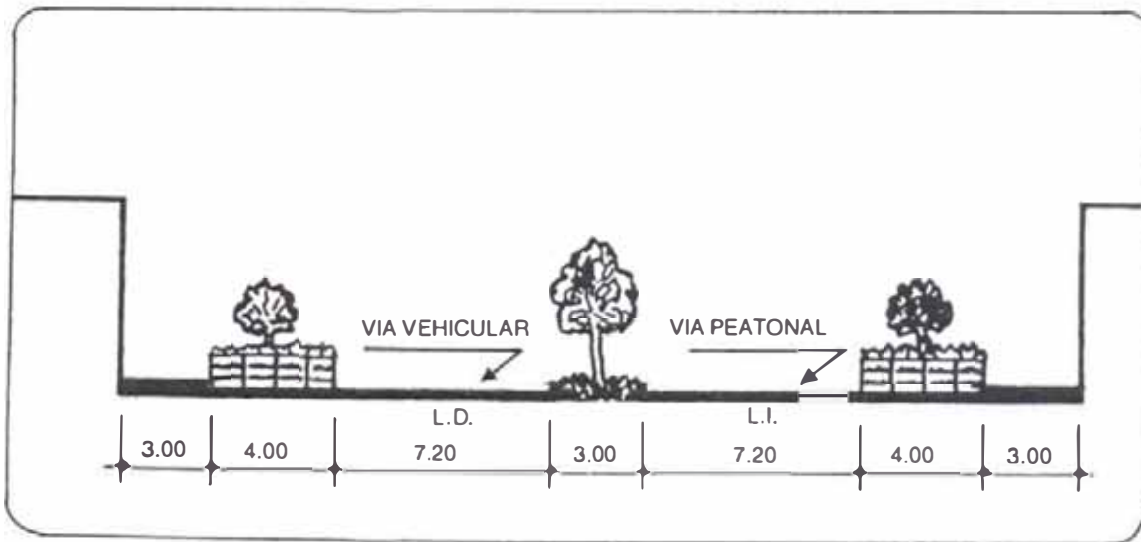
Las avenidas **Progreso** y **Buenos Aires** son vías amplias de doble tráfico, tienen 7 y 23 cuadras respectivamente y están en regular estado de conservación (ver Fig. N°8.1). En algunas cuadras las bermas centrales están ocupadas parcialmente por árboles. A lo largo de sus recorridos se aprecian edificaciones en mal estado, que pueden fallar en caso de un sismo severo, produciendo obstrucciones que dificultarían la evacuación.

FIG. N° 8.1 AV. BUENOS AIRES: VIA DE EVACUACION PRINCIPAL.



CORTE TRANSVERSAL A LA AV. BUENOS AIRES (ENTRE LAS CUADRAS 01-08)  
ESCALA 1/250

FIG. N° 8.2 AV. GUARDIA CHALACA: VIA DE EVACUACION PRINCIPAL.



CORTE TRANSVERSAL DE LA AV. GUARDIA CHALACA  
ESCALA: 1/250

NOTA: L.D. LADO DERECHO SALIENDO DESDE LAS ZONAS INUNDABLES HACIA LAS ZONAS DE SEGURIDAD

(REFERENCIA: Delgado & García, 1982)

La avenida **Sáenz Peña** es la arteria comercial del distrito del Callao, y se extiende desde el Fuerte Real Felipe hasta empalmar con la avenida Oscar R. Benavides (antes Av. Colonial). Es una vía de un sentido, de gran afluencia peatonal y vehicular con presencia de vendedores ambulantes, especialmente en las cercanías del Mercado Central del Callao, que constituye una zona de obstrucción durante el período de evacuación en caso de alarma de tsunami.

La avenida **Guardia Chalaca** es una vía amplia de doble tráfico (ver Fig. N°8.2), que se inicia en el Terminal Marítimo del Callao y se extiende hasta el Ovalo Saloom en el distrito de Bellavista, pasando por el Parque Zonal Yahuar Huaca, que por su ubicación y extensión ha sido señalado como refugio temporal en caso de alarma de tsunami. Esta avenida tiene un tráfico vehicular fluido y a lo largo de toda la vía la berma central está ocupada por árboles o jardines.

El Sistema Vial del Callao está conformado por 36 vías principales, que adquieren una característica propia según su flujo predominante y su nivel de accesibilidad. Se encuentran vías con marcada especialización, como la avenida Argentina con flujo predominante de carga y accesibilidad industrial, y la avenida Oscar R. Benavides (antes Av. Colonial) con flujo predominante de pasajeros y accesibilidad vivienda/comercio (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995).

El Callao cuenta con un sistema de Corredores de transporte urbano de carácter metropolitano, el que está representado principalmente por las avenidas Buenos Aires, Sáenz Peña, Guardia Chalaca y Dos de Mayo, servido por una red de vías secundarias. Casi todas las vías principales están asfaltadas y su estado de conservación es de regular a bueno, salvo algunos tramos de las avenidas Buenos Aires, Sáenz Peña y Guardia Chalaca que se encuentran en mal estado. Son vías amplias y sus secciones varían generalmente entre 25 y 30 metros.

### **8.3.2 VIAS DE EVACUACION SECUNDARIAS.-**

Las **vías secundarias** de evacuación son aquellas vías que convergen en las principales. Son vías estrechas (10 a 15 metros) que por lo general están mal conservadas. Se considera como vías secundarias vehiculares aquellas cuyo sentido es el mismo que el del tráfico, permitiendo abandonar rápidamente la zona inundable, mientras que las vías secundarias peatonales son aquellas que tienen el tráfico vehicular en sentido contrario y que estarán libres al no permitirse



el ingreso de vehículos a la zona inundable. En caso de tsunami de origen cercano, el sismo generador puede ocasionar el derrumbe de edificaciones, obstruyendo las vías vehiculares secundarias que son angostas.

Hay dos problemas que pueden presentarse para la evacuación vehicular, tanto en las vías principales como en las secundarias: uno es el posible asentamiento e incluso falla que pueden sufrir las pistas luego de la ocurrencia de un sismo de gran intensidad, como lo ocurrido en anteriores sismos donde las vías adyacentes al Terminal Marítimo del Callao (Avs. Contralmirante Mora y Guardia Chalaca) así como las avenidas Buenos Aires y Sáenz Peña sufrieron daños importantes en su pavimento; el otro es el problema generado por la presencia de **vendedores ambulantes** que invaden las veredas y calzadas, ocasionando obstrucciones peligrosas que dificultarían la evacuación. Por ejemplo, en las cercanías del Mercado Central del Callao existen actualmente gran cantidad de comerciantes ambulantes que venden frutas y verduras, y ocupan parte de las avenidas Sáenz Peña y Buenos Aires, así como las calles Colón, Cochrane y Saloom. En la calle Cochrane, entre la Av. Buenos Aires y la calle Ancash, hay muchos comerciantes de ropa que la han ocupado casi por completo, incluyendo las intersecciones.

Para que la evacuación sea rápida y efectiva se recomienda la asistencia de helicópteros que dirijan el tráfico desde el aire, siendo necesario en este caso la coordinación de la frecuencia de transmisión por radio desde el helicóptero con las frecuencias de las radios de los vehículos.

### **8.3.3 DIRECCION Y CONTROL DE TRAFICO.-**

Durante la evacuación de la población en caso de alarma de tsunami, todas las vías deberán ser utilizadas en un solo sentido de tránsito, saliendo de la zona inundable con dirección a las zonas de seguridad, para evitar problemas como congestionamientos en el tráfico, accidentes vehiculares, así como el ingreso de personas desprevenidas a la zona crítica, que ocasionarían obstrucciones y dificultarían la evacuación.

Es por ello que cuando se dé la alarma de tsunami deberá establecerse, con la participación de las brigadas de emergencia y de las autoridades correspondientes, algunos puntos de **control de tráfico** en los cuales se impedirá el ingreso de vehículos y personas al área inundable durante el período crítico,

hasta después de concluida la labor de rescate y remoción de escombros. Estos puntos de control se determinan en la *Lámina 4* y serán los siguientes:

- Esquina de Av. Guardia Chalaca con Av. Sáenz Peña.
- Ovalo Saloom.
- Esquina de Av. Néstor Gambetta con Av. Huáscar.
- Esquina de Av. Néstor Gambetta con Av. Argentina (Ovalo Centenario).
- Esquina de Av. Buenos Aires y Av. El Pacífico.
- Esquina de Av. José Gálvez y Calle Andrés Santiago Vigil.
- Esquina de Av. Oscar R. Benavides (Ex Colonial) y Av. Juan Pablo II.

Se debe determinar que las respectivas brigadas de control de tránsito se harán cargo de las salidas de las sub-zonas 04, 05, 08 y 09, indicando así controles **auxiliares** de tráfico.

#### **8.4.- ANALISIS Y DETERMINACION DE LOS REFUGIOS DE EMERGENCIA**

Al darse la alarma de tsunami muchas personas ubicadas en plena zona inundable no podrán alcanzar a tiempo las zonas de seguridad, como ancianos, impedidos físicos, madres con varios niños, heridos a consecuencia del sismo generador, etc. Es por ello que en la formulación del plan de evacuación deben considerarse los edificios altos (4 o más pisos) y sismorresistentes, capaces de soportar el embate del tsunami. Estos edificios, llamados **refugios de emergencia**, están ubicados de preferencia en la zona de inundación severa (cotas inferiores a 4.0 m.s.n.m.), alejada del límite inundable.

En el plan de evacuación propuesto para las localidades de La Punta y el Callao, se ha señalado como refugios de emergencia algunos edificios localizados en el distrito de **La Punta**, que se ubica entre las cotas 1.5 y 2.5 metros sobre el nivel del mar. Para ello, se ha realizado estudios de verificación sísmica mediante análisis con computadora de algunos de los edificios de 4 o más pisos de la zona, descartando aquellos que no son sismorresistentes.

A continuación se analizan los principales refugios de emergencia señalados en el plan de evacuación, indicando las características más importantes de cada uno de los inmuebles en estudio.

#### **8.4.1 EDIFICIO LERCARI.-**

El **Edificio Lercari**, ubicado en la esquina de la Av. Grau con la calle Arrieta, en el distrito de La Punta, y en donde funcionaba el Banco de la Nación, ha sido considerado como refugio de emergencia en caso de alarma de tsunami. En dicho inmueble de 8 pisos, actualmente funciona en el primer nivel un centro de belleza y en cada uno de los demás niveles hay dos departamentos de uso residencial. Este edificio de arquitectura moderna, de concreto armado, con pórticos y placas, muestra un buen estado de conservación y ya ha sido verificado sísmicamente. Se estima que en caso de alarma de tsunami podrá albergar unas **700 personas**, siendo necesario coordinar con sus ocupantes para que den albergue a los vecinos que acudan en busca de refugio.

#### **8.4.2 INSTALACIONES DE LA ESCUELA NAVAL.-**

Algunos inmuebles ocupados por la **Escuela Naval del Perú** en La Punta pueden ser utilizados como refugios de emergencia para la población de este sector, por lo cual se recomienda coordinar con las autoridades correspondientes para que permitan el uso de estas instalaciones en caso de alarma de tsunami.

#### **8.4.3 EDIFICIO SUNAD.-**

El edificio de la **Superintendencia Nacional de Aduanas (SUNAD)**, ubicado en la sexta cuadra de la calle Gamarra, entre La Punta y Chucuito, es un inmueble señalado como refugio de emergencia por haber sido diseñado sísmicamente y concebido para soportar el ataque de un tsunami. Su cimentación está constituida por zapatas, cimientos corridos y vigas de cimentación de concreto armado, y la estructura está formada por pórticos y placas de concreto armado sismorresistentes. Es un edificio de 15 niveles: un sótano, 12 pisos sobre el nivel de la vereda, el nivel del cuarto de máquinas del ascensor y el nivel del tanque de agua. Se encuentra en buen estado de conservación, pero requiere algunas mejoras en sus instalaciones. En caso de alarma de tsunami, se estima que podrá albergar **3 000 personas**.

#### **8.4.4 FUERTE REAL FELIPE.-**

Para la población ubicada en la sub-zona 2 se ha considerado como refugio de emergencia el **Fuerte Real Felipe**, el cual fue construido luego del terremoto y tsunami del 28 de Octubre de 1746. Se caracteriza por sus murallas almenadas de gruesa plataforma, parapetos en todo el perímetro y algunas torres y baluartes. De las 200 personas que se salvaron ese día, 22 se libraron de morir aferrados a la muralla del Fuerte Santa Cruz, por lo cual se considera como la zona más segura la plataforma Sur, entre el Baluarte San José y el San Felipe. Esta plataforma comprende la edificación conocida como El Caballero, que posee dos niveles, el último a más de 10 m.s.n.m. y capaz de albergar **1 000 personas**.

#### **8.4.5 OTROS REFUGIOS DE EMERGENCIA.-**

Otros refugios de emergencia señalados en el plan de evacuación son: el edificio ubicado en la primera cuadra de la avenida Sáenz Peña, en donde actualmente funciona el **Banco República**, y el edificio **El Faro**, situado en la séptima cuadra de la Av. Dos de Mayo. Ambos edificios son sismorresistentes, tienen 9 pisos cada uno, y están ubicados en zonas protegidas del ataque directo de un tsunami. Se calcula que cada inmueble puede albergar hasta **1 000 personas**.

Asimismo, se han considerado como refugios de emergencia algunos inmuebles ubicados en el distrito de La Punta, los cuales han sido verificados sísmicamente, tales como los edificios **Ubilluz** y **Brescia** de 7 pisos cada uno, y el edificio **Caprice** de 8 pisos. Dichos inmuebles son de carácter residencial y tienen pórticos y placas de concreto armado sismorresistentes.

### **8.5.- PLANEAMIENTO Y PROPUESTA DE HABILITACION DEL REFUGIO TEMPORAL EN EL "COMPLEJO YAHUAR HUACA"**

En el plan de evacuación propuesto para las localidades de La Punta y el Callao se ha señalado como refugio temporal para la población damnificada, el **"Complejo Yahuar Huaca"**; constituido por el Parque Zonal Yahuar Huaca, el Colegio General Prado, el Policlínico del Instituto Peruano de Seguridad Social y el Hospital San Juan de Dios. Este refugio está ubicado entre las cuadras 21 y 22

de la avenida Guardia Chalaca, en el distrito de Bellavista, a una cota promedio de 22 m.s.n.m. En la *Lámina 5* se muestra la ubicación del Complejo Yahuar Huaca.

El principal acceso al complejo es por la Av. Guardia Chalaca, hacia donde convergen las avenidas Sáenz Peña, Buenos Aires, Colina, Santa Rosa y José Gálvez, así como las diversas calles del sector. A través de las avenidas Sáenz Peña, Colina y Santa Rosa, así como por la calle Los Topacios, existen accesos secundarios al complejo. Para la evacuación de los heridos y el traslado de la población afectada desde la zona crítica, es importante considerar un acceso aéreo mediante el empleo de helicópteros, y el lugar apropiado para la instalación del helipuerto es el Policlínico del IPSS.

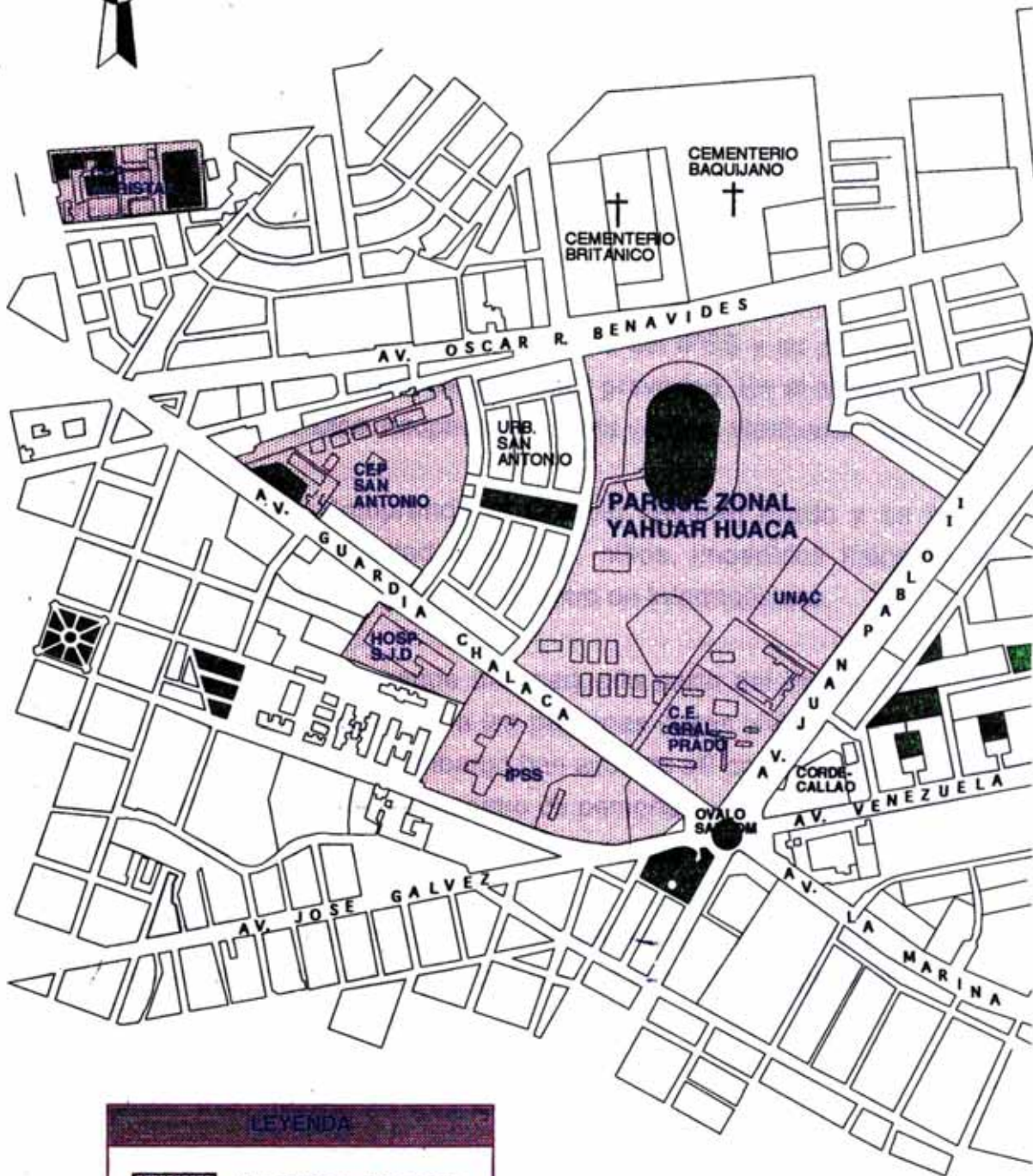
#### **8.5.1 BREVE DESCRIPCION DEL COMPLEJO.-**

**El Parque Zonal Yahuar Huaca** tiene aproximadamente 164 000 m<sup>2</sup> de terreno, se encuentra totalmente cercado y en sus amplias instalaciones pueden practicarse diversos deportes y juegos recreativos.

**El Colegio General Prado** tiene un terreno de aprox. 40 000 m<sup>2</sup> con pabellones ocupados por aulas y salas de reuniones, y casi el 25 % de su área está compuesta por espacios libres, que pueden ser utilizados para instalar carpas y albergar a la población refugiada.

**El Policlínico del IPSS** tiene aprox. 54 000 m<sup>2</sup> de terreno y cuenta con extensas áreas libres, en las cuales pueden instalarse carpas para albergar a la población que requiere refugio temporal. Sus instalaciones están ocupadas por consultorios externos, así como por equipo necesario para atender casos de emergencia.

**El Hospital San Juan de Dios** tiene un terreno de 17 000 m<sup>2</sup>, ocupados en su totalidad por edificaciones, así como por las áreas de circulación requeridas. El pabellón principal, de hospitalización, es un edificio de 8 pisos con azotea. Si se produce un desastre a consecuencia de un sismo tsunamigénico, se recomienda dar de alta a los enfermos que estén casi recuperados, para atender a los pobladores afectados.



**LEYENDA**

 **REFUGIO TEMPORAL**

 **AREAS VERDES**



	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA</b> FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL CISMID - DPMD	
<b>TESIS :</b> ACTUALIZACION DEL PLAN DE EVACUACION ANTE TSUNAMIS EN LAS COSTAS DEL CALLAO Y EVALUACION POST-DEBASTRE		<b>MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL CALLAO</b>
<b>PLANO :</b> UBICACION DEL COMPLEJO YAHUAR HUACA Y REFUGIOS TEMPORALES		<b>LAMINA 5</b>
<b>TESISTAS :</b> Bach. Rolando Torres M. Bach. Claudio Trefogli Z.	<b>ASESORES :</b> Ing. Nemesio Canelo A. Ing. Julio Kuroiwa H.	<b>FECHA :</b> Set. 1996

## **8.5.2 ORGANIZACION DEL REFUGIO TEMPORAL.-**

El refugio temporal ha sido organizado en cinco grandes sectores, cada uno de los cuales cuenta con un puesto de coordinación, y el refugio con un puesto de comando general; los que deben interconectarse entre sí y con el exterior, a través de intercomunicadores portátiles y teléfonos.

**SECTOR I.-** Comprende el Hospital San Juan de Dios y su función primordial es atender y hospitalizar a los heridos y enfermos graves, provenientes de las zonas siniestradas.

**SECTOR II.-** Comprende el Policlínico del IPSS y su principal función es atender a los heridos y enfermos de menor gravedad. En el sector adyacente al Hospital San Juan de Dios, ocupado por áreas verdes, aterrizarán helicópteros.

**SECTOR III.-** Comprende el Colegio General Prado y su función es albergar a personas de edad avanzada, niños, impedidos físicos y madres gestantes. En esta zona funcionará el Centro de Informaciones.

**SECTOR IV.-** Comprende una pequeña parte del Parque Zonal Yahuar Huaca y su función es albergar a las personas cuyas viviendas no han sufrido grandes daños, pero que sin embargo han acudido allí como medida de previsión. Asimismo, es una zona de reencuentro de personas y familiares afectados, y con amigos que puedan alojarlos temporalmente en sus viviendas.

**SECTOR V.-** Comprende el resto del Parque Zonal Yahuar Huaca. Su función es albergar en carpas a los pobladores afectados en general.

## **8.5.3 DISTRIBUCION DEL ESPACIO.-**

Las áreas cubiertas que existen en todo el complejo mantendrán su actual distribución espacial, pudiendo desarrollarse conforme a sus propios planes de ampliación. Los centros de salud - el hospital y el policlínico - deberán sujetarse al reordenamiento que su personal médico estime conveniente, para atender mejor a los pacientes. En estas instalaciones debe existir los equipos necesarios para atender casos de incendios generalizados.

Las carpas se instalarán en las áreas libres del parque zonal, del colegio y del policlínico, y es conveniente distribuirlas en grupos para aprovechar al máximo el área disponible, considerando lógicamente las áreas de circulación requeridas.

El Sector IV del refugio temporal deberá ubicarse preferentemente cerca al ingreso del parque zonal, con frente a la avenida Guardia Chalaca, para evitar el congestionamiento innecesario de las vías de circulación internas. Es conveniente instalar el puesto del comando general del refugio cerca a esta zona, para que sirva también como centro de información y reunión a los jefes de familia.

#### **8.5.4 SERVICIOS BASICOS.-**

El abastecimiento de agua potable a los refugiados debe ser permanente, para lo cual debe equiparse el pozo de agua existente al borde del parque zonal, con equipo auxiliar de generación de energía y con un sistema de distribución hacia puntos estratégicos.

Para garantizar las condiciones sanitarias adecuadas al refugio, deben instalarse en el complejo servicios higiénicos e incineradores de basura, los cuales son también requeridos por la gran cantidad de público que lo frecuenta para atender sus necesidades de recreación y deporte.

Previendo un corte en el suministro de energía eléctrica provocado por el desastre, se deberá dotar al complejo de equipos generadores que alimenten principalmente a las bombas de agua, al hospital, al policlínico y al sistema de altavoces, el cual es necesario en caso de desastre.

Es recomendable instalar un sistema de distribución de energía eléctrica para las áreas libres, el cual es necesario en el parque zonal para que se pueda llevar a cabo la práctica deportiva nocturna.

#### **8.5.5 CAPACIDAD DEL REFUGIO TEMPORAL.-**

En el Complejo Yahuar Huaca se acondicionarán carpas familiares de tamaño máximo (4.50 x 4.50 m<sup>2</sup>), siendo la capacidad de cada carpa **6 personas**, a razón promedio de 3.37 m<sup>2</sup> por persona. El área de terreno ocupada por carpa, incluyendo el promedio de vías, es de **90 m<sup>2</sup>** (15 m<sup>2</sup> por persona).



Las facilidades comunales que se prestarán en el refugio temporal son principalmente: el comando general del refugio, el almacén general, la cocina comunitaria, el espacio comunitario (centro de información) y otros servicios (recipientes para basura y letrinas). El área total requerida para dichas facilidades comunales, incluyendo el área de circulación, es de 15 000 m<sup>2</sup> (Instituto Nacional de Defensa Civil, 1989).

Para calcular la capacidad del complejo consideraremos los siguientes sectores en los cuales pueden refugiarse los pobladores afectados:

**a) Parque Zonal Yahuar Huaca.-**

Tenemos el área para facilidades comunales (15 000 m<sup>2</sup>), las áreas complementarias (41 000 m<sup>2</sup>) y el área para 1 200 carpas (108 000 m<sup>2</sup>) con 7 200 personas refugiadas, lo que hace un total de 164 000 m<sup>2</sup>.

**b) Vía entre el Parque Zonal y el Colegio General Prado (Av. Granda).-**

El área ocupada por 150 carpas es 13 500 m<sup>2</sup>, para una población de 900 personas refugiadas.

**c) Colegio General Prado.-**

El área para facilidades comunales (6 000 m<sup>2</sup>), las áreas complementarias (4 000 m<sup>2</sup>), el área para 100 carpas (9 000 m<sup>2</sup>), así como el alojamiento en 40 aulas de 30 m<sup>2</sup> cada una (1 200 m<sup>2</sup> de área), a razón de 14 personas por aula, hacen un total parcial de 20 200 m<sup>2</sup> para 1 160 personas refugiadas.

**d) Policlínico del IPSS.-**

Tenemos el área para facilidades comunales (6 000 m<sup>2</sup>), las áreas complementarias (6 000 m<sup>2</sup>) y el área para 134 carpas (12 000 m<sup>2</sup>), que hacen un total parcial de 24 000 m<sup>2</sup> para 804 personas refugiadas.

Al sumar las cuatro áreas parciales señaladas anteriormente obtenemos el área total con fines de refugio que dispone el Complejo Yahuar Huaca, la cual es de **221 700 m<sup>2</sup>** pudiendo albergar un total de **10 064 damnificados**, de los cuales 9504 se instalarán en 1584 carpas y 560 lo harán en 40 aulas debidamente acondicionadas para tal efecto. Se estima que el número total de habitantes que requerirá de refugio temporal es mayor a la capacidad del complejo, por lo cual es necesario habilitar los centros educativos disponibles como el **Colegio San José Maristas**, el **Colegio San Antonio de Varones** y la **Universidad del Callao**, para albergar a la población afectada que falta atender. La ubicación de dichos refugios se muestra en la *Lámina 5*.

El Colegio **San José Maristas** tiene un terreno de aprox. 26 000 m<sup>2</sup>, y cuenta con áreas libres y aulas que pueden utilizarse con fines de refugio en caso de desastre, para albergar un total de **1 464 damnificados**; estas áreas de refugio comprenden:

- Area para facilidades comunales: 4 200 m<sup>2</sup>
- Areas complementarias (10 %): 2 600 m<sup>2</sup>
- Area para 160 carpas: 14 400 m<sup>2</sup>  
a razón de 6 personas por carpa.
- 18 aulas de 60 m<sup>2</sup> cada una: 1 080 m<sup>2</sup>  
a razón de 28 personas por aula.

Complementariamente, se dispone de 20 aulas que podrían utilizarse para las labores administrativas del refugio temporal.

Por su parte, el Colegio **San Antonio de Varones** tiene un terreno de aprox. 50 000 m<sup>2</sup>, y cuenta con áreas libres y aulas que pueden emplearse para albergar un total de **2 178 damnificados** en caso de desastre; estas áreas de refugio comprenden:

- Area para facilidades comunales: 5 500 m<sup>2</sup>
- Areas complementarias (10 %): 5 000 m<sup>2</sup>
- Area para 183 carpas: 16 500 m<sup>2</sup>  
a razón de 6 personas por carpa.
- 36 aulas de 65 m<sup>2</sup> cada una: 2 340 m<sup>2</sup>  
a razón de 30 personas por aula.

## 8.6 .- ENSAYOS DE EVACUACION : METODOLOGIA Y ENSEÑANZAS

La autoridad encargada de preparar el plan de evacuación, realizar los simulacros y dirigir la evacuación de la población en caso de alarma de tsunami, es el jefe de Defensa Civil de la respectiva localidad. En el caso de la Provincia Constitucional del Callao, que tiene rango de departamento, los coordinadores generales son el **Prefecto** y el **Alcalde Provincial**, quienes deben trabajar conjuntamente con los alcaldes de la provincia con costa inundable (Cercado del Callao, La Punta y Ventanilla).

En la preparación e implementación del plan de evacuación, así como en la realización de los ensayos de evacuación, es fundamental la participación del sector público, del sector privado y la población en general.

Los simulacros de evacuación son importantes para llevar a la práctica el plan formulado, y corregir algunos problemas que pueden presentarse durante la evacuación de la población hacia las zonas de seguridad.

### 8.6.1 METODOLOGIA.-

La **metodología** empleada para realizar los ensayos de evacuación consiste en una serie de pasos a seguir, que van desde la preparación del plan y el cronograma de trabajo, la preparación del material educativo (folletos y cartillas de información) y las charlas para los responsables de ejecutar y supervisar el simulacro, incluyendo a las brigadas de emergencia conformadas por personas preparadas, las cuales tratarán que la evacuación se desarrolle organizadamente.

La realización de los simulacros de evacuación en los **centros educativos** ubicados en la zona inundable estará bajo la responsabilidad de los directores de los mismos, quienes deberán preparar un plan de evacuación desde el interior del local hacia el exterior, así como hasta el refugio temporal correspondiente. Asimismo deberán efectuar periódicamente los ensayos, y evaluar los resultados de los mismos.

## 8.6.2 ENSEÑANZAS.-

Los ensayos de evacuación efectuados en el Callao han dejado algunas **enseñanzas** muy útiles, las cuales deben ser aprovechadas para corregir los errores cometidos, y en el caso de ocurrir un fenómeno destructivo como del que nos ocupamos (sismo tsunamigénico), se debe estar bien preparados para evacuar la zona inundable en el tiempo que se dispone. Las principales lecciones aprendidas son:

a) Se debe realizar periódicamente campañas educativas, para que la población que vive en el área inundable conozca los peligros a los que están expuestos, y concientizarlos para que participen activamente en los simulacros de evacuación que se efectúen, puesto que en cualquier momento puede producirse un fenómeno destructivo de lamentables consecuencias.

b) Si se produjera una evacuación por alarma de tsunami, las rutas que se han seleccionado para salir de la zona inundable presentarían obstáculos en su recorrido que dificultarían el desplazamiento de la población hacia las zonas seguras. En lo posible deben eliminarse dichos obstáculos, como por ejemplo la gran cantidad de vendedores ambulantes ubicados en la calle Colón. Se recomienda por ello que los ambulantes deben ubicarse sólo en las calles transversales a las vías previstas como rutas de evacuación.

c) Se debe señalar por completo el área inundable, indicando claramente las vías de evacuación seleccionadas, tanto las principales como las secundarias, así como los inmuebles designados como refugios de emergencia para la población de la zona crítica. Este es un problema que apreciamos principalmente en el Cercado del Callao, no tanto en el distrito de La Punta que sí cuenta con un apropiado sistema de señalización de sus vías.

d) En caso de alarma de tsunami, la Policía Nacional no se daría abasto para controlar el tránsito en su totalidad durante la evacuación de la población, por falta de personal y equipo necesario. Debe por ello aumentarse el número de efectivos, y además la labor de las brigadas de emergencia es fundamental para mantener el orden durante la evacuación.

## **8.7 .- PLAN DE EVACUACION DEL CALLAO: ACCIONES A EJECUTARSE DURANTE LA EVACUACION DE LA ZONA INUNDABLE**

La primera señal de alarma que nos indica que puede producirse un tsunami, la constituye la ocurrencia de un sismo de intensidad VIII-IX M.M. En este caso, la población ubicada en el área inundable debe evacuar hacia las zonas de seguridad.

### **8.7.1 DURACION DE LA ALARMA.-**

Las informaciones históricas de los tsunamis de origen cercano que en el mundo han ocurrido, permiten observar que las olas más altas son en número de 10 a 15, después de las cuales la amplitud decrece notoriamente. Si asumimos que el período de estas olas es en promedio 30 minutos, tendremos entonces que la alarma durará unas **7 horas y media**. Durante este tiempo, en el que el mar estará fuertemente perturbado, las personas deben permanecer en los refugios de emergencia.

Asímismo, los registros indican que la primera ola del tsunami no es la más alta ni la más destructiva. Los tsunamis registrados en el mareógrafo de La Punta (Callao), en los años **1966 y 1974**, muestran que en 1966 las olas más altas y destructivas fueron la 5ta. y la 6ta.; mientras que en 1974, la 3ra. ola fue la más alta (Kuroiwa, 1983). Podemos concluir que en los tsunamis de origen cercano, la ola de mayor altura y la más destructiva estará entre la 3ra. y 6ta. olas, y por seguridad tomaremos una permanencia en los refugios de **10 horas** como mínimo.

### **8.7.2 EVACUACION DE LA ZONA INUNDABLE.-**

Durante la evacuación del área inundable deben realizarse una serie de acciones, las que dependerán del sector en que se encuentre la población en el momento en que se dé la alarma de tsunami. En este caso, tomaremos lo más desfavorable, es decir, considerando que ocurra un sismo tsunamigénico en un **día laborable**. A continuación se detallarán los pasos que debe seguirse durante el proceso de evacuación, en cada una de las 10 sub-zonas en las que ha sido dividida el área de inundación.

### **8.7.2.1 Evacuación de la Sub-Zona 01.-**

La sub-zona 01 deberá ser evacuada prioritariamente, ya que por su cercanía al mar es una zona muy vulnerable al ataque de las olas. La evacuación se realizará a través de las vías principales: las avenidas **Grau** y **Bolognesi**.

Ya que el límite inundable se encuentra muy lejos de este sector, y dado el corto tiempo con que cuenta la población para abandonar el área de inundación (alrededor de 25 minutos), la evacuación se realizará sólo mediante vehículos, a través de la avenida Grau. La población que no dispone de vehículos evacuará peatonalmente a través de la avenida Bolognesi, hacia los inmuebles considerados como refugios de emergencia: los edificios **Lercari**, **Ubilluz**, **Brescia** y **Caprice**, así como el edificio de la **SUNAD**, tal como se determina en la *Lámina 6*. Los vehículos que se encuentren en esta vía en el instante en que se dé la alarma de tsunami, deberán dirigirse hacia la Av. Grau a través de la calle más cercana, para no obstaculizar la evacuación peatonal.

### **8.7.2.2 Evacuación de la Sub-Zona 02 .-**

La sub-zona 02 es un sector muy vulnerable al ataque de un tsunami, por lo cual, en caso de alarma de tsunami deberá ser evacuado prioritariamente, a través de las vías principales: la avenida **Gamarra** y la avenida **Buenos Aires**.

La evacuación de esta zona, por encontrarse lejos del límite inundable, se realizará sólo mediante vehículos a través de la avenida Buenos Aires, mientras que la evacuación peatonal será a través de la avenida Gamarra, hacia el edificio **SUNAD** señalado en el plan de evacuación como refugio de emergencia, así como también, hacia el **Fuerte Real Felipe** por la Av. Jorge Chávez y el jirón Daniel Nieto. Se prevee también considerar el edificio ubicado en la primera cuadra de la **Av. Sáenz Peña** como refugio de emergencia en caso que se requiera para tales fines (*Ver Lámina 7*).

Al momento de darse la alarma de tsunami, los vehículos ubicados en la Av. Gamarra deberán dirigirse a través de la calle más cercana hacia la Av. Buenos Aires, para que la evacuación peatonal no se vea interferida. Del mismo modo, los vehículos que estén por la Av. Jorge Chávez tendrán que dirigirse hacia el Jr. Manco Capac y evacuar por la sub-zona 06 (*Ver Lám. 11*). La evacuación de este sector debe priorizar a los centros educativos y de salud existentes.

### **8.7.2.3 Evacuación de la Sub-Zona 03 .-**

La evacuación de la sub-zona 03 es prioritaria, puesto que es fronteriza a la playa Mar Brava y además porque es una zona muy tugurizada, cuyas viviendas se encuentran en condiciones precarias.

La evacuación vehicular de este sector se realizará a través de la avenida **Buenos Aires**, vía amplia que bordea la zona. Las calles **Apurímac** y **Ancash** son también vías de evacuación, a través de las cuales la población evacuará peatonalmente hacia las zonas de seguridad. En la actualidad dichas vías se encuentran en un pésimo estado de conservación. Asimismo, se ha señalado al jiron **Loreto** como una vía de evacuación vehicular alterna, que será utilizada en caso que la Av. Buenos Aires esté muy congestionada y no permita una evacuación fluida (*Ver Lámina 8*), para lo cual, se debería mejorar mucho su estado actual de conservación.

La población que no dispone de vehículos y que por algún motivo se ha retrasado y no podrá abandonar la zona de inundación a tiempo, deberá dirigirse al **Fuerte Real Felipe**, el cual ha sido señalado como refugio de emergencia en caso de alarma de tsunami de origen cercano.

### **8.7.2.4 Evacuación de la Sub-Zona 04 .-**

La sub-zona 04 deberá ser evacuada rápidamente en caso de alarma de tsunami, puesto que dada su frontera al mar es una zona muy vulnerable frente al ataque de un tsunami. Esta sub-zona está cerca del límite máximo inundable, por lo que la evacuación podrá realizarse mediante vehículos o caminando.

La evacuación vehicular de esta zona se realizará a través de la avenida **Buenos Aires** (carril derecho, saliendo de la zona inundable). La evacuación se verá dificultada por la presencia de un mercado y de gran cantidad de vendedores ambulantes en la intersección de dicha avenida con la calle Cochrane, que no permitirá un desplazamiento fluido.

La evacuación peatonal se realizará principalmente también a través de la avenida **Buenos Aires** (carril izquierdo, saliendo de la zona inundable) y las calles **Apurímac**, **Ancash** y **Carrillo de Albornoz**. Si en el momento en que se da la alarma de tsunami están circulando vehículos por estas calles, deberán salir

rápidamente de dichas vías para facilitar la evacuación peatonal y no ocasionar obstrucciones. En caso que la Av. Buenos Aires esté congestionada por la presencia de gran cantidad de vehículos, el jirón **Loreto** será empleada como vía de evacuación vehicular alterna. Asimismo, la avenida **José Gálvez** podrá ser utilizada como vía de evacuación vehicular y peatonal para la población de este sector tal como se señala en la *Lámina 9*.

#### **8.7.2.5 Evacuación de la Sub-Zona 05 .-**

La sub-zona 05 está ubicada en el corazón del Callao y no está en contacto directo con el mar. Sin embargo, por las condiciones de inseguridad en las que se encuentran algunos sectores debido a la presencia de vendedores ambulantes y gran afluencia de público, principalmente en las zonas aledañas al Mercado Central, la evacuación puede resultar muy dificultosa.

La evacuación de este sector se realizará peatonal y vehicularmente. La evacuación vehicular será a través del carril derecho (saliendo de la zona inundable) de la avenida **Buenos Aires**, mientras que la población evacuará peatonalmente la zona inundable a través de la avenida **Sáenz Peña**, calle **Colón**. y a través del carril izquierdo (saliendo de la zona inundable) de la avenida **Buenos Aires**. También se anota una vía peatonal y vehicular a través de la calle **Alberto Secada** (peatonal por el carril izquierdo y vehicular por el carril derecho saliendo de la zona inundable), la cual confluye en la doble vía de la Av. Buenos Aires (*Ver Lámina 10*). Los vehículos que en el instante de darse la alarma de tsunami se encuentren en la Av. Sáenz Peña, deberán dirigirse a través de la calle más cercana a la Av. Buenos Aires, para no obstaculizar la evacuación.

Como se ha anotado líneas más arriba, se deben tomar acciones urgentes con respecto a la situación de los vendedores ambulantes que se ubican alrededor del Mercado Central, sobretodo en las tres cuadras de la calle Colón adyacentes al Mercado. Según las inspecciones realizadas en esta zona, es fácil podernos imaginar la caótica situación que se crearía en el momento que se diera la alarma de tsunami para evacuar. Sin lugar a dudas, la aglomeración y congestión del comercio ambulatorio en este sector es crítico, ya que no sólo se aprecia a lo largo de la calle Colón, sino que también se manifiesta en sus transversales: el Jr. Saloom y la calle Cochrane. Es pues recalable, un urgente trabajo de reubicación a muy corto plazo para la seguridad de esta zona.



Por otra parte, la población que no dispone de vehículos y que por algún motivo no pueda abandonar a tiempo el área inundable, principalmente aquellos ubicados en el sector Oeste de esta sub-zona, deberán dirigirse a los inmuebles más cercanos designados en el plan de evacuación como refugios de emergencia: el **Fuerte Real Felipe** y el **edificio** ubicado en la primera cuadra de la **Av. Sáenz Peña**, tal como se determina en la *Lámina 10*.

#### **8.7.2.6 Evacuación de la Sub-Zona 06 .-**

La sub-zona 06 es muy vulnerable al ataque de un tsunami, ya que tiene al frente al Terminal Marítimo del Callao y además es una zona cuyas edificaciones son muy antiguas y están mal conservadas. Un problema adicional en esta zona es el peligro de propagación de incendios desde la sub-zona 10. Por ello, en caso de alarma de tsunami deberá ser evacuada prioritariamente.

La evacuación vehicular de este sector podrá realizarse a través de la avenida **Guardia Chalaca**, por el carril derecho de salida de la zona inundable, así como por los jirones Miró Quezada, Monteagudo y la calle Nicolás de Piérola. Asimismo, en el momento en que se dé la alarma de tsunami, los vehículos que se encuentren en la Av. Jorge Chávez (sub-zona 02) deberán evacuar por el jirón **Manco Cápac**, tal como se muestra en la *Lámina 11*. La evacuación peatonal se realizará por la mayoría de las calles del sector, las cuales son estrechas, empedradas y se encuentran en mal estado de conservación, a pesar de lo cual mantienen su atractivo. Las avenidas **Dos de Mayo, Sáenz Peña y Guardia Chalaca** (carril de entrada a la zona crítica), servirán también como vías de evacuación peatonal.

La población que no cuente con vehículos y que por algún motivo no puede abandonar a tiempo la zona inundable, deberá dirigirse a los inmuebles más cercanos señalados como refugios de emergencia en el plan de evacuación: el edificio ubicado en la primera cuadra de la **Av. Sáenz Peña**, y el ubicado en la séptima cuadra de la **Av. Dos de Mayo**.

Un punto importante a considerar es la evacuación de los ancianos instalados en el **asilo** ubicado en esta zona. Dicha instalación crítica representa un problema de seguridad debido al estado en que se encuentra, por lo cual, en caso de alarma de tsunami, se deberá evacuar a los ancianos hacia el edificio **El Faro**, situado en la séptima cuadra de la avenida Dos de Mayo, muy cerca a

dicho asilo, ya que este inmueble sismorresistente ha sido señalado como refugio de emergencia.

#### **8.7.2.7 Evacuación de la Sub-Zona 07 .-**

La sub-zona 07 se encuentra ubicada lejos de la orilla y está protegida del ataque de un tsunami por la existencia de edificaciones a su alrededor. La evacuación de esta zona es por ello menos dificultosa que en los otros sectores.

Por la cercanía al límite de inundación, la evacuación podrá realizarse ya sea mediante vehículos o peatonalmente. La población evacuará vehicularmente por la avenida **Guardia Chalaca**, por la vía de salida de la zona crítica, así como a través de las calles Montezuma, Nicolás de Piérola y García Calderón, y por los jirones Monteagudo y Miró Quezada. La evacuación peatonal será principalmente a través de la avenida **Sáenz Peña** y también por la avenida **Guardia Chalaca**, por la vía de entrada a la zona crítica (con dirección al Terminal Marítimo), ya que durante el período de evacuación no se permitirá el ingreso de vehículos a la zona inundable, para facilitar la evacuación de los peatones y no ocasionar obstrucciones. Los pobladores también podrán evacuar peatonalmente por las calles del sector que faciliten la salida rápida de la zona inundable, tal como se indica en la *Lámina 12*.

La población que no disponga de vehículos y que por algún motivo no pueda abandonar a tiempo la zona inundable, deberá dirigirse al edificio **El Faro**, ubicado en la séptima cuadra de la avenida Dos de Mayo, el cual ha sido señalado en el plan de evacuación como refugio de emergencia.

En este sector, por su carácter residencial y por no presentar grandes obstáculos en las calles, las brigadas de emergencia podrán realizar su labor de una manera efectiva y organizada, priorizando aquellos centros donde se concentre la población, para evacuar la zona rápidamente.

#### **8.7.2.8 Evacuación de la Sub-Zona 08 .-**

La evacuación de la sub-zona 08 es ventajosa, ya que está ubicada lejos del mar y muy próxima al límite inundable. Se encuentra resguardada por otras sub-zonas, que hacen que no sea muy vulnerable frente al ataque de un tsunami.

La evacuación de esta zona, por su cercanía al límite de inundación, podrá realizarse ya sea peatonal o vehicularmente. La evacuación vehicular será principalmente a través de la avenida **Guardia Chalaca**, por la vía de salida del área inundable. Esta avenida es amplia, de tráfico fluido, y se encuentra en regular estado de conservación. Asimismo, podrá evacuarse vehicularmente a través de las calles Montezuma, Nicolás de Piérola y García Calderón, y por los jirones Monteagudo y Miró Quezada. Los peatones evacuarán principalmente a través de la avenida **Sáenz Peña**, eje comercial del Callao, y la avenida **Guardia Chalaca**, por la vía de entrada a la zona crítica, la cual estará libre de vehículos ya que al momento de darse la alarma de tsunami no se permitirá el ingreso de vehículos a la zona inundable. También se podrá evacuar peatonalmente por las calles del sector que permitan abandonar rápidamente la zona inundable. La avenida **República de Panamá** servirá como vía de evacuación peatonal y vehicular, tal como se muestra en la *Lámina 13*.

#### **8.7.2.9 Evacuación de la Sub-Zona 09 .-**

La sub-zona 09 está situada lejos del mar y el límite de inundación está muy próximo, por lo que la evacuación de este sector es ventajosa en relación a las demás sub-zonas. Sin embargo, el lado norte de la sub-zona 09 es uno de los más expuestos al peligro de **explosión e incendio**, ya que está cerca de los grandes tanques de combustible existentes a lo largo de la Av. Contralmirante Mora. El pueblo joven San Juan Bosco y el Barrio Fiscal N°3 son los asentamientos que más se verían afectados por este problema.

La evacuación de esta zona se realizará peatonal o vehicularmente. La evacuación peatonal y vehicular podrá realizarse principalmente a través de las avenidas **Guardia Chalaca, Argentina, Contralmirante Mora y República de Panamá**, las cuales son vías amplias que permitirán a la población alcanzar rápidamente las zonas de seguridad. Asimismo, la población podrá evacuar peatonalmente por las calles del sector que faciliten la salida rápida del área inundable, como las calles **Atalaya, Sexta, Séptima**, así como los jirones **Yurimaguas y Pucallpa**, tal como se señala en la *Lámina 14*.

#### **8.7.2.10 Evacuación de la Sub-Zona 10 .-**

La sub-zona 10 se caracteriza por su alta vulnerabilidad al ataque de un tsunami, dada su frontera al mar, por lo que en caso de alarma de tsunami la población de este sector deberá evacuar rápidamente, ya sea mediante vehículos o caminando. En el momento en que se dé la alarma, los vehículos que se encuentren en la sub-zona 02 deberán evacuar por el jirón **Manco Cápac**, tal como se indica en la *Lámina 15*. Las calles Contralmirante Raygada, Atalaya y la avenida Huáscar servirán como vías de evacuación peatonal. Asimismo, la evacuación peatonal y vehicular del personal de ENAPU se realizará a través de las avenidas Guardia Chalaca y Argentina. Es prioritaria la evacuación de los centros educativos, centros de salud, así como de las embarcaciones existentes en el puerto, para evitar su arrastre.

La evacuación de esta sub-zona es de extrema importancia, ya que además de los daños por sismo y tsunami, debe considerarse la posible ocurrencia de **incendios** de grandes proporciones y **explosiones**, por la presencia de grandes depósitos de combustible líquido y de gas, que afectarían seriamente a los dos asentamientos humanos existentes en la zona: el pueblo joven Puerto Nuevo, cuyas viviendas son de material precario, y el Barrio Frigorífico, cuyas construcciones son de albañilería de ladrillo.

Por ello se ha señalado a la avenida **Contralmirante Mora** como vía de evacuación peatonal y vehicular para los habitantes del pueblo joven Puerto Nuevo, mientras que los del Barrio Frigorífico deberán evacuar peatonal y vehicularmente a través de la calle **Carlos Concha** hacia la Av. Contralmirante Mora. También se ha considerado a la avenida **Néstor Gambetta** como vía de evacuación peatonal y vehicular para la población de este sector, mientras que los pobladores ubicados en zonas con riesgo de conflagración evacuarán a través de dos avenidas: los peatones por la Av. **La Alameda**, y los vehículos por la Av. **Morales Duárez**, tal como se muestra en la *Lámina 15*.

A continuación, presentamos las respectivas *Láminas* correspondientes a la evacuación de las 10 sub-zonas delimitadas, indicando también en algunas, la ubicación de sus refugios.

# *CAPITULO 9*

## *ESCENARIO DESPUES DE LA OCURRENCIA DE UN SISMO TSUNAMIGENICO EN EL CALLAO*

El presente capítulo tiene como objetivo determinar un conjunto de circunstancias en torno a la ocurrencia del desastre en el Callao, es decir, la finalidad del presente capítulo es establecer una metodología de evaluación para la ciudad del Callao después de la ocurrencia de un tsunami en sus costas, trayendo consigo desastres en diferentes aspectos.

### **9.1.- TIPOS DE DAÑOS CAUSADOS POR TSUNAMIS EN LAS COSTAS DEL CALLAO**

Los daños ocasionados por tsunamis se pueden tipificar en base a las experiencias recogidas en Japón, Alaska, Hawaii y Chile, puesto que en el presente siglo prácticamente no hay experiencias de estos fenómenos destructivos que hayan dañado estructuras modernas en el Perú. Según esto, tenemos los siguientes tipos de daños ocasionados por tsunamis:

#### **9.1.1 DAÑOS CAUSADOS POR EL FRENTE DEL TSUNAMI.-**

En este caso los daños son ocasionados por el momento de flujo del tsunami, es decir la masa por de agua impulsada hacia adelante, al impactar con gran fuerza contra edificaciones, embarcaciones, muelles, etc. Si el tsunami arrastra troncos, embarcaciones y otros objetos flotantes, la destrucción se puede incrementar considerablemente. Embarcaciones de gran tamaño pueden ser arrastradas tierra adentro, y como ejemplo tenemos la nave de guerra norteamericana USA-Wateree, la cual, a consecuencia del tsunami de Arica en

1868, quedó varada a 400 metros de la orilla (Kuroiwa, 1983). Actualmente, si ocurriera este fenómeno en el Callao, encontraría al frente edificaciones levantadas en pleno litoral, sobretodo en el balneario de La Punta, como el **edificio de ocho pisos** en el malecón Pardo que da cara al ataque de las olas.

### **9.1.2 DAÑOS POR INUNDACION.-**

En este caso, los daños son causados por flotación de objetos e invasión de barro y arena que puede malograr maquinarias, tierras de cultivo, enterrar canales, etc. Botes y otras embarcaciones pueden ser arrastradas tierra adentro (Kuroiwa, 1983).

### **9.1.3 DAÑOS POR CONFLAGRACION.-**

Sin lugar a dudas, es muy probable que después de ocurrido un desastre natural empiece otro, en este caso la conflagración que viene a ser el **fuego descontrolado**, causado o no por una explosión y que se esparce en grandes áreas ocasionando enormes pérdidas tanto de vidas humanas como materiales. Este tipo de daños incluye a los incendios por productos químicos, petróleo y gases. Este tipo de daño realmente es preocupante si en la zona de riesgo se concentran los elementos necesarios para ocasionar este fenómeno como depósitos de combustible y gas LP; este es el caso del Callao que dentro de su zona de inundación agrupa estos depósitos vecinos a un área tugurizada con material inflamable como pueblos jóvenes, asentamientos humanos, edificaciones antiguas compuestas básicamente de madera o quincha.

### **9.1.4 DAÑOS POR SOCAVACION.-**

Las obras más sensibles a este tipo de daño son las estructuras portuarias, pues las ondas del tsunami remueven con fuerza el fondo oceánico, pudiendo ocasionar la socavación de tablestacas, cimentación de edificios y otras estructuras, y depositar el material removido en canales, radas, etc., enterrándolos (Kuroiwa, 1983).

### **9.1.5 DAÑOS POR CONTAMINACION E IMPACTO AMBIENTAL.-**

En la mayoría de los casos cuando ocurre un desastre de magnitudes considerables, siempre se desarrolla una cadena de acontecimientos con

resultados fatales, tal es el caso del sismo tsunamigénico que al ocasionar daños en las líneas vitales genera contaminación en las redes de agua potable y por consiguiente constituye un punto de impacto negativo en el ambiente.

Es importante señalar que debido a este impacto, se desataría una serie de enfermedades epidémicas atacando mayormente zonas residenciales de bajos ingresos; es decir, barriadas, pueblos jóvenes, asentamientos humanos, tugurios, que generalmente se desarrollan en zonas de alto riesgo como llanos fluviales sujetos a inundaciones, laderas peligrosas o zonas cercanas a la costa sin protección ante el ataque de las olas. Por lo tanto, la probabilidad de que estas zonas sean las primeras en sufrir los efectos de la contaminación es muy alta.

Por lo anotado, podemos darnos cuenta que es necesario asegurar el abastecimiento de agua en una situación de emergencia y posteriormente con la ayuda de camiones cisterna.

## **9.2.- DAÑOS PRODUCIDOS POR UN SISMO TSUNAMIGENICO Y METODOLOGIA DE EVALUACION**

Para estimar los daños ocasionados por tsunamis, es necesario considerar todas las variables que intervienen al producirse el fenómeno destructivo, las cuales pueden ser aquellas relacionadas a partir del momento de la generación del tsunami hasta su llegada a la estructura (como la magnitud del sismo generador, el lugar del epicentro, la profundidad focal, la batimetría de la costa, la forma de la bahía, la defensa natural que podrían brindar algunas islas, etc.), así como las relacionadas directamente con la estructura (como el tipo de estructura, antigüedad, altura sobre el nivel del mar, posición con respecto a la dirección de la ola, distancia hasta la playa, etc.). Hay que considerar asimismo, el tipo de suelo sobre el cual está la estructura, así como el nivel de la napa freática. Sabemos además que un tsunami no sólo causa daños a las estructuras, sino también a las maquinarias, equipos, embarcaciones, etc. y lo más grave, ocasiona pérdidas de vidas humanas.

La evaluación de los daños causados por un tsunami debe ser **planeada y controlada cuidadosamente**. La metodología a llevarse a cabo debe responder a una serie de actividades que deben planificarse con gran detalle. A continuación se anotan las actividades que constituyen de manera típica el proceso de

evaluación (PNUD, Programa de Entrenamiento para el Manejo de Desastres):

a) Reconocer la información que va a ser necesaria y las fuentes de datos precisas y dignas de fe.

b) Reunir o recopilar los datos necesarios.

c) Analizar e interpretar todos los datos.

d) Presentar un informe con las conclusiones, pronósticos, alternativas y propuestas a las personas que serán las encargadas de tomar las decisiones después de haber ocurrido el desastre.

De acuerdo a las experiencias recogidas principalmente de sismos tsunamigénicos ocurridos en Japón, Hawaii, Alaska y Chile y analizando el área crítica de inundación en el Callao, podemos estimar los daños producidos por un tsunami en el siguiente orden propuesto y teniendo en cuenta el proceso de evaluación descrito anteriormente:

### **9.2.1 NUMERO DE VICTIMAS.-**

Una vez ocurrido el desastre, generalmente la primera información de daños que se recibe es la del número de vidas humanas que se han visto afectadas a causa del fenómeno. Al respecto, se deben realizar los cuadros estadísticos del número de víctimas, determinando el número de muertos, heridos y desaparecidos en una forma clara y precisa, especificándolos en edad, sexo, estado civil o en algún requerimiento determinado.

Así también, se debe tener en cuenta la construcción de tablas y cuadros porcentuales con los parámetros anotados, de tal modo que la información recibida sea analizada en forma rápida y cómoda. Los resultados totales finales de estas informaciones servirán en forma eficaz a las autoridades y/o entidades responsables, ya que les brindarán criterios rápidos para las propuestas y alternativas de reconstrucción y rehabilitación inmediatas.

La evaluación de las víctimas afectadas por el tsunami, debe llevarse a cabo en forma ordenada siguiendo las pautas de distribución del área inundable por sectores o sub-zonas ya determinadas, como en el caso del Callao.



Cabe señalar que después de analizar estos datos, se debe tomar en cuenta en las conclusiones, la explicación de las causas de la magnitud de las víctimas, ya sea por el excesivo porcentaje de un determinado grupo de edad en la zona afectada (por ejemplo en el Callao existen sub-zonas en las cuales se agrupan centros educativos y parques recreacionales infantiles, asilos y casas de descanso para la tercera edad, etc.) o por la tugurización de pobladores en asentamientos humanos con viviendas antiguas de material precario.

### **9.2.2 DAÑOS A EDIFICACIONES.-**

Dentro de la zona de estudio se deben observar las características estructurales de las edificaciones existentes; así tenemos, por ejemplo en la zona inundable del Callao, los tipos de construcción que predominan son los de albañilería, aunque hay sub-zonas en donde prevalecen las construcciones antiguas de madera, adobe y quincha, sobretodo en los sectores tradicionales del Callao central. Para llevar a cabo un análisis esmerado se deben realizar las respectivas evaluaciones de edificaciones dañadas por sub-zonas, ya que cada una guarda ciertas características propias de la sub-zona. De acuerdo a la zona que se esté estudiando, se deben tener en cuenta estas consideraciones, particularmente si existen zonas de seguridad militar en donde las edificaciones, fuertes o complejos de vivienda predominan en su construcción de concreto armado.

Una vez ocurrido el desastre, inmediatamente se llevará a cabo la recopilación de información en cuanto al número de edificaciones que han sido afectadas a causa del fenómeno. Es oportuno mencionar, que en las estimaciones y evaluaciones que se realizan post-desastre se están tomando en cuenta no sólo los daños causados por el tsunami propiamente dicho, sino también, los daños causados muy probablemente por el sismo generador, siempre que afecte en la zona. Es importante para la toma de datos en el campo, la división de la información en los grupos que se describen a continuación:

**TABLA N° 9.1.- GRUPO 1. DATOS GENERALES (CISMID, 1991)**

Ubicación	Posición que ocupa dentro de la zona urbana.
Uso	Referida al uso que se da, ya sea comercial, dependencia pública o vivienda unicamente.
Antigüedad	Permite conocer el comportamiento ante sismos tsunamigénicos pasados e identificar la reglamentación vigente en esa época.
Topografía	Referente a las características fisiográficas y geológicas en cuanto a los estratos, lecho de roca, etc.
N. Freático	Referido al contenido de agua del suelo, puede ocurrir el fenómeno de licuación aún en terrenos planos compuestos de suelos no cohesivos saturados. Por ejemplo, el terremoto de Alaska, Niigata, Tokachi-Oki.

**TABLA N° 9.2.- GRUPO 2. CARACTERISTICAS ARQUITECTONICAS Y ESTRUCTURALES (CISMID, 1991)**

N° de pisos	Permite determinar con aproximación el período de la estructura.
Material	En la determinación de la forma de una estructura, la elección del material es a menudo un factor importante, algunas veces la elección del material estructural será dictada por la disponibilidad.
T. Estructura	En este caso para la zona de estudio, nos podemos referir a edificaciones con muros portantes, estructuras aporricadas y otros.
Techo	Referido al peso del material que se usa como cobertura.
Simetría	Es conveniente señalar la importancia que la simetría sea considerada en ambas direcciones en planta. La asimetría produce efectos torsionales difíciles de calcular apropiadamente.
Cimentación	Aunque se han hecho pocos estudios sobre este tema la forma de la subestructura debe tener fuerte influencia en la respuesta sísmica de estructuras.

El análisis e interpretación de los datos recopilados en el estudio, están basados en la descripción de las edificaciones las cuales son elaboradas seguidamente a la ocurrencia del desastre como ya se explicó anteriormente. Como sabemos, en la mayoría de sismos, la geología local y las condiciones de suelo han tenido una influencia determinante en la respuesta del sitio, con respecto a la amplificación sísmica y a efectos de licuación del terreno, que, asociados a defectos de estructuración, características de los materiales, calidad de mano de obra y otros, son factores que determinarán el grado de daño.

Asimismo, es necesario conocer la forma de la estructura, elección del material estructural y otros dentro de las características arquitectónicas y estructurales.

**Metodología para la evaluación de daños.-** Para establecer una metodología para la evaluación de daños a edificaciones, tenemos la información recopilada anteriormente. De acuerdo a experiencias de desastres ocurridos en otros países, se ha notado que de acuerdo al tipo de edificación, el grado de daño ha sido diferente. Se pueden anotar los principales factores que han contribuido al daño: las estructuras pesadas, baja resistencia a la tensión y al corte, inadecuadas conexiones estructurales, calidad pobre en la construcción y deterioro de la resistencia con el paso del tiempo. Por lo tanto, la evaluación de los daños nos brinda importantes criterios para la disposición de medidas de reforzamiento para los diferentes tipos de construcción, así como para la mejora en las técnicas de construcción.

Podemos enfatizar que esta metodología fue utilizada en el Terremoto de Kobe (Sato & Kumagai, 1995) durante las respectivas evaluaciones post-desastre, facilitando grandemente los informes finales emitidos.

Tomando como ejemplo estas enseñanzas, para efectos de la evaluación de daños propuesta en lo que podría ser un sismo tsunamigénico en las costas del Callao, se ha clasificado a las edificaciones en función de los daños sufridos de la siguiente manera:

**TABLA N° 9.3.- DESCRIPCION DE DAÑOS**

Sin daño	Edificaciones que no sufrieron daños estructurales. La capacidad de carga de la estructura no ha sido reducida apreciablemente. El daño arquitectónico puede ser perceptible o significativo.
Con daños leves o menores	Corresponden a aquellos elementos no estructurales como cornisas de protección o aquellos en elementos estructurales que por su naturaleza no comprometen la seguridad de la edificación y son fáciles de reparar. La capacidad de la estructura es reducida parcialmente.
Con daños moderados	Se aprecian significativos daños estructurales. Existe deformación permanente entre pisos pero con baja posibilidad de colapso.
Con daños severos	Aquellos daños que presentan gran parte de la armadura del edificio dañada y los elementos estructurales comprometen la seguridad de la edificación. La deformación permanente de la estructura puede causar colapso parcial.
Colapso	Cuando se presenta el caso en que más del 80 % de la edificación ha colapsado. Se aprecia fallas o volteos de toda la estructura o de un piso completo. La edificación es declarada inhabitable.

La Tabla N°9.3 anteriormente denotada, está elaborada en base a la clasificación de daños incluida en "*Evaluación de daños ocasionados por el sismo de Moyobamba del 4 de Abril de 1991*" editado por el CISMID.

Entre las obras civiles, aquellas que tienen mayor probabilidad de ser dañadas o destruidas por un tsunami son las **edificaciones** y las **obras portuarias**. Por ello es necesario protegerlas, siguiendo determinadas pautas y recomendaciones para dichas estructuras. Si se toma en cuenta el comportamiento de los tsunamis tanto en el mar como en tierra, los efectos destructivos de estos fenómenos sobre las obras civiles a construirse en zonas vulnerables pueden reducirse considerablemente, e incluso eliminarse.

### **9.2.3 DAÑOS A OBRAS DE INGENIERIA.-**

Dependiendo de la zona en estudio después de ocurrido el desastre, los daños producidos en obras de ingeniería son de peligro inminente para la población. Generalmente los daños apreciables se dan en **autopistas o carreteras importantes o líneas de tren** que cruzan la ciudad o zona afectada. Con respecto a otros sismos tsunamigénicos ocurridos en Japón, se observaron fallas estructurales en estaciones subterráneas. En lo que respecta a la ciudad del Callao, podemos estimar que se generalizarán daños específicamente en instalaciones portuarias que en su mayoría corresponden al Terminal Marítimo y otras instalaciones pertenecientes a la Marina de Guerra del Perú.

Podemos especificar, dentro de esta zona de estudio, los daños en las instalaciones portuarias divididas en dos importantes sectores. El sector correspondiente al Terminal Marítimo, donde incluye obras de ingeniería vitales para el comercio portuario, en las que destacamos muelles, amarraderos, diques o rompeolas, así como depósitos de combustible y plantas de almacenamiento, los cuales pueden provocar incendios y explosiones de gravedad, daños de los cuales nos ocuparemos más adelante. El otro sector corresponde al de la Marina de Guerra, en donde la información es más reservada por seguridad nacional, pero podemos destacar, más que todo, las instalaciones principales como la Base Naval, la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, la Escuela Naval, la Escuela Nacional de Marina Mercante entre otros, los que guardan dentro de sus estructuras las obras de ingeniería de orden estratégico, motivo por el cual son limitadas sus informaciones.

### **9.2.4 DAÑOS SOBRE INFRAESTRUCTURA BASICA.-**

Se deben considerar en forma muy especial los daños causados a las líneas vitales de servicios en la zona inundable. La evaluación de daños sobre estas líneas es necesaria, ya que son las que permiten que una ciudad funcione adecuadamente y, si se interrumpen o deterioran, crearán muchos inconvenientes y afectarán las acciones de emergencia. Es importante señalar, que esta evaluación de daños va estrechamente ligada con la evaluación de pérdidas económicas.

La evaluación post-desastre de los daños sobre la infraestructura básica se dividirá en los siguientes servicios:

a) **Energía eléctrica** .- Cuando ocurre un gran desastre, es casi inevitable los daños que se causarán en el servicio eléctrico. En lo que respecta a la ciudad del Callao, esta energía es servida de tres centrales hidroeléctricas: Matucana, Huinco y Callahuanca. Estas centrales se encuentran reforzadas por la central hidroeléctrica del Mantaro, cuya energía la transporta hasta los centros de transformación de Chavarría y Barsi en el distrito del Callao para luego ser distribuidas en subestaciones, 64 de las cuales se encuentran dentro de la zona inundable y específicamente dentro del área portuaria, industrial y comercial. Las redes principales se encuentran dispuestas a lo largo de las avenidas más importantes. Actualmente, el servicio de alumbrado público abastece a un 98 % del área urbana aunque existe un escaso déficit de 8 % en zonas correspondiente a pueblos jóvenes del Callao (Instituto Nacional de Defensa Civil, 1989).

De acuerdo a lo anterior, con respecto a lo existente en la zona crítica, la evaluación de estos daños debe contemplar:

- Número de hogares que quedaron sin servicio de energía eléctrica.
- Número de subestaciones averiadas.
- Número de líneas de transmisión y de distribución dañadas.
- Estimar los tipos de daños en cables subterráneos y cables aéreos.

Cabe señalar además, que ante la falta de energía eléctrica se producen efectos secundarios en otras líneas vitales como: falta de energía para bombeo de agua, interrupción de servicios de teléfonos, semáforos apagados, etc. los cuales deben ser tomados en consideración.

b) **Agua potable y alcantarillado** .- Sin duda alguna, muchos puntos de estos servicios se verán afectados después del desastre. Producto de un sismo tsunamigénico, se tendrá afectada bajo la ciudad redes averiadas y roturas en sistemas de tuberías, las cuales serán tomadas en cuenta para la respectiva evaluación post-fenómeno. La falta de suministro de agua creará problemas en muchos aspectos, principalmente para combatir los incendios y para las labores domésticas. Ante un desastre se debe prever que el funcionamiento normal del servicio se restablecerá posiblemente después de algunas semanas, para lo cual se deben localizar los puntos de fuga subterránea.

La fuente de abastecimiento de agua en el Callao está constituida por aguas subterráneas captadas mediante pozos tubulares que están ubicados en distintos lugares del Callao, utilizando 5 bombas de agua y 4 tanques elevados que se encuentran sin mantenimiento y en mal estado de conservación (Instituto Nacional de Defensa Civil, 1989). La interconexión del sistema de distribución se efectúa mediante líneas troncales y una red periférica que se ramifica mediante tuberías menores para la alimentación domiciliaria.

Las redes del sistema de alcantarillado derivan en colectores que conducen las aguas servidas hacia la Cámara Unica de Bombeo que se encuentra ubicada en la zona portuaria, desde donde se impulsan a través de tuberías hacia la doble línea del Emisor Callao, fluyendo por gravedad directamente al mar.

En la evaluación de daños causados sobre estos servicios, se deben considerar los siguientes puntos:

- Localizar y anotar los puntos de la zona que quedaron sin servicio.
- Ubicar y localizar los puntos de fuga subterránea.
- Anotar las descripciones de los daños en tuberías matrices de suministro.
- Coordinar con el Departamento de Abastecimiento de Agua y Desagüe de SEDAPAL de la zona Callao.
- Coordinar con las entidades correspondientes para la distribución de agua a los damnificados mediante camiones cisterna.
- Anotar el número de estaciones de tratamiento dañadas.

**c) Sistema de telecomunicaciones** .- La evaluación de estos daños contempla los siguientes servicios: radio, T.V., telefonía, facsímil, telegrafía, y otros que actualmente conforman el sistema de comunicaciones del Callao.

En el Callao, las emisiones de radio y televisión que se captan corresponden a las estaciones de Lima, aunque existen dos emisoras radiales en la localidad, **Radio Callao** en amplitud modulada (A.M.) y **Radio Pirata** en frecuencia modulada (F.M.), que se encuentran en la zona inundable.

La primera en mención tiene ascendencia en la población chalaca por su tradición en años al servicio radial y actualmente sus estudios y oficinas se encuentran ubicadas en el cuarto piso del Edificio de la Beneficencia Pública del

Callao, en la primera cuadra de la Av. Sáenz Peña, frente al Edificio del Banco República (Refugio de Emergencia propuesto), instalaciones ubicadas en una zona segura ante desastres por su resistencia sísmica. Es importante recordar que anteriormente las instalaciones de Radio Callao estaban ubicadas en la Av. Buenos Aires, en una zona con alto riesgo de inundación por tsunamis. Por otro lado, la ubicación de Radio Pirata en la zona inundable es relativamente más ventajosa por encontrarse cerca del límite de inundación; sus instalaciones se encuentran en la cuadra 8 de la Av. Guardia Chalaca, en el tercer piso del edificio existente, y resguardado en una zona segura.

El sistema de redes telefónicas troncales son subterráneas y se ubican a lo largo de las principales avenidas, y para los ramales del servicio telefónico particular se utilizan cables aéreos. Se debe tener en cuenta que después de ocurrido el desastre, la demanda de llamadas telefónicas irá gradualmente en aumento de acuerdo a que pasen las horas.

Es importante señalar que en caso de tsunami, la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, que está ubicada en Chucuito, como parte integrante del sistema de alerta nacional, será la encargada de dar la alarma a la población y llevar a cabo la evaluación respectiva.

Los daños causados en estos servicios se analizarán y anotarán en la siguiente evaluación:

- Establecer los puntos donde se dañaron las líneas y/o cables aéreos y subterráneos.
- Estimar el número de teléfonos interrumpidos en la zona inundable.
- Determinar los daños ocasionados en las instalaciones de la Marina de Guerra, desde donde se dará la alarma contra tsunamis.

Se debe señalar que la telefonía celular (teléfonos portátiles), las radios, Internet y otros servicios de telecomunicación moderna, tendrán un papel fundamental en los casos de emergencia que se presenten.

Sería importante señalar también el papel importante que tendría la prensa escrita ante la ocurrencia de desastres, ya que como sabemos, el Diario "**El Callao**" tiene una considerable ascendencia informativa en la población chalaca. Las oficinas de este diario deberían reubicarse fuera de la zona inundable.



### 9.2.5 DAÑOS CAUSADOS POR INCENDIOS.-

Un sismo tsunamigénico podría dar origen a incendios que deriven en conflagraciones, o también causar daños en tanques de almacenamiento, ocasionando fugas que no necesariamente terminen en conflagración.

De acuerdo al Capítulo 8 de la presente tesis, en la distribución de las subzonas en la zona inundable, podemos darnos cuenta que el puerto del Callao en la **sub-zona 10**, reúne todas las condiciones para que pueda producirse un gran siniestro ya que enormes tanques de petróleo, gasolina y gas, han quedado atrapados por la expansión urbana cerca del área portuaria-industrial, presentando un serio peligro en caso de incendios, iniciados por terremotos, tsunamis u otras causas.

En esta área se encuentra ubicada la Base Naval del Callao, que en sus instalaciones no sólo almacena armamentos militares sino también depósitos de seguridad reservada, lo que dibuja la perspectiva de una preponderante importancia nacional ante el riesgo de una conflagración. También se encuentra en la zona el Terminal Marítimo con sus instalaciones portuarias, depósitos de combustibles y/o gas LP, de PETROPERU y compañías particulares, depósitos de Centromín Perú, Minero Perú, Pesca Perú, ENAFER, tiendas comerciales, industrias, centros educativos, centros de salud, parroquias, etc.

Es indudable entonces, el gran efecto negativo que ocasionaría una conflagración en este lugar, ya que además del costo de vidas, se produciría un inmenso daño en la economía nacional por la segura paralización del puerto chalaco y todos sus servicios, así como la seguridad nacional se vería afectada con los daños causados en la Base Naval.

Como vemos, este análisis es vital para la evaluación post-desastre y por su gran importancia lo llevaremos a cabo en el próximo acápite en forma particular, de tal forma que el fenómeno de conflagración en el Callao se desarrollará más claramente para efectos del presente capítulo.

### 9.3.- DAÑOS A CAUSA DE CONFLAGRACION

Como ya hemos anotado anteriormente, el fenómeno de conflagración corresponde al incendio descontrolado, con o sin explosión, ocasionando un sinnúmero de daños y quemando grandes extensiones de la ciudad durante días.

Como sabemos, en el Callao se concentran depósitos de combustible y gas licuado de petróleo, dentro de un área rodeada por edificaciones antiguas de material inflamable que corresponden a los pueblos jóvenes y asentamientos humanos próximos. Según los estudios realizados, se estima que los daños de significancia que produciría este fenómeno tendrían un radio de 2 Kms.

Es propicio mencionar otros fenómenos afines con la conflagración, como las explosiones de vapores en expansión y líquidos en ebullición o comúnmente llamado **BLEVE** (Boiling Liquid Expanding Vapor Explotions), así también como la ebullición desbordante o **Boil Over**. Este aspecto de conflagración se presenta en forma gráfica en la *Lámina 16* .

Este fenómeno se agrava cuando se presenta simultáneamente con otros desastres naturales, o cuando se relacionan con otros como el BLEVE o Boil Over entre otros, que generalmente produce grandes daños en:

- Areas de asentamientos humanos muy poblados y con construcciones muy precarias de material inflamable.
- Industria en general y especialmente la química, o de almacenamiento de combustible.
- Daños en servicios tales como: redes de agua, desagüe, electricidad, etc.
- Daños en lugares estratégicos del puerto del Callao que ante un desastre natural serían el foco de un inicio de una conflagración con explosión.

#### 9.3.1 CARACTERISTICAS DE LA CONFLAGRACION POR BLEVE.-

De acuerdo a la información histórica con antecedentes de incendios producidos por BLEVE en plantas de gas licuado, podríamos saber cómo se darían los hechos y cómo se desarrollarían estos incidentes si ocurrieran. Así tenemos la siguiente secuencia.

Según estos antecedentes, se produce primero una fuga de gas ya sea por sismos y/o tsunamis, problemas de mantenimiento, deficiencias de operación u otras causas, a todo esto con la falta de modernos equipos de detección de fugas y la falta de planes de prevención, tendremos que en pocos minutos se formará una gran nube de gas.

Esta nube de gas formada abarcará un área de combustión inclusive más grande que el de la planta misma, llegará a prenderse y el gran fuego regresará a sus fuentes e incendiará el gas que aún se encuentra líquido. Toda esta primera etapa del desarrollo del BLEVE se tendrá con un gran estruendo y el área de la nube quedará destruida en su totalidad, originándose luego varios incendios.

Debido a los incendios desatados en la zona, es muy probable que el fuego llegue a los tanques existentes en el área y produzca un BLEVE con una gran bola de fuego con llamas que alcanzarían cientos de metros de distancia, ocasionando definitivamente una gran destrucción debido a la explosión, a las esquirlas y al fuego. Debemos tener en cuenta que en toda esta zona se dará una lluvia de gotas frías de gas y que caerán en los contornos originando nuevos focos de incendios en cientos de metros de alrededores.

Se estima que el BLEVE producirá una onda de calor aproximadamente de 1200°C (Ferro, 1989) que alimentará mucho más el fuego. Habrán residuos de gas que todavía seguirán ardiendo por horas, y que podrían originar otros incendios de grandes magnitudes.

Los trabajos de rescate y control se verán limitados por los recursos disponibles, teniendo en cuenta que todo el proceso anteriormente anotado, se llevará a cabo aproximadamente entre 10 y 30 minutos y que justamente es el tiempo en que comienzan a ejecutarse. Además podemos asegurar las serias restricciones para acceder a la zona del siniestro, si éste se hubiese producido por un sismo tsunamigénico severo.

### **9.3.2 DAÑOS OCASIONADOS POR BLEVE.-**

De acuerdo a los antecedentes históricos señalados en la Tesis de Grado del Ing. Carlos Ferro, se ha observado que los efectos del BLEVE se darán en tres zonas circulares concéntricas bien definidas que anotaremos a continuación:

**a) Zona ZA.-** Esta área comprende el círculo interior en donde se encuentra el origen del siniestro y cuyo radio estará en función del volumen de almacenaje del contenedor. En esta área se sobreponen diversos daños ocasionados con un alto grado de destrucción en los alrededores del contenedor.

Como se mencionó anteriormente, en esta zona es donde se origina una gran nube de gas y que por fuentes diversas se incendiará y producirá un gran estruendo con características parecidas a un terremoto, originando otros incendios en la zona limitada.

Esta es la zona más crítica y cruda del desarrollo del BLEVE, ya que lamentablemente los daños proyectados son catastróficos. La generación de una gran bola de fuego atraparé toda el área con una onda de calor estimada en 1200°C (Ferro, 1989) y que quemará todo lo que encierre en esta zona como personas, viviendas, instalaciones, etc. y lo peor de todo es que generará nuevos incendios y alimentará los ya existentes. Se estima además que una gran cantidad de personas morirán y habrán muchos heridos con quemaduras de segundo y tercer grado inclusive. También hay que mencionar el efecto explosivo que tendrá el BLEVE en todas las direcciones del área, ocasionando grandes daños en los alrededores.

**b) Zona ZB.-** Esta área comprende un anillo circular que rodea la zona anteriormente descrita. Se puede determinar que en esta zona se va amenguando el efecto destructivo de los incendios generados, además podemos señalar que las quemaduras de mayor porcentaje serán de primer grado y en menor porcentaje se darán de segundo grado.

Las actividades de rescate y control de los desastres ocurridos se ubicarán en esta zona, se podrá notar gran congestión vehicular y sobretodo aglomeración de curiosos queriendo ingresar a la zona crítica. La labor periodística se llevará a cabo desde esta zona, ya que es la más cercana para apreciar los acontecimientos.

**c) Zona ZC.-** Esta es un área abierta y está conformada por un anillo exterior a las zonas críticas. Podemos estimar que en esta zona se pueden propagar los incendios que derivan de la zona ZB hacia esta zona. Hay que tener en cuenta que algunas esquirlas pueden alcanzar esta zona.

### 9.3.3 RIESGO PROYECTADO DE BLEVE EN EL CALLAO.-

En lo que respecta al Callao, las fuentes potenciales de BLEVE son básicamente tres: la Planta de PETROPERU, los depósitos de SOL GAS y el Muelle N°7 de ENAPU, en donde se produce la carga y/o descarga de los buques tanques.

#### Planta de PETROPERU:

Esta planta cuenta con depósitos de gas LP, en esferas cuya máxima capacidad es de **20 000 barriles**. Teniendo en cuenta que la esfera está sometida a fuego por orígenes diversos, se proyecta la ocurrencia de BLEVE con las características que se describen en la Tabla 9.4.

**TABLA N° 9.4.- BLEVE EN LA PLANTA DE PETROPERU (Ferro, 1989)**

AREA CRITICA	CARACTERISTICAS
Zona ZA	<ul style="list-style-type: none"><li>- Daños principales.</li><li>- Radio = 400 m</li><li>- T = 1200°C en el origen.</li><li>- <b>Zona de esquirlas principales:</b> Radio = 600 m</li></ul>
Zona ZB	<ul style="list-style-type: none"><li>- Incendios derivados</li><li>- Daños por esquirlas.</li><li>- Radio = 1000 m</li><li>- T = 100°C en el extremo.</li></ul>
Zona ZC	<ul style="list-style-type: none"><li>- Daños derivados, principalmente según el control del fuego.</li><li>- Algunos daños por esquirlas.</li></ul>

### Planta de SOL GAS:

En esta planta de almacenaje existen tanques horizontales con una capacidad máxima de **8000 galones**. En caso de incendio tendremos las siguientes características de acuerdo a la Tabla 9.5 que a continuación se denota.

**TABLA N° 9.5.- BLEVE EN LA PLANTA DE SOL GAS (Ferro, 1989)**

AREA CRITICA	CARACTERISTICAS
Zona ZA	<ul style="list-style-type: none"><li>- Daños severos principales.</li><li>- Radio = 150 m</li><li>- T = 1200°C en el origen.</li></ul>
Zona ZB	<ul style="list-style-type: none"><li>- Incendios derivados</li><li>- Daños por esquirlas, probable caída de tanques desplazados.</li><li>- Radio = 500 m</li><li>- T = 100°C en el extremo.</li></ul>
Zona ZC	<ul style="list-style-type: none"><li>- Daños derivados, principalmente según el control del fuego.</li><li>- Daños por esquirlas.</li><li>- Probable caída de tanques desplazados.</li></ul>

### Muelle N° 7 de ENAPU:

En este muelle se produce principalmente la carga y descarga de combustible y de gas LP.

Por ciertas consideraciones, se estima un almacenamiento de **10 000 barriles** de volumen con factibilidad de BLEVE, con las características que se anotan en la Tabla 9.6 que a continuación se muestra.

**TABLA Nº 9.6.- BLEVE EN EL MUELLE Nº 7 DE ENAPU (Ferro, 1989)**

AREA CRITICA	CARACTERISTICAS
Zona ZA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daños severos en el barco, instalaciones contiguas y en embarcaciones cercanas.</li> <li>- Radio = 300 m</li> <li>- T = 1200°C en el origen.</li> <li>- <b>Zona de esquirlas principales:</b> Radio = 450 m</li> </ul>
Zona ZB	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daños derivados</li> <li>- Radio = 750 m</li> <li>- T = 100°C en el extremo.</li> </ul>
Zona ZC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daños derivados probables.</li> <li>- Según características de equipos u otras instalaciones.</li> </ul>

### 9.3.4 CARACTERISTICAS DE LA CONFLAGRACION POR BOIL OVER.-

Teniendo en cuenta los antecedentes históricos de incendios producidos por **ebullición desbordante** o Boil Over en plantas donde se almacena combustibles, podemos determinar una probable secuencia de acontecimientos.

El origen del siniestro puede producirse por causas de operación o por mantenimiento; éste sucede al producirse una chispa que combustione los gases almacenados, y a raíz de este efecto, se producirá una gran explosión que dañará y desplazará la tapa del tanque y se originará un incendio del líquido.

Otras causas de este desastre pueden deberse al fuego proveniente de otras fuentes de incendio, que provoquen la combustión del líquido almacenado. A todo esto, se debe adicionar el grave problema que se presenta a causa del fuerte sismo tsunamigénico que pudiera haber antecedido a los hechos, ya que causaría fugas de gas en el reservorio de combustible. Cabe señalar que si ocurriesen dichas fugas, éstas se almacenarían en el dique de seguridad, pero de igual modo arderían causando exteriormente en los tanques con incendio interior, daños mucho más graves.

Luego el tanque arderá conjuntamente con un humo muy denso y oscuro, que se encontrará a kilómetros de altura. Hay que enfatizar, que los pobladores de los alrededores querrán acercarse debido al gran impacto visual que brinda el incidente, pero con un total desconocimiento del riesgo y del peligro al que están expuestos; inclusive, habrán muchos curiosos que llegarán a la zona crítica en sus vehículos, produciendo así un gran embotellamiento y obstaculizando el trabajo de las respectivas brigadas contra incendios.

Mientras van transcurriendo las horas, el calor generado por el incendio en la superficie del tanque, descenderá hasta el fondo del mismo en forma progresiva. Debemos señalar que si hubiese presencia de agua, en el momento que entre en contacto con la onda calorífica, entrará en ebullición aumentando su volumen miles de veces en forma brusca, de tal modo que el petróleo incandescente saldrá en forma de erupción produciendo una gran bola de fuego. Se estima que la lluvia de petróleo, alcanzará varios centenares de metros alrededor del tanque afectado, originando nuevos focos de incendio y cuya onda de calor puede llegar a los 1500°C (Ferro, 1989), la cual irá calcinando todo lo que encuentre a su paso. Obviamente, hay que anotar que habrán muchos muertos, desaparecerán algunos pueblos jóvenes contiguos a la explosión, y estallarán los tanques de combustible de los vehículos que se encuentran dentro del área de incidencia.

A continuación, en los minutos siguientes, se producirá el desborde del petróleo de los reservorios, y al desbordar los diques de seguridad se originará un gran río de petróleo incandescente que correrá por doquier, arrasando todo a su paso.

### **9.3.5 DAÑOS OCASIONADOS POR BOIL OVER.-**

En forma similar al análisis de los efectos producidos por el BLEVE, los efectos del Boil Over también se engloban en base a tres áreas circulares:

**a) Zona ZA.-** Esta área es la conformada por el círculo interior que tiene en su centro al tanque siniestrado y un radio que está en función del volumen almacenado.

En esta zona se van a dar origen a los grandes daños y destrucción por causa del fuego en el reservorio y que comúnmente se acompañará con una gran



explosión. Esta destrucción se llevará a cabo con la participación de una bola de fuego que arrasará toda el área con una onda calorífica estimada en 1200°C.

**b) Zona ZB.-** Esta área es la conformada por el anillo circular exterior a la Zona ZA y en sus inicios estará afectada por la bola de fuego y por la explosión explicada anteriormente. Conforme transcurran los minutos, se originarán nuevos incendios haciendo estallar los tanques de combustible de los vehículos cercanos, sobretodo los daños se incrementarán con una lluvia de petróleo incandescente que habrá en toda esta área.

**c) Zona ZC.-** Esta zona comprende un anillo circular que rodea al anterior y más que todo es una zona abierta que corresponde a los alrededores de estas áreas. Los daños que se pudieran generar están más bien en función de lo existente en la localidad en estudio, lo que determinará el grado de daño respectivo.

### **9.3.6 RIESGO PROYECTADO DE BOIL OVER EN EL CALLAO.-**

En el Callao, la fuente potencial de ocurrencia de Boil Over se encuentra principalmente en la **Planta de PETROPERU**, en donde se almacena aproximadamente **100 000 barriles** de combustible.

Como ya se ha señalado, el fenómeno del Boil Over ocasionará dantescos daños en los alrededores de la planta. La causa principal sería el incendio derivado de otras fuentes que llegaría a la planta y permanecería ardiendo quizá por muchas horas. Al originarse el desastre, se generaría una gran explosión debido al incremento del volumen del agua almacenada y se creará una gran bola de fuego que arderá con 1500°C y un diámetro estimado de 400 m (Ferro, 1989), además se producirá una lluvia de petróleo incandescente que contribuirá en la destrucción total de los alrededores. Cabe anotar que se prevee un derramamiento de petróleo ocurrido el desborde del mismo en los tanques de almacenamiento y causará mucho más daño aún por donde fluya.

A continuación podemos anotar en la Tabla 9.7 algunas características que se puede proyectar en el Callao con el riesgo de Boil Over en cada una de las zonas críticas:

**TABLA N° 9.7.- BOIL OVER EN LA PLANTA DE PETROPERU**  
 (Ferro, 1989)

AREA CRITICA	CARACTERISTICAS
<b>Zona ZA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zona de grandes daños y destrucción.</li> <li>- Radio = 150 m</li> <li>- T = 1200°C en el origen.</li> </ul>
<b>Zona ZB</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grandes incendios derivados por calor y lluvia de petróleo.</li> <li>- Flujo de petróleo incandescente según la pendiente.</li> <li>- Radio = 500 m</li> <li>- T = 200°C en el extremo.</li> </ul>
<b>Zona ZC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zona externa abierta dependiendo de la propagación de los incendios derivados.</li> </ul>

# *CAPITULO 10*

## *ESTIMACION DE PERDIDAS ECONOMICAS DEBIDO A TSUNAMIS E INFLUENCIA DE LAS MISMAS EN EL DESARROLLO ECONOMICO DEL CALLAO*

---

### **10.1.- ACTIVIDAD ECONOMICA Y PRODUCTIVA DEL CALLAO**

En la Provincia Constitucional del Callao, y particularmente en la zona inundable delimitada, se ubican importantes empresas públicas y privadas que constituyen la principal fuente para el desarrollo económico del área. Podemos mencionar entre ellas a la Empresa Nacional de Puertos (ENAPU), la Superintendencia Nacional de Aduanas (SUNAD), el Servicio Industrial de la Marina (SIMA), la Empresa Nacional de Ferrocarriles (ENAFER), así como las instalaciones y depósitos de PETROPERU, CENTROMIN PERU, MINPECO, Shell, Texaco, Mobil Oil y Sol Gas.

El Callao cuenta con una importante infraestructura portuaria y de almacenamiento, que facilita enormemente las actividades de comercio exterior del país. En el Terminal del Callao se realiza el 87 % del movimiento de **contenedores** del Perú. El puerto del Callao moviliza más del 60 % de la carga del comercio exterior del país; desde aquí se distribuye productos de importación a cualquier lugar del territorio nacional y se recibe importantes rubros de exportación procedentes de centros mineros, manufactureros, agroindustriales, pesqueros y carga en general.

Los principales productos de exportación que embarca son: harina de pescado, cobre, plomo, zinc, madera, baritina, pescado, textiles, petróleo, etc. En descarga de importación más significativa se registra: trigo, maíz, arroz, azúcar, aceite vegetal, arvejas, cebada, vehículos, hierro, acero, papel, productos químicos, petróleo y derivados.

El Producto Bruto Interno del Callao representa casi el 6 % del PBI nacional (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995). En los últimos años ha registrado una recuperación importante principalmente en las actividades de pesca, construcción, transporte, almacenamiento y comunicaciones, y servicios en general.

La estructura productiva del Callao refleja la preponderancia de la actividad manufacturera, seguida de la actividad de transporte, almacenamiento y comunicaciones que constituye una actividad con marcado ascenso y dinamismo. La agricultura y la pesca tienen una escasa participación en el PBI del Callao.

La base de la **actividad manufacturera** descansa fundamentalmente en las industrias de productos alimenticios (más de la cuarta parte), y de refinación de petróleo; ambos concentran el 73 % del PBI industrial del Callao. Entre las otras actividades industriales que son importantes se encuentran: Fabricación de sustancias y productos químicos, fabricación de productos de caucho y plásticos, fabricación de productos textiles y prendas de vestir, fabricación de automotores y otros, y fabricación de productos elaborados de metal.

La actividad de la **pesca** se ve afectada por factores climatológicos y por fluctuaciones de la demanda internacional. En el año 1994 la pesca registró una importante recuperación, principalmente en lo referido a los volúmenes de desembarque para consumo humano indirecto. La amenaza que enfrenta la pesca es la distorsión en la explotación pesquera, que puede derivar en la desaparición de especies marinas. La empresa estatal **PESCA PERU**, que en la actualidad está siendo privatizada, se mantiene como líder del sector pesquero, seguida del Sindicato Pesquero del Perú S.A.

Pese a la tendencia decreciente a nivel nacional, la inversión pública en el Callao se ha mantenido en niveles considerables, orientándose mayormente a infraestructura económica y social. La inversión de la Corporación de Desarrollo del Callao (ahora CORDELICA) se acrecienta, mientras que la de la Municipalidad se ve deteriorada por los escasos recursos asignados.

La existencia de numerosos establecimientos bancarios de tercer nivel (agencias) se explica debido a que la intermediación financiera en el Callao permanece estancada, constituyéndose sólo en foco de captación de recursos del sistema financiero.

## **10.2.- PERDIDAS ECONOMICAS POR TSUNAMIS EN EL CALLAO**

Si ocurriese en la zona de estudio un tsunami destructivo, ocasionaría cuantiosas pérdidas humanas y materiales, debiéndose agregar a ello los graves perjuicios económicos que se producirían durante el período de tiempo en el cual las instalaciones productivas y de servicios esenciales permanezcan inoperativas, en la etapa posterior al evento.

Ya que en el área inundable se concentran instalaciones estratégicas, la destrucción parcial o total de éstas afectaría no sólo la situación socio-económica local, sino que desequilibraría totalmente la estructura productiva y de abastecimientos al mercado, a nivel nacional.

### **10.2.1 PERDIDAS ECONOMICAS EN EL AREA PORTUARIA (TERMINAL MARITIMO DEL CALLAO).-**

Para estimar las pérdidas económicas que se producirían en el área portuaria ante la ocurrencia de un tsunami de origen cercano, es necesario realizar un inventario de todas las estructuras, instalaciones, equipos y maquinarias que se encuentran en el Terminal Marítimo. Debe hacerse un cuadro de **valores económicos** y a continuación, en base a una escala de probables daños confeccionada para el caso de un sismo tsunamigénico, se obtendrá el total de pérdidas económicas.

A ello habrá que agregarle las cuantiosas pérdidas producto de la paralización del puerto del Callao, en la etapa post-desastre, que afectaría enormemente no sólo a la economía chalaca sino que causaría graves daños a la economía del Perú, ya que como sabemos el puerto del Callao es el principal puerto marítimo del país, movilizándolo más del 60 % de la carga del comercio internacional.

En caso de ocurrencia de desastres naturales, es vital para el Perú que el Terminal Marítimo del Callao se mantenga operativo. Si el puerto del Callao quedara cerrado por un tiempo prolongado, se produciría un impacto negativo en la economía, la producción, el trabajo y la alimentación de la población peruana.

El Terminal Marítimo del Callao es de propiedad de la Empresa Nacional de Puertos S.A. - **ENAPU**. Está situado en el centro de la costa peruana, a 15

kilómetros de la capital. Se encuentra a una distancia relativamente corta del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, principal campo de aviación comercial del país. Durante el año 1995 laboraron en el Terminal **1259** trabajadores (ENAPU, 1995).

### **Muelles y Amarraderos.-**

El Terminal cuenta con **9 muelles**, los cuales se utilizan de la siguiente manera:

- Los Muelles N° 1, 2, 3, 4 y 9 son empleados para carga general.
- El Muelle N° 5 para embarque directo de minerales y concentrados.
- El Muelle N°7 para carga de combustible y productos químicos líquidos, con tuberías conectadas a las redes de PETROPERU.
- El Muelle N°10 para embarcaciones pesqueras.
- El Muelle N°11 para carga de granos.

En la actualidad el puerto del Callao tiene un importante proyecto de modernización, gracias al apoyo técnico financiero del gobierno del Japón que permitirá la construcción del **Muelle Sur**. Con esta obra podrá incrementarse considerablemente la capacidad de atención a carga de contenedores y la descarga de alimentos, permitiendo la llegada de naves de cuarta generación, en corto plazo.

La oferta de amarraderos de los terminales de ENAPU, es suficiente para atender la demanda actual. En el caso del Terminal Marítimo del Callao, el cual dispone de **29 amarraderos**, su índice de ocupabilidad alcanza en promedio el 39 % de su capacidad instalada, no obstante el incremento del tonelaje de carga movilizada registrado en 1995.

Los puertos de atraque directo cuentan con la capacidad para atender eficientemente naves de moderna tecnología. Para ello ENAPU realiza un mantenimiento permanente de las profundidades.

### **Rompeolas.-**

El Terminal del Callao cuenta con **2 rompeolas**: el Rompeolas Norte y el Rompeolas Sur. Ambos fueron construidos en el año 1928 por la Compañía

Frederick Snare Corporation, y tienen una densidad de roca de 2.5 Tn/m<sup>3</sup>.

El Rompeolas Norte tiene una longitud de 2,174 metros y un peso de 1'184,000 toneladas, mientras que el Rompeolas Sur tiene una longitud de 1,088 metros y un peso de 592,356 toneladas.

### Áreas de Almacenamiento.-

El Terminal Marítimo del Callao cuenta con 7 almacenes cerrados y techados, así como con 9 zonas y anexos cercados y descubiertos, distribuidos como se indica en la Tabla N°10.1.

**TABLA N° 10.1.- TERMINAL MARITIMO DEL CALLAO. AREAS DE ALMACENAMIENTO**

AREAS DE ALMACENAMIENTO	AREA BRUTA (m <sup>2</sup> )	AREA NETA (m <sup>2</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	CAPACIDAD DE PALETAS
ALMACEN 3	4,663	1,557	5,450	1,635
ALMACEN 4	4,663	1,557	5,450	1,635
ALMACEN 5	7,317	3,061	10,714	3,214
ALMACEN 7	3,716	2,118	7,417	2,224
ALMACEN 8	3,716	2,118	7,417	2,224
ALMACEN 9	3,149	1,164	4,074	1,222
ALMACEN 10	4,080	1,380	4,830	1,449
SUB TOTAL	31,304	12,955	45,352	13,603
ZONA 1	8,400	5,362	6,343	-----
ZONA 2	15,096	10,318	36,113	4,371
ZONA 3	27,210	18,624	65,184	1,304
ZONA 4	26,551	18,655	65,293	9,141
ZONA 5	6,737	4,732	16,562	2,319
ZONA 6	11,463	7,245	25,356	507
ZONA 8	5,280	4,224	14,784	4,435
ZONA 9	12,156	3,568	12,408	3,858
ZONA 10	6,912	5,534	19,369	5,811
SUB TOTAL	119,805	78,262	261,492	31,746
TOTAL GENERAL	151,109	91,217	306,844	45,349

## **Instalaciones Especializadas del Terminal.-**

- **Muelle para carga de petróleo:** El Muelle N°7 brinda servicios a naves con carga de productos derivados del petróleo y productos químicos líquidos. Sus dimensiones son: 262.12 metros de largo por 16.91 metros de ancho, formando un área de 4432 metros cuadrados. Su profundidad es de 36 pies. Puede atender a dos naves con distintos productos en forma simultánea, operando con todas las normas de seguridad exigidas.

Tiene instalados 3500 metros de tubería tendida a lo largo del **Rompeolas Norte**, extendiéndose hacia las instalaciones privadas externas al área portuaria, distribuidas de la siguiente manera:

**Línea de 16"** para productos blancos (gasolina, kerosene, solventes, turbo)

**Línea de 12"** para gas propano y butano.

**Línea de 6"** para productos químicos como acrilonitrilo y demetilmormide.

**Línea de 22"** para descarga de productos negros (petróleo 2, 4, 5, 6, residual y asfalto).

- **Terminal para granos:** Esta instalación es utilizada para la recepción y almacenamiento de cereales a granel. Está conformada por **20 silos** y compartimientos con capacidad para almacenar un total de 25760 toneladas.

Este sistema es alimentado por tres torres neumáticas con 7 brazos, cuya capacidad de absorción es de 8400 toneladas en 24 horas (350 Tn/hora).

- **Zonas para contenedores:** Para la atención a contenedores se cuenta con las siguientes áreas:

**Zona 16** : 54,252 m<sup>2</sup>

**Patio N°5** : 13,632 m<sup>2</sup>

**Patio N°3** : 6,281 m<sup>2</sup>

**Patio N°2** : 6,281 m<sup>2</sup>

Aquí se operan equipos especializados en movilizar y apilar contenedores, contando con 2 grúas pórtico de patio con capacidad de 35 TM, 5 cargadores frontales con capacidad de 30 TM, 3 cargadores laterales con capacidad de 20 TM, 9 transportadores de contenedores con capacidad de 35 TM, y 3 apiladores.



- **Sistema Roll On - Roll Off:** El puerto del Callao cuenta con nueve amarraderos disponibles para atender este tipo de naves, las cuales por su configuración estructural requieren atracar por la popa, permitiendo colocar la rampa directamente en el muelle para la respectiva descarga. Esos amarraderos se encuentran en los muelles N° 1, 2, 3, 4, 5 y 9.

- **Equipo para carga de líquidos grasos:** La descarga y embarque de líquidos grasos a granel se realiza a través de un equipo, el cual se instala en cualquier amarradero y funciona ininterrumpidamente. Está conformado por 7 atriles, 4 bombas eléctricas, 2 bombas Diesel y 3 tinajas de metal. Estas instalaciones permiten realizar operaciones, desde la nave al vehículo de transporte o viceversa.

- **Estación de pasajeros:** Es una edificación de dos pisos ubicada en el Muelle N°5. Cuenta con un área de 2184 m<sup>2</sup>, con capacidad para recibir hasta 350 pasajeros cómodamente instalados. Además cuenta con sala de equipaje, sala de descanso, comedor y demás servicios.

- **Centro deportivo:** Está destinado para el esparcimiento de trabajadores y visitantes. Está construido en un área de 7144 m<sup>2</sup>, donde se encuentran instaladas canchas para la práctica del tenis, frontón, fulbito, voley y bochas; cuenta además con sala de juegos, vestuario, comedor y otros servicios.

### **Tráfico Portuario.-**

Los resultados obtenidos en el movimiento operativo de los puertos administrados por ENAPU S.A. han sido favorables durante el ejercicio de 1995, lo que ha evidenciado un incremento en sus principales movimientos, comparados con los resultados obtenidos en el transcurso del año anterior.

- **Carga:** En el año 1995 se produjo un crecimiento en relación a 1994 del 6% en los movimientos de carga de exportación, importación, cabotaje y transbordo, totalizando 13'880,299.72 toneladas, de las cuales el **67.3 %** corresponde al Terminal Marítimo del Callao.

En el Terminal del Callao el movimiento de carga se incrementó en 1995 en 4.6 % con respecto al año 1994, movilizándose en total **9 018 021 Tons.**,

distribuidas de la siguiente manera:

<b>Descarga de Importación :</b>	5 628 708 Tons.	(62.4 %)
<b>Embarque de Exportación:</b>	2 420 313 Tons.	(26.8 %)
<b>Carga de Cabotaje</b>	969 000 Tons.	(10.8 %)

- **Naves:** Durante el año 1995 fueron atendidas en todos los terminales de ENAPU un total de 4117 naves, con un peso de 40 412 709 toneladas de registro bruto, que significó un crecimiento del 8 % con relación a 1994; el Terminal Marítimo del Callao realizó el servicio más significativo en el período, atendiendo **2424 naves**, registrándose un crecimiento del 4 % con respecto a 1994.

- **Contenedores:** La tendencia al progresivo incremento del movimiento de contenedores, que venía observándose en años anteriores, alcanzó en 1995 un significativo repunte con un crecimiento del 31.39 % con relación a 1994. El movimiento de contenedores es predominante en el Terminal Marítimo del Callao, donde se atienden a través de muelles especializados, así como de patios de almacenamiento y equipos para su movilización. Su descarga es posible realizarla bajo modalidades directa e indirecta.

### **Pérdidas Económicas.-**

Se ha estimado que en caso de ocurrencia de un fenómeno catastrófico en el Callao, como un tsunami de origen cercano, las pérdidas económicas que se producirían en el área portuaria (Terminal Marítimo del Callao) serían alrededor de **160 millones de dólares**. Este valor es referencial y nos da una idea general de la magnitud de las pérdidas en el puerto, por lo que se debe tomar con mucho cuidado en trabajos posteriores. Para proteger el patrimonio de ENAPU a nivel nacional la empresa ha contratado pólizas especializadas, asegurando sus activos más importantes. Una política que se debe adoptar para tratar de disminuir las pérdidas materiales en caso de ocurrencia de desastres naturales, es la de trasladar a zonas más seguras las mercaderías de más valor que lleguen al Callao, permaneciendo en los almacenes de ENAPU el menor tiempo posible.

## 10.2.2 PERDIDAS ECONOMICAS EN EL AREA RESIDENCIAL.-

Para estimar las pérdidas económicas que se producirían en el área residencial del Callao, ante un tsunami de origen cercano, es necesario tener en cuenta para todas las viviendas localizadas en la zona inundable, el tipo de edificación según su **resistencia sísmica**. De acuerdo a los estudios realizados por el ingeniero Julio Kuroiwa, se han considerado cuatro tipos de edificaciones:

- Las **edificaciones tipo A**: propensas a sufrir daños irreparables.
- Las **edificaciones tipo B**: expuestas a daños importantes, pero sin colapso.
- Las **edificaciones tipo C**: de seguridad relativa, expuestas a daños moderados.
- Las **edificaciones tipo D**: de gran resistencia sísmica.

Es importante además tener en cuenta si las viviendas están ubicadas en cotas bajas, intermedias o altas, y para cada uno de estos casos se deberá confeccionar una escala de probables daños ante un sismo tsunamigénico (Intensidad del sismo: VIII-IX M.M.), en base a la cual se determinarán las pérdidas económicas.

- **Viviendas en cotas bajas**: Se consideran las viviendas ubicadas por debajo de la cota +3.00 metros, y que serán las que sufran los mayores daños por el impacto de las olas del tsunami. La escala para la estimación de daños es:

TIPO	DAÑO
A	100 %
B	100 %
C	60 %
D	30 %

- **Viviendas en cotas intermedias**: Se consideran las viviendas ubicadas entre las cotas +3.00 y +5.00 metros. La escala para la estimación de daños es:

TIPO	DAÑO
A	100 %
B	70 %
C	40 %
D	20 %

- **Viviendas en cotas altas:** Se consideran las viviendas ubicadas entre la cota +5.00 y el límite del área inundable delimitada. La escala para la estimación de daños es la siguiente:

TIPO	DAÑO
A	100 %
B	50 %
C	25 %
D	10 %

En base a los datos proporcionados por la **Municipalidad Distrital de La Punta** y la **Municipalidad Provincial del Callao**, y utilizando los datos censales de población y vivienda del **INEI**, los autores hemos elaborado los siguientes cuadros en los cuales se obtienen las pérdidas económicas que se producirían en el área residencial ante la ocurrencia de un tsunami en las costas del Callao. El análisis se ha hecho en las **10 sub-zonas** del área inundable delimitada, y los factores que intervienen son el número de viviendas por sub-zona, su valor económico promedio, el tipo de edificación según su resistencia sísmica, así como el porcentaje de daños correspondiente a la escala respectiva.

**TABLA Nº 10.2.- PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 01**

SUB-ZONA 01			
CARACTERISTICAS			VALOR ECON.
COTA PROM. [1]	Nº TOTAL VIV. [2]	VALOR ECON. VIV. PROM.(S/.) [3]	TOTAL VIV. (S/.) [4]=[2]x[3]
+2.0	1 230	59 543	73 237 890

TIPO DE EDIFICACION	% VIV. SEGUN TIPO [5]	% DAÑOS SEGUN TIPO [6]	PERDIDA ECONOMICA (S/.) [7]=[4]x[5]x[6]/10000
A	25	100	18 309 473
B	25	100	18 309 473
C	41	60	18 016 521
D	9	30	1 977 423
PARCIAL			<b>S/. 56 612 889</b>

**TABLA N° 10.3.- PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 02**

SUB-ZONA 02			VALOR ECON.
CARACTERISTICAS			TOTAL VIV. (S/.)
COTA PROM. [1]	Nº TOTAL VIV. [2]	VALOR ECON. VIV. PROM.(S/.) [3]	[4]=[2]x[3]
+3.0	962	13 145	12 645 490

TIPO DE EDIFICACION	% VIV. SEGUN TIPO [5]	% DAÑOS SEGUN TIPO [6]	PERDIDA ECONOMICA (S/.) [7]=[4]x[5]x[6]/10000
A	35	100	4 425 922
B	38	70	3 363 700
C	21	40	1 062 221
D	6	20	151 746
PARCIAL			S/. 9 003 589

**TABLA N° 10.4.- PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 03**

SUB-ZONA 03			VALOR ECON.
CARACTERISTICAS			TOTAL VIV. (S/.)
COTA PROM. [1]	Nº TOTAL VIV. [2]	VALOR ECON. VIV. PROM.(S/.) [3]	[4]=[2]x[3]
+2.0	4 550	8 665	39 425 750

TIPO DE EDIFICACION	% VIV. SEGUN TIPO [5]	% DAÑOS SEGUN TIPO [6]	PERDIDA ECONOMICA (S/.) [7]=[4]x[5]x[6]/10000
A	50	100	19 712 875
B	25	100	9 856 438
C	25	60	5 913 863
D	0	30	0
PARCIAL			S/. 35 483 175

**TABLA N° 10.5.- PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 04**

SUB-ZONA 04			
CARACTERISTICAS			VALOR ECON.
COTA PROM. [1]	Nº TOTAL VIV. [2]	VALOR ECON. VIV. PROM.(S/.) [3]	TOTAL VIV. (S/.) [4]=[2]x[3]
+5.0	6 455	7 887	50 910 585

TIPO DE EDIFICACION	% VIV. SEGUN TIPO [5]	% DAÑOS SEGUN TIPO [6]	PERDIDA ECONOMICA (S/.) [7]=[4]x[5]x[6]/10000
A	50	100	25 455 293
B	38	50	9 673 011
C	12	25	1 527 318
D	0	10	0
PARCIAL			S/. 36 655 621

**TABLA N° 10.6.- PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 05**

SUB-ZONA 05			
CARACTERISTICAS			VALOR ECON.
COTA PROM. [1]	Nº TOTAL VIV. [2]	VALOR ECON. VIV. PROM.(S/.) [3]	TOTAL VIV. (S/.) [4]=[2]x[3]
+5.4	3 747	8 117	30 414 399

TIPO DE EDIFICACION	% VIV. SEGUN TIPO [5]	% DAÑOS SEGUN TIPO [6]	PERDIDA ECONOMICA (S/.) [7]=[4]x[5]x[6]/10000
A	55	100	16 727 919
B	36	50	5 474 592
C	6	25	456 216
D	3	10	91 243
PARCIAL			S/. 22 749 970

**TABLA Nº 10.7.- PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 06**

SUB-ZONA 06			
CARACTERISTICAS			VALOR ECON.
COTA PROM. [1]	Nº TOTAL VIV. [2]	VALOR ECON. VIV. PROM.(S/.) [3]	TOTAL VIV. (S/.) [4]=[2]x[3]
+2.9	2 554	5 134	13 112 236

TIPO DE EDIFICACION	% VIV. SEGUN TIPO [5]	% DAÑOS SEGUN TIPO [6]	PERDIDA ECONOMICA (S/.) [7]=[4]x[5]x[6]/10000
A	56	100	7 342 852
B	31	100	4 064 793
C	9	60	708 061
D	4	30	157 347
		PARCIAL	S/. 12 273 053

**TABLA Nº 10.8.- PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 07**

SUB-ZONA 07			
CARACTERISTICAS			VALOR ECON.
COTA PROM. [1]	Nº TOTAL VIV. [2]	VALOR ECON. VIV. PROM.(S/.) [3]	TOTAL VIV. (S/.) [4]=[2]x[3]
+2.7	3 188	5 922	18 879 336

TIPO DE EDIFICACION	% VIV. SEGUN TIPO [5]	% DAÑOS SEGUN TIPO [6]	PERDIDA ECONOMICA (S/.) [7]=[4]x[5]x[6]/10000
A	34	100	6 418 974
B	38	100	7 174 148
C	20	60	2 265 520
D	8	30	453 104
		PARCIAL	S/. 16 311 746

**TABLA N° 10.9.- PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 08**

SUB-ZONA 08			
CARACTERISTICAS			VALOR ECON.
COTA PROM. [1]	N° TOTAL VIV. [2]	VALOR ECON. VIV. PROM.(S/.) [3]	TOTAL VIV. (S/.) [4]=[2]x[3]
+5.7	5 350	12 577	67 286 950

TIPO DE EDIFICACION	% VIV. SEGUN TIPO [5]	% DAÑOS SEGUN TIPO [6]	PERDIDA ECONOMICA (S/.) [7]=[4]x[5]x[6]/10000
A	50	100	33 643 475
B	25	50	8 410 869
C	20	25	3 364 348
D	5	10	336 435
		PARCIAL	S/. 45 755 126

**TABLA N° 10.10.- PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 09**

SUB-ZONA 09			
CARACTERISTICAS			VALOR ECON.
COTA PROM. [1]	N° TOTAL VIV. [2]	VALOR ECON. VIV. PROM.(S/.) [3]	TOTAL VIV. (S/.) [4]=[2]x[3]
+5.0	5 302	12 663	67 139 226

TIPO DE EDIFICACION	% VIV. SEGUN TIPO [5]	% DAÑOS SEGUN TIPO [6]	PERDIDA ECONOMICA (S/.) [7]=[4]x[5]x[6]/10000
A	60	100	40 283 536
B	20	50	6 713 923
C	15	25	2 517 721
D	5	10	335 696
		PARCIAL	S/. 49 850 875



**TABLA N° 10.11.- PERDIDAS ECONOMICAS. SUB-ZONA 10  
(PUEBLO JOVEN PUERTO NUEVO Y BARRIO  
FRIGORIFICO)**

SUB-ZONA 10			
CARACTERISTICAS			VALOR ECON.
COTA PROM. [1]	Nº TOTAL VIV. [2]	VALOR ECON. VIV. PROM.(S/.) [3]	TOTAL VIV. (S/.) [4]=[2]x[3]
+4.2	1 050	9 385	9 854 250

TIPO DE EDIFICACION	% VIV. SEGUN TIPO [5]	% DAÑOS SEGUN TIPO [6]	PERDIDA ECONOMICA (S/.) [7]=[4]x[5]x[6]/10000
A	62	100	6 109 635
B	19	70	1 310 615
C	19	40	748 923
D	0	20	0
PARCIAL			S/. 8 169 173

Para una estimación de las pérdidas económicas que se producirían en el área residencial ante un sismo tsunamigénico, debemos tener en cuenta que en una vivienda será afectada el área construida, por lo cual en base a los valores de los aranceles promedios (valor del m<sup>2</sup> de terreno) para cada sub-zona del área inundable, proporcionados por la **Dirección de Rentas** de la Municipalidad Provincial del Callao, y asumiendo que el valor del terreno es aproximadamente en todos los sectores entre el 20 y el 30 % del autocalúo promedio, excepto en la sub-zona 10 donde el arancel es muy bajo, se han determinado los porcentajes del valor construido de la vivienda promedio; dichos porcentajes, afectados a las pérdidas económicas calculadas anteriormente, nos darán las **pérdidas reales** que se producirían en cada sub-zona de la zona inundable delimitada; estas pérdidas se indican en la Tabla N°10.12, que a continuación se muestra.

**TABLA N° 10.12.- PERDIDAS ECONOMICAS REALES EN EL  
AREA RESIDENCIAL**

SUB-ZONA	ARANCEL PROMEDIO (S/m <sup>2</sup> )	% VALOR TERRENO [1]	% VALOR CONSTRUIDO [2]=100-[1]	PERD. ECON. (S/.) [3]	PERD. ECON. REAL (S/.) [4]=[2]x[3]/100
01	57,19	28	72	56 612 889	40 761 280
02	33,00	22	78	9 003 589	7 022 799
03	30,00	22	78	35 483 175	27 676 877
04	22,75	20	80	36 655 621	29 324 497
05	66,74	30	70	22 749 970	15 924 979
06	35,31	23	77	12 273 053	9 450 251
07	37,11	23	77	16 311 746	12 560 044
08	38,76	24	76	45 755 126	34 773 896
09	27,02	21	79	49 850 875	39 382 191
10	8,75	17	83	8 169 173	6 780 414
<b>TOTAL</b>				<b>S/. 223 657 228</b>	

Por lo tanto, podemos concluir que si ocurriese un sismo tsunamigénico en el Callao, las pérdidas económicas producidas en el área residencial serían aproximadamente de **225 millones de nuevos soles** o, lo que es igual, de **90 millones de dólares**.

### 10.2.3 PERDIDAS ECONOMICAS EN OTRAS INSTALACIONES.-

Existen en la zona inundable delimitada, específicamente en la **sub-zona 10**, algunas instalaciones que serían afectadas ante la ocurrencia de un tsunami de origen cercano en las costas del Callao. Para estimar las pérdidas económicas que se producirían en ese caso emplearemos la metodología del Ing. Kuroiwa, para lo cual debe considerarse que la cota promedio de la sub-zona 10 es +4.2 m. (cota intermedia), y teniendo en cuenta que dichas instalaciones según su resistencia sísmica son de tipo C, de acuerdo a la escala respectiva el porcentaje de daños que les corresponde es 40 %. En la Tabla N°10.13, que se presenta a continuación, se indican las pérdidas económicas que se producirían en las instalaciones ante un sismo tsunamigénico; es importante señalar que en caso de ocurrir conflagración (fuego descontrolado) las pérdidas serían mucho mayores.

**TABLA N° 10.13.- PERDIDAS ECONOMICAS EN INSTALACIONES**

INSTALACION	VALOR ECON.(S/.) [1]	% DAÑOS [2]	PERD. ECON. (S/.) [3]=[1]x[2]/100
ENAFER PERU	4 446 911	40	1 778 764
CENTROMIN PERU	10 901 266	40	4 360 506
SOL GAS	565 542	40	226 217
PETROPERU	11 228 857	40	4 491 543
SHELL	1 095 832	40	438 333
TEXACO	882 081	40	352 832
SIMA	597 710	40	239 084
MOBIL OIL	891 317	40	356 527
		<b>TOTAL</b>	<b>S/. 12 243 806</b>

Podemos concluir que si ocurriese un sismo tsunamigénico en el Callao, las pérdidas económicas producidas en las instalaciones ubicadas en la sub-zona 10 del área inundable, serían aproximadamente de **13 millones de nuevos soles** o, lo que es igual, de **5 millones de dólares**.

#### **10.2.4 PERDIDAS ECONOMICAS TOTALES.-**

Si consideramos las pérdidas económicas que se producirían en el área portuaria (US\$ 160 millones), en el área residencial (US\$ 90 millones), así como en otras instalaciones (US\$ 5 millones), ante la ocurrencia de un tsunami de origen cercano en las costas del Callao, tendremos que en total se perderían **255 millones de dólares**.

Estas pérdidas económicas fueron estimadas en moneda nacional y luego transformadas a Dólares U.S. al cambio del momento en que se terminó de editar la presente tesis (U.S.\$ 1,00 = S/. 2,50).

# *CAPITULO 11*

## *PLANEAMIENTO PARA EL DESARROLLO URBANO POST-DESASTRE*

---

El presente capítulo tiene como objetivo determinar y anotar algunas propuestas como una visión orientadora para el mejoramiento en el desarrollo urbano del Callao, de tal modo que se oriente hacia un planeamiento urbano integral post-desastre.

Luego de ocurrido el fenómeno destructivo (sismo tsunamigénico) es esencial poner en marcha un **plan de rehabilitación urbana** del área afectada (en este caso las localidades de La Punta y el Callao), el cual contemple propuestas que impulsen el desarrollo urbano.

Debe considerarse la rehabilitación y reubicación de las edificaciones afectadas ubicadas en zonas críticas, así como la rehabilitación de la red vial y de la infraestructura de servicios y líneas vitales. En aquellos sectores donde las construcciones hayan colapsado y se encuentren en condiciones de inhabitabilidad, deberá tenerse en cuenta si es conveniente o no la reconstrucción de edificaciones, o si es preciso utilizar dichas zonas con otros fines, como por ejemplo para actividades recreativas, implementando áreas libres e incrementando zonas abiertas como plazas, parques y complejos recreativos.

Hay que destacar que el proceso de **planeamiento urbano** utiliza gran cantidad de datos sobre las condiciones físicas, económicas y sociales de la zona en estudio, y la metodología empleada se establece desde la determinación de los objetivos de la comunidad hasta la implementación del plan. La planificación física y el desarrollo urbano, traslada los objetivos sociales y económicos del desarrollo a patrones físicos de uso de la tierra. En este

aspecto, uno de los objetivos más importantes es que proporciona a sus habitantes una adecuada calidad de vida, donde la protección de su vida y sus propiedades son cualidades esenciales a considerar. El principal problema que deben resolver los planes de desarrollo para el Callao es el enfoque que se le da como primer puerto marítimo del país y, de algún modo, como apéndice de la ciudad de Lima a pesar de tener una identidad y problemática propias.

### **11.1.- PROPUESTA DE REUBICACION DE EDIFICACIONES Y REHABILITACION URBANA DE ZONAS CRITICAS**

Se propone en el plan de desarrollo urbano del Callao la utilización de las áreas ubicadas por debajo de la cota **+5.00 metros** (La Punta, Chucuito y parte del Callao Central) preferentemente con fines de recreación y esparcimiento, con el objeto de reducir el riesgo de pérdidas humanas y facilitar las labores de evacuación y rescate en caso de futuros desastres.

En estas áreas se propone la construcción de edificaciones altas, mayores a 4 pisos y sísmicamente resistentes, ya que serán diseñadas para utilizarse como refugios de emergencia en caso de tsunami. Es conveniente que presenten poca superficie de exposición a las olas, y generalmente los primeros pisos deben estar libres para aprovechar los refugios superiores en caso de emergencia.

En las áreas ubicadas entre las cotas **+5.00 y +7.00 metros** se debe evitar la mayor densificación poblacional, implementándose áreas verdes que son escasas. Para ello se recomienda edificar viviendas multifamiliares de albañilería de 5 pisos, con muros de concreto reforzado orientados de manera perpendicular a la línea costera, para que presenten el menor frente posible a la dirección de ataque de las olas. Al solucionar el problema habitacional con edificaciones en altura, las áreas que queden liberadas deben ser dedicadas a áreas verdes y a la recreación, para cubrir la insuficiencia existente en estos sectores y de alguna manera amenguar los efectos destructivos de las olas.

Aquellas instalaciones ubicadas en plena zona inundable y que han sido afectadas por el fenómeno destructivo, deberán ser inspeccionadas detalladamente para determinar si es necesario reforzarlas, reconstruirlas o reubicarlas. Este es un aspecto muy importante a tener en cuenta, ya que se

debe aprender de los errores cometidos; si llegaran a colapsar construcciones situadas en la zona de inundación severa, deberá estudiarse su traslado hacia otros sectores ubicados fuera del área inundable, pues sería un grave error reconstruir estas edificaciones sin tomar las providencias del caso, ya que ante otro sismo tsunamigénico, volverían a fallar. Debe considerarse además la propuesta señalada anteriormente, es decir utilizar las áreas ubicadas en la zona de inundación más crítica para la realización de actividades recreativas, implementando áreas verdes que permitirán incrementar la seguridad física, de tal forma que el impacto causado por **sismos, tsunamis e incendios** sea el mínimo posible.

Una vez que el período crítico ha pasado, deberá verificarse el estado en que se encuentran los inmuebles utilizados por la población como **refugios de emergencia**, y si el caso lo requiere habrá que reforzarlos convenientemente para poder ser nuevamente empleados ante la ocurrencia de un fenómeno similar (tsunami de origen cercano).

Un problema adicional que se presenta en la zona de estudio es la presencia de grandes **tanques de combustible** en plena área urbana, específicamente en la zona contigua al Terminal Marítimo, que convierten a este sector en potencialmente vulnerable frente a conflagración y explosiones. Es por ello que en el plan de desarrollo urbano del Callao se recomienda ubicar los tanques de combustible a más de **500 metros** de la zona urbana, y una vez ubicados los tanques, no se debe permitir que la población se asiente dentro de su área de riesgo. Asimismo, se recomienda separar el área industrial portuaria del área urbana mediante una gran franja verde, es decir, creando una defensa natural con árboles alrededor de los almacenes y depósitos de combustibles; y para ello, no deberá instalarse asentamientos humanos en dicho sector, tal como lo propuso el Ing. Ferro en su Tesis de Grado (Ferro, 1989).

Como una conclusión final podemos señalar que lo ideal sería no construir en las zonas inundables, pero muchas veces esto no es posible. Para las costas de Lima Metropolitana, teniendo como punto focal el Callao, debe considerarse como áreas inundables aquellas ubicadas por debajo de los 6 metros sobre el nivel del mar, localizadas a menos de 0.5 Kms. de la línea de costa (Kuroiwa, 1983). Estas zonas de alto riesgo deben ser utilizadas preferentemente como áreas recreacionales, que son necesarias dado el déficit existente. Si por razones prácticas es necesario edificar en las áreas

inundables, como por ejemplo depósitos en terminales marítimos, terminales pesqueros, etc., es muy importante determinar la altura y dirección de ataque de las olas, y tomar en cuenta ciertas consideraciones para proteger las edificaciones, como por ejemplo las defensas portuarias o estructuras de contingencia.

## **11.2.- PROPUESTA DE REHABILITACION DE LA RED VIAL TENIENDO EN CUENTA PRIORIDADES**

Como consecuencia de la ocurrencia del fenómeno destructivo en la zona de estudio (La Punta y el Callao), algunas calles y avenidas quedarán en condiciones de intransitabilidad, por lo cual el plan de desarrollo urbano debe contemplar la rehabilitación de la red vial. Las avenidas principales del Callao, que constituyen las arterias por donde evacuará la mayoría de la población en caso de desastre, como las avenidas **Buenos Aires, Sáenz Peña y Guardia Chalaca**, tendrán prioridad en la rehabilitación, ya que son las vías que permiten el rápido desplazamiento de gran cantidad de personas que diariamente circulan por el Callao, siendo avenidas amplias de tráfico fluido. Asimismo la rehabilitación de la avenida **Argentina** es prioritaria, ya que dicha vía tiene acceso directo al Terminal Marítimo y a través de ella se transporta carga desde o hacia la ciudad.

Ante la ocurrencia de un sismo violento, las grandes ondulaciones que presenta la avenida Guardia Chalaca por la mala calidad del suelo (presencia de materia orgánica), pueden incrementarse y provocar la falla de las pistas, haciéndola intransitable. El problema se agrava ya que por dicha avenida continuamente circulan pesados camiones, que salen del Terminal Marítimo y se dirigen hacia la avenida La Marina. Es por ello que el plan de desarrollo urbano debe priorizar la rehabilitación de la Av. Guardia Chalaca, considerada como una de las principales arterias del Callao.

Las vías que ante un sismo severo serán las más afectadas, son aquellas a las que por mucho tiempo no se les ha dado un adecuado mantenimiento y que se encuentran en muy mal estado de conservación. Muchas de las calles ubicadas en plena zona inundable sufrirán grandes daños, como las estrechas calles de las **sub-zonas 06 y 07**, las zonas más antiguas del Callao.

Al momento de rehabilitar la red vial se dará prioridad a las vías principales y luego a las vías secundarias señaladas en el plan de evacuación, ya que las primeras son las avenidas más transitadas y más utilizadas por la población para evacuar rápidamente la zona de inundación en caso de desastre, y en condiciones normales permiten el fácil acceso a diversos sectores del Callao, así como a la ciudad de Lima.

### **11.2.1 PROPUESTA DE REHABILITACION DE LA AVENIDA COSTANERA.-**

Se propone la rehabilitación de esta avenida, la cual se utilizaría como una vía vehicular de evacuación rápida para la población de La Punta y Chucuito, tal como fue recomendada por el Ing. Iwamoto en su Tesis de Grado (Iwamoto, 1992). En la actualidad la avenida Costanera se encuentra en mal estado de conservación, ya que con el paso del tiempo ha sido erosionada por la braveza del mar y en algunos tramos está cubierta por desmonte y basura, lo que le da un mal aspecto. Es por esto que la rehabilitación de dicha vía es una obra que consideramos **prioritaria**. (Ver *Lámina 17*).

Para ello es necesario reemplazar la capa de materia orgánica que tiene de 1 a 2 metros de espesor, por material denso y compactado. Sus bordes laterales deben defenderse con **enrocado**, para evitar o disminuir el efecto erosivo de las olas. Asimismo, no deberá permitirse que a lo largo de dicha avenida se instalen establecimientos comerciales, ya que atraerían a vendedores ambulantes y ocasionarían los mismos problemas que se presentan actualmente en los alrededores del Mercado Central del Callao.

### **11.2.2 PROPUESTA DE DESCONGESTIONAMIENTO DEL CALLAO CENTRAL.-**

Dentro del planeamiento para el mejoramiento del desarrollo urbano post-desastre en el Callao, debemos tomar en cuenta la previsión del descongestionamiento de la zona central del Callao que, por su ubicación, es un sector con servicios comerciales y es la parte crítica del sistema de vías de acceso del Callao.



Como hemos anotado anteriormente, las vías principales de evacuación de la zona inundable que se encuentran dentro de la zona central del Callao son: la Av. Guardia Chalaca, Av. Saenz Peña y la Av. Buenos Aires; y para llevar a cabo el planeamiento urbano post-desastre se propone en la presente tesis la **ampliación y rehabilitación de vías transversales** a las vías de salida de la zona inundable del Callao. (Ver *Lámina 17*).

Es decir, se propone ampliar y rehabilitar las siguientes vías:

- Jr. Marco Polo - Av. Dos de Mayo
- Jr. Guisse - Jr. Zepita
- Jr. Saloom - Jr. Puno
- Jr. Cochrane - Jr. Cuzco

### **11.2.3 PROPUESTA DE CORREDORES VIALES.-**

Teniendo en cuenta los requerimientos para el mejoramiento del desarrollo urbano post-desastre, la proposición anteriormente señalada debe complementarse con una propuesta de **corredores viales**. (Ver *Lámina 17*).

Estos corredores deben contemplar una estrecha relación entre la zona inundable del Callao y los refugios establecidos fuera de ella; así también, la íntima y desarrollada comunicación con la ciudad de Lima. Por lo tanto, haciendo un análisis vial de las principales arterias que cumplen con estos requisitos, los corredores serían:

- Av. Argentina
- Av. Guardia Chalaca - Av. La Marina
- Av. Saenz Peña y Av. Buenos Aires - Av. Oscar R. Benavides
- Av. José Galvez - Av. Venezuela

### **11.2.4 PROPUESTAS CONTEMPLADAS EN EL PLAN URBANO DIRECTOR DEL CONCEJO PROVINCIAL DEL CALLAO.-**

En este aspecto, es importante resaltar que el estudio que se está efectuando en el presente capítulo comprende el planeamiento post-desastre de la ciudad del Callao. Motivo por el cual, los lineamientos y propuestas tomados en cuenta dentro de los proyectos del Plan Urbano Director del Callao, no

pueden ser ajenos a nuestro estudio. Al margen de que estos proyectos son a plazos futuros, sin lugar a dudas contribuyen favorablemente a los requerimientos del enfoque post-desastre que estamos elaborando.

Es pues, necesario, enfatizar las propuestas hechas por el Concejo del Callao en el Plan Urbano Director (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995), en el cual se proyecta la **prolongación de la Av. La Alameda** hasta la Av. Contralmirante Mora, con la finalidad de una rápida evacuación dada la vulnerabilidad ofrecida por las instalaciones de PETROPERU, MINPECO y CENTROMIN-PERU. Asimismo, se propone **remodelar el Jr. Manco Cápac y mejorar los jirones Raygada, Ayacucho y la calle Montezuma**, así como la **construcción de la Vía Costa Verde** (Tramo Callao) incluyendo su integración con la Av. Santa Rosa (Ver *Lámina 18* ), la que serviría como vía de evacuación rápida de La Punta y Chucuito ante posibles tsunamis.

Es importante recalcar, dentro del plan de proyectos a futuro en la Provincia Constitucional del Callao, la necesidad de construir intercambios viales, pasos a desnivel, red de ciclovías y diseños especiales en el sistema vial y en los que se debe considerar condiciones de diseño antisísmico y ubicación estratégica, para poder mitigar los futuros desastres y poder llevar a cabo un eficaz planeamiento post-desastre.

### **11.3.- PROPUESTA DE REHABILITACION DE LA INFRAESTRUCTURA BASICA**

Sabemos que como consecuencia de un sismo tsunamigénico, las líneas vitales sufrirán daños que ocasionarán serios problemas, ya que estas líneas son las que permiten que la ciudad funcione normalmente y si son afectadas, producirían la interrupción de los servicios que prestan, creando muchos inconvenientes a la población de la zona y afectando las acciones de emergencia.

Un fenómeno como el que estudiamos provocaría en la zona inundable la obstrucción de la red de alcantarillado, los equipos de bombeo de agua potable quedarían dañados, algunas tuberías presentarían averías, el sistema de energía eléctrica (sub-estaciones, red de distribución aérea, instalaciones

domiciliarias) quedaría casi totalmente destruido, y el sistema de telecomunicaciones quedaría también muy dañado.

Es por ello que, para mitigar los efectos post-desastre, debe considerarse la rehabilitación de la infraestructura básica, para restituir en el menor tiempo posible los servicios que la población requiere con urgencia. Asimismo, se debe asegurar la dotación alternativa de agua y energía a los **refugios temporales** y **centros de salud** ubicados cerca a la zona inundable, y para ello, cada uno de los mismos debe disponer de un equipo generador de emergencia con suficiente capacidad como para atender los requerimientos de las distintas especialidades médicas, equipos e instalaciones de servicio correspondientes.

Debe procurarse que el **servicio telefónico** se restablezca lo más pronto posible, puesto que la comunicación por radio será insuficiente para desarrollar una labor efectiva que abarque toda la zona afectada. Los servicios de telecomunicación moderna, como la telefonía celular (teléfonos portátiles) e Internet, tendrán un papel fundamental en la etapa post-desastre ya que permitirán atender los casos de emergencia que se presenten.

Al poner en marcha el plan de rehabilitación de la infraestructura de servicios, se debe tomar todas las providencias del caso para que las líneas vitales de energía, agua, desagüe y comunicaciones queden en perfecto estado y de esta manera, los servicios que prestan a la población de la zona sean **eficientes** y no como en la actualidad, donde tenemos que en los sectores más tugurizados del Callao los servicios de agua, desagüe y energía son deficientes.

#### **11.4.- PROPUESTA DE HABILITACION DE NUEVOS REFUGIOS TEMPORALES PARA MITIGAR FUTUROS DESASTRES**

Un punto importante que deberá tomarse en cuenta en el planeamiento urbano post-desastre, es la habilitación de nuevos refugios que serían utilizados por la población damnificada en caso que ocurran futuros desastres en la zona de estudio (La Punta y el Callao).

Estos refugios temporales, en donde la población afectada permanecerá algunos días o semanas, deberán prestar servicios básicos como alimentación,

agua, abrigo, salud, higiene, etc.; es por ello que se recomienda habilitar los refugios en lugares abiertos como parques o en locales escolares, ubicados obviamente fuera del área inundable.

La organización de un refugio temporal deberá contemplar, para que la población albergada sea atendida satisfactoriamente, cuatro áreas principales: Administración, Residencia, Salud y Servicios, tal como se indica en la **Sección 6.6.2** de la presente tesis.

Los refugios que brindarán albergue temporal a los pobladores que lo requieran, en caso de desastre, deberán cumplir con ciertas condiciones que necesariamente serán tomadas en cuenta para su elección, siendo factores determinantes su ubicación con respecto a la zona inundable, los accesos existentes para llegar al refugio rápidamente de diversos sectores, así como las características propias del refugio, que permitan albergar gran cantidad de personas.

Además de los refugios temporales señalados en el plan de evacuación propuesto para las localidades de La Punta y el Callao (Complejo Yahuar Huaca, Colegio San José Maristas, Colegio San Antonio de Varones y Universidad del Callao), en la etapa **post-desastre** deberá habilitarse nuevos refugios, los cuales se utilizarán en caso de futuros desastres.

Se recomienda planificar el funcionamiento de dichos refugios temporales en **parques zonales**, los que en condiciones normales serán empleados como áreas de recreación y esparcimiento. Por esta razón se propone, como parte del planeamiento urbano post-desastre del Callao, la remodelación e implementación de un parque zonal en el área ocupada actualmente por el **Estadio Telmo Carbajo** en el distrito de Bellavista, el cual sería utilizado, al igual que los refugios señalados anteriormente, como refugio temporal en caso de desastre.

Estos refugios deberán poseer cierta infraestructura mínima, para que puedan atender a la población adecuadamente; en la **Sección 6.6** de la presente tesis se explica con más detalle el planeamiento de un refugio temporal.

La propuesta del Estadio Telmo Carbajo como refugio temporal, responde a diversos factores que, sin lugar a dudas, se deberían tomar en consideración para ejecutar las acciones respectivas en cuanto a su remodelación e implementación como **Parque Zonal Telmo Carbajo**.

Según informes efectuados (CORDELICA, 1996), así como también, haciendo una actual inspección particular en dicho estadio, podemos determinar que el deterioro en sus instalaciones es muy notorio debido a que es una construcción que data desde 1927 y que fue ejecutada sin ningún criterio antisísmico, por lo que se recomienda la **demolición** de la edificación existente y la elaboración de un nuevo proyecto (CORDELICA, 1994), el cual es materia de la propuesta anteriormente señalada: la construcción del Parque Zonal Telmo Carbajo para los fines ya determinados.

Es indispensable recalcar, que aunque la propuesta anotada merece una consideración especial en el planeamiento urbano post-desastre en el Callao, sería ideal mantenerla como propuesta inmediata a corto plazo, debido a la escasez de áreas disponibles para refugio temporal.

## **11.5.- PROPUESTA COMPLEMENTARIA PARA EL DESARROLLO URBANO DEL CALLAO**

A fin de posibilitar la elevación de las condiciones de vida de la población chalaca en su conjunto, así como de las futuras generaciones, se propone complementariamente en el plan de desarrollo urbano del Callao (Instituto Metropolitano de Planificación, 1995), la estructuración y promoción de un **Eje Turístico-Recreativo Callao-Isla San Lorenzo** (industria del turismo), que articule el Centro Histórico del Callao, la fortaleza del Real Felipe y las zonas residenciales y de balneario de Chucuito y La Punta, y el denominado Parque Ecoturístico Callao Sur de nivel metropolitano.

Dichas áreas se vincularían a la promoción del uso ecoturístico y recreativo de las islas San Lorenzo y El Frontón, las mismas que se integrarían con el distrito de La Punta mediante un sistema de transporte marítimo o un puente colgante.

El **Parque Ecoturístico Callao Sur** (ver Fig. N° 11.1) estará conformado por la rehabilitación de la poza de La Arenilla, el acondicionamiento urbanístico de la playa Carpayo y el cierre de los tres espigones de la playa Mar Brava, los mismos que se rellenarán con el material de desmonte que produzca la construcción de la vía Costa Verde en el tramo del Callao (Av. Costanera), a fin de acondicionar una zona turístico-recreativa.

Asímismo, para el largo plazo (después del año 2010), si se mantuvieran los planes de la Marina de Guerra del Perú de trasladar a Chimbote la Escuela y la Base Naval (eliminando la vulnerabilidad actual de las instalaciones navales y portuarias del Callao en caso de un conflicto internacional), sería interesante evaluar la factibilidad de convertir las instalaciones de la Escuela Naval de La Punta en un **complejo turístico**, que sirva para la consolidación turística-recreacional de las islas San Lorenzo y El Frontón, y de esta manera formar un gran colchón natural para amortiguar un posible tsunami.

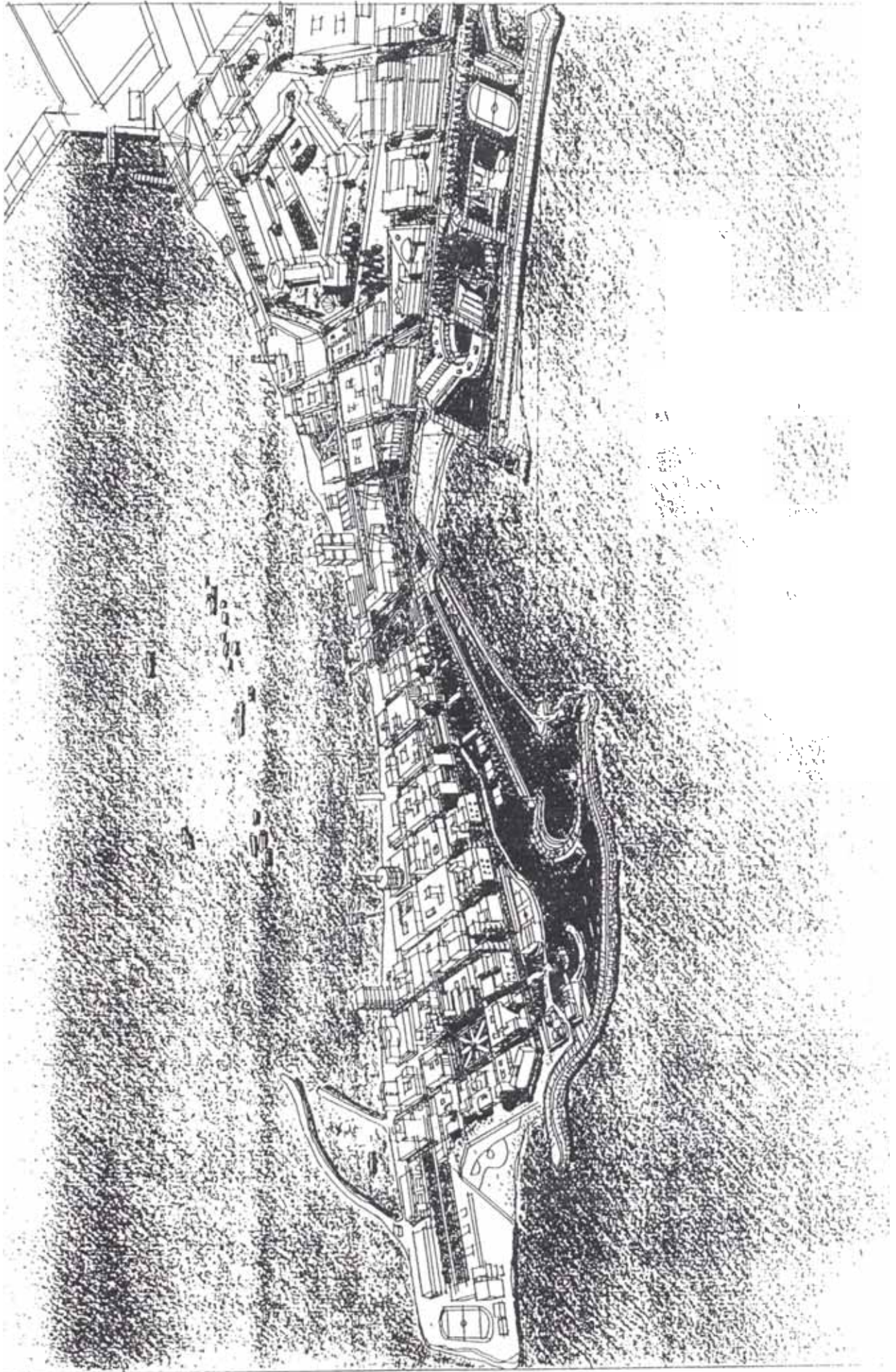


FIG. N° 11.1 PARQUE ECOTURISTICO CALLAO SUR

# *CAPITULO 12*

## *CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES*

---

En el presente capítulo se exponen las conclusiones a que se ha llegado de los resultados obtenidos en la actualización del plan de evacuación ante tsunamis en las costas del Callao y de los estudios para llevar a cabo una evaluación post-desastre en dicha ciudad, así como también, se señalan las respectivas recomendaciones para tenerlas en consideración en trabajos posteriores y así complementar el plan de evacuación actualizado, y que conllevaría a un específico análisis de la problemática del planeamiento urbano post-desastre en la ciudad del Callao.

Estas conclusiones y recomendaciones son:

**01.-** Los tsunamis son fenómenos marítimos que se originan por movimientos sísmicos con epicentro en el mar, y que causan grandes daños y enormes pérdidas económicas.

Las principales características de un sismo tsunamigénico son:

- Magnitud Richter > 6.4
- Foco submarino poco profundo (profundidad focal < 50 Km)
- Desplazamiento vertical del fondo marino.

**02.-** La ocurrencia de un sismo de intensidad VIII-IX M.M. constituye la primera señal de alarma de tsunami de origen cercano. En este caso, la población ubicada en el área inundable deberá evacuar hacia las zonas de seguridad, establecidas en el Plan de Evacuación.



**03.-** Para el caso del Callao, se sabe que el tiempo de llegada de la primera ola de un tsunami de origen cercano a la costa es de 20 a 30 minutos después de producido el sismo generador; este es el tiempo que se dispone para la evacuación de la zona inundable, la cual ha sido delimitada teniendo en cuenta que la altura de ola de un tsunami podría alcanzar entre 6 y 7 metros sobre el nivel del mar.

**04.-** Es muy importante la difusión del Plan de Evacuación formulado, para que la población esté consciente del peligro al que está expuesta y sepa cómo actuar en caso de desastre. Hay que recalcar que gran parte de la población del área inundable no sabe que vive en una zona que en cualquier momento puede ser afectada por un tsunami destructivo; es más, muchos de ellos ni siquiera saben lo que es un tsunami y los efectos que produciría. Por ello deben realizarse periódicamente campañas educativas y simulacros de evacuación, bajo la hipótesis de ocurrencia de un sismo de intensidad VIII-IX M.M.

**05.-** En los centros educativos ubicados en la zona inundable, la realización de los ensayos de evacuación estará bajo la responsabilidad de los directores de los planteles, quienes deberán evaluar los resultados de dichos ensayos y elaborar sus informes a las autoridades responsables del simulacro.

**06.-** Un problema que se presenta en el Cercado del Callao es que no se cuenta con un apropiado sistema de **señalización de sus vías**. Se recomienda señalar por completo el área inundable, indicando claramente el nombre de sus avenidas, jirones y calles designadas como vías de evacuación principales y secundarias.

**07.-** En caso de evacuación por alarma de tsunami, las vías seleccionadas como rutas de escape presentarían algunos obstáculos que dificultarían el desplazamiento de la población hacia las zonas seguras. Por ello se recomienda que los vendedores ambulantes que comercializan a lo largo de las vías de evacuación señaladas, deben ser reubicados en las calles transversales a dichas vías, aunque lo ideal sería reubicarlos en campos feriales o centros de comercio situados fuera de la zona crítica.

**08.-** La Policía Nacional no se daría abasto en su totalidad para controlar el tránsito durante la evacuación de la población en caso de alarma de tsunami, por falta de personal y equipamiento necesario. Por lo que se recomienda

aumentar el número de efectivos policiales, así como la capacitación de las personas que conformarán las brigadas de emergencia, encargadas de mantener el orden durante la evacuación de la zona inundable y evitar posibles saqueos y actos de pillaje.

**09.-** La zona crítica delimitada para las localidades de La Punta y el Callao ha sido dividida en **10 sub-zonas** de características homogéneas, para realizar un diagnóstico más preciso de la realidad del área inundable. Existen algunos sectores cuya evacuación es difícil y peligrosa, por sus características propias; tal es el caso de la sub-zona 06 que es la zona más antigua del Callao y presenta gran cantidad de edificaciones antiguas y en mal estado de conservación, y la sub-zona 10 que presenta el peligro de una posible ocurrencia de grandes incendios y explosiones, ya que enormes tanques de combustible y gas se ubican muy cerca de asentamientos humanos, como el Pueblo Joven Puerto Nuevo y el Barrio Frigorífico, los cuales tendrían que ser reubicados en corto plazo.

**10.-** Para disminuir la vulnerabilidad del Callao frente a incendios es necesario trasladar fuera del área urbana los grandes depósitos de combustible. Quizá en un largo plazo tendrá que ser así, pero es un criterio que se debe tener en cuenta en un planeamiento urbano post-desastre; así como también, separar el área industrial portuaria con riesgo de conflagración, del área urbana, mediante una **franja gruesa de árboles** que constituiría una segura defensa y permitiría mitigar los efectos destructivos ante los posibles incendios descontrolados y grandes explosiones. Se recomienda, en este caso, ubicar los tanques de combustible a más de 500 metros de la zona urbana, y una vez ubicados los tanques no se debe permitir que la población se asiente dentro de sus límites.

**11.-** De acuerdo a la vulnerabilidad de La Punta y Chucuito ante el ataque de un tsunami, se recomienda reglamentar en dichas localidades que los proyectos de edificaciones sismo-resistentes de 4 o más pisos deben tomar en cuenta que, en algún momento, dichos inmuebles puedan ser requeridos como refugios de emergencia; en los niveles ubicados por encima de los 10 m.s.n.m.

**12.-** Se ha señalado como refugio temporal para la población damnificada el "Complejo Yahuar Huaca", constituido por el Parque Zonal Yahuar Huaca, el Colegio General Prado, el Policlínico del Instituto Peruano de Seguridad Social

y el Hospital San Juan de Dios; dicho refugio está ubicado en el distrito de Bellavista, a una cota promedio de 22 m.s.n.m., y puede albergar un total de 10064 damnificados. Ya que la población que requerirá de refugio temporal supera la capacidad del Complejo, se propone habilitar los Colegios San José Maristas, San Antonio de Varones y la Universidad Nacional del Callao para albergar a la población afectada que falta atender.

**13.-** Se propone la **rehabilitación de la Avenida Costanera**, la que actualmente se encuentra en mal estado de conservación y en algunos tramos está cubierta por desmonte y basura. Esta avenida será empleada como una vía vehicular de evacuación rápida para la población de La Punta y Chucuito ante una alarma de tsunami.

**14.-** Para descongestionar la zona central del Callao, se propone **ampliar y rehabilitar las vías transversales** a las rutas principales de evacuación ubicadas en el Callao Central, como son las avenidas Buenos Aires, Sáenz Peña y Guardia Chalaca. Asimismo, se contempla la necesidad de construir corredores viales, para comunicar la zona inundable del Callao con la ciudad de Lima, con fines de una rápida evacuación.

**15.-** Se recomienda planificar el funcionamiento de los refugios temporales en parques zonales, los que en condiciones normales serán empleados como áreas de recreación y esparcimiento; y en caso de desastre, brindarán albergue temporal a los pobladores que lo requieran. Por ello se propone, como parte del planeamiento urbano post-desastre del Callao, la implementación de un **parque zonal** en el área que actualmente ocupa el **Estadio Telmo Carbajo** en el distrito de Bellavista.

**16.-** Ante la ocurrencia de un sismo tsunamigénico, se asume que las **edificaciones de adobe, madera y quincha** que se encuentran por debajo de la cota +5.00 m.s.n.m. se perderán en un 100 % debido a su alta vulnerabilidad frente al desastre.

**17.-** Se debe **educar a la gente** con poca preparación cultural, para la reconstrucción y rehabilitación de edificaciones en una etapa post-desastre y así evitar errores anteriormente cometidos.

**18.-** En los países pobres en vías de desarrollo como el Perú, la construcción de costosas defensas contra tsunamis, para proteger a la población y las propiedades existentes (como se hizo en Sanriku, Japón), está fuera de las posibilidades económicas, pues hay otras prioridades que son más urgentes.

**19.-** La recomendación más lógica y económica con respecto al punto anterior, es pues, simplemente dejar una franja frente al mar libre de construcciones que no sean necesarias para las actividades marinas. El ancho de esta franja depende de la altura de ola en la costa y lo que avanzaría tierra adentro.

**20.-** Se recomienda la elaboración de **paneles publicitarios** auspiciados por firmas de renombre, en los que se muestre a todo color el Plano de Evacuación de la zona inundable del Callao, indicando en forma clara los refugios hacia donde la población deberá evacuar con rutas bien especificadas. Estos paneles deberán estar ubicados en lugares estratégicos, es decir, en cruces de avenidas importantes o zonas de alta circulación dentro de la zona inundable, de tal modo que a los chalacos se les haga familiar dicho anuncio.

**21.-** Se recomienda la difusión de micro-informativos radiales en forma diaria, para que la población del Callao esté informada sobre el Plan de Evacuación ante tsunamis y conozca plenamente las acciones a ejecutarse al respecto.

**22.-** Un tsunami en el Callao ocasionaría cuantiosas **pérdidas humanas y materiales**, debiéndose agregar los graves **perjuicios económicos** que se producirían durante el período de tiempo en el cual las instalaciones productivas y de servicios esenciales permanezcan inoperativas posteriormente al evento. En la zona inundable delimitada se concentran algunas instalaciones estratégicas, por lo que la destrucción parcial o total de éstas afectaría no sólo la situación socio-económica local, sino que desequilibraría totalmente la estructura productiva y de abastecimientos al mercado, a nivel nacional.

**23.-** Si ocurriese un tsunami de origen cercano en las costas del Callao, las pérdidas económicas que se producirían en el área portuaria (Terminal Marítimo del Callao) serían aproximadamente de 160 millones de dólares, en el área residencial unos 90 millones de dólares, mientras que en otras instalaciones unos 5 millones de dólares, lo que hace un estimado total de **255 millones de dólares** en pérdidas aproximadamente.

# ***REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS***

- 01.- **Casas, Alberto** (1974). Estimación de daños por sismo y tsunamis en zonas bajas del Callao. Tesis de Grado de Ing. Civil, UNI. Lima, Perú.
- 02.- **CISMID** (1991). Evaluación de daños ocasionados por el sismo de Moyobamba del 4 de Abril de 1991.
- 03.- **CORDELICA** (1994). Antes CORDECALLAO. Estudio de Rehabilitación y Remodelación del Estadio Telmo Carbajo. Ejecutado por el Consultor Ing. Juan Ortega García.
- 04.- **CORDELICA** (1996). Informe N° 002-96-CORDELICA-CALLAO/GED-SGE. Preparado por el Ing. Luis Bendezú Velarde.
- 05.- **Delgado, Alberto; García, Celia** (1982). Plan de evacuación de ciudades afectadas por tsunamis, zona La Punta-Pucusana. Tesis de Grado de Ing. Civil, UNI. Lima, Perú.
- 06.- **Dirección de Hidrografía y Faros de la Marina** (1981). Maremotos. Lima, Perú.
- 07.- **Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina** (1979). Sistema de Alerta de Tsunamis. Lima, Perú.
- 08.- **Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina** (1988). Folleto de Divulgación de Tsunamis en el Perú. Lima, Perú.
- 09.- **ENAPU S.A.** (1993). Puertos del Perú.
- 10.- **ENAPU S.A.** (1995). Memoria 1995.

- 11.- **Falcón, Martha; Zavaleta, Virginia** (1987). Metodología para la planificación de áreas propensas a desastres naturales. Caso: Tsunamis en el Callao - La Punta. Tesis de Grado de Bachiller, Fac. de Arquitectura, UNI. Lima, Perú.
- 12.- **Ferro, Carlos** (1989). Estudio del probable desastre por conflagración en la zona de almacenamiento de combustible del puerto del Callao y el planeamiento físico para mitigar sus efectos. Tesis de Grado de Ing. Civil, UNI. Lima, Perú.
- 13.- **Godoy, Hernán; Monge, Joaquín** (1975). Metodología para la evaluación del riesgo de tsunamis. Santiago, Chile.
- 14.- **Instituto Metropolitano de Planificación - IMP** (1995). Plan Urbano Director de la Provincia Constitucional del Callao 1995-2010.
- 15.- **Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI** (1989). Plan de preparación para tsunamis.
- 16.- **Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)**. Datos censales de los años 1940, 1961, 1972, 1981, 1993. Estadística poblacional en zonas inundables.
- 17.- **Iwamoto, Augusto** (1992). Planeamiento vial contra tsunamis en las costas bajas del Callao. Tesis de Grado de Ing. Civil, UNI. Lima, Perú.
- 18.- **Kuroiwa, Julio** (1982). Los tsunamis, las obras civiles, el planeamiento urbano y la protección de la población.
- 19.- **Kuroiwa, Julio** (1983). Tsunamis: Efectos sobre las Costas de Lima Metropolitana. Auspiciado por UNDRO (Hoy UNDHA/Geneva). Ginebra y Lima.
- 20.- **PNUD, Programa de Entrenamiento para el Manejo de Desastres**. Evaluación de Desastres, Primera Parte.
- 21.- **Sato, J.M.; Kumagai, Y.** (1995). Desastre de Hanshin-Awaji del 17 de Enero de 1995: Consecuencias, Enseñanzas y Reconstrucción.

- 22.- **UNDHA/Geneva** (1994). Tsunamis: Evacuación de la población y planes de uso del suelo para mitigar sus efectos. Localidades estudiadas en el Perú entre 1981 y 1994. Revisado y publicado por INDECI y la Marina de Guerra del Perú. Lima, Perú.
- 23.- **Zimic Vidal, Esteban** (1968). Maremotos. Folleto de Divulgación. Dirección de Hidrografía y Faros, Ministerio de Marina. Lima, Perú.

# *Fotografías*





**Foto N°1:** En la foto apreciamos a los autores de la tesis con pobladores de la zona monumental del Callao. Este trabajo contó con el valioso apoyo de la Dirección de Defensa Civil de la Municipalidad Provincial del Callao.



**Foto N°2:** Vista aérea de la zona de estudio (La Punta y Callao). Podemos apreciar en forma panorámica las costas del Callao que serían afectadas en caso de un tsunami. (Fotografía: Ing. Julio Kuroiwa Horiuchi)



**Foto N°3:** Av. Grau. Considerada como vía de evacuación vehicular principal para la población de La Punta. Podemos apreciar en la foto la Municipalidad de La Punta y el edificio Lercari.



**Foto N°4:** Av. Bolognesi. Considerada como vía de evacuación peatonal principal para la población de La Punta. Apreciamos en esta toma, al final de la avenida, el edificio SUNAD.

**Foto N°5: Edificio Lercari. Señalado como refugio de emergencia en caso de alarma de tsunami, donde se albergará la población de La Punta que no podrá evacuar a tiempo. Se encuentra ubicado en la esquina de la Av. Grau y la calle Arrieta.**



**Foto N°6: Edificios Ubilluz, Caprice y Brescia. Propuestos como refugios de emergencia ante la alarma de tsunami. Se encuentran ubicados en el Malecón Figueredo y las calles García y García, Moore y Ferré, respectivamente, en el distrito de La Punta.**



**Foto N°7:** Av. Mrcal. Gamarra y edificio SUNAD. En esta foto vemos hacia la derecha la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina. La avenida Gamarra es señalada como vía de evacuación peatonal principal para la población de Chucuito.



**Foto N°8:** Simulacro de alerta de tsunami en el edificio SUNAD. Este inmueble ha sido considerado como refugio de emergencia principal para la población de La Punta y Chucuito.



**Foto N°9:** Fuerte Real Felipe. Considerado como refugio de emergencia (Baluartes de San Felipe y San José). Según datos históricos, es en este lugar donde se salvaron los pocos sobrevivientes del tsunami del 28 de Octubre de 1746.

**Foto N°10:** Edificio El Faro. Ubicado en la séptima cuadra de la Av. Dos de Mayo. Es considerado también como refugio de emergencia, en donde se albergarán los pobladores del Callao Central que no logren evacuar y los ancianos de la Casa Asilo que se encuentra muy cerca.





**Foto N°11:** Av. Almirante Grau (Ex Av. Buenos Aires). Considerada como vía de evacuación principal. Apreciamos a lo largo de la avenida, viviendas en regular estado de conservación hechas con material noble.



**Foto N° 12:** Av. Sáenz Peña. Señalada como vía de evacuación peatonal principal. En esta foto apreciamos la primera cuadra y hacia la izquierda se ubica el edificio del Banco República, considerado como refugio de emergencia. Esta avenida se caracteriza por tener a lo largo, numerosos establecimientos comerciales.

**Foto N°13: Calle Montezuma, zona Monumental.**

**Viviendas características del Callao antiguo; las edificaciones están hechas con material precario, predominando el adobe y la quincha. Los balcones se encuentran en mal estado y las calles son mayormente empedradas.**



**Foto N° 14: Jr. Antonio Miró Quezada. Señalado como vía de evacuación vehicular secundaria. Se observa el mal estado de conservación de la pista y veredas.**



**Foto N°15:** Jr. Yurimaguas. Vía de evacuación peatonal secundaria. Se aprecian viviendas de material noble y precario. Se recomienda la pronta pavimentación de esta vía.



**Foto N°16:** Av. Néstor Gambetta. Vía de evacuación peatonal y vehicular principal ante un posible fenómeno de conflagración.





**Foto N°17:** Pueblo Joven Puerto Nuevo. Viviendas de material muy precario, donde predominan las construcciones de madera. Se observa en la foto el alto riesgo ante la presencia de grandes depósitos y tanques de combustible.



**Foto N°18:** Pueblo Joven Puerto Nuevo. En esta toma observamos viviendas inseguras y de poca estabilidad, que es característico en esta población de baja condición social. Se aprecian viviendas junto a un basural, poniendo en peligro la salud de sus pobladores.



Foto N°19: Planta de PETROPERU. Se aprecian grandes tanques de almacenamiento de combustible.



Foto N°20: Planta de SOL GAS. Ubicada en la Av. Contralmirante Mora. En esta planta se almacena gas licuado de petróleo en grandes tanques.



**Foto N°21:** Barrio Frigorífico. Esta toma es muy importante, ya que muestra el gran peligro al que están expuestos los pobladores de este sector, al verse separados de los tanques de combustible tan sólo por una calle angosta.



**Foto N°22:** Calle Colón. Vía de evacuación peatonal secundaria. Se observa el caos vehicular debido a la gran cantidad de comercio ambulante a lo largo de la vía. Esto debe erradicarse de inmediato.



**Foto N°23:** Empresa Nacional de Puertos del Perú (ENAPU PERU). Entrada principal del Terminal Marítimo del Callao, institución portuaria de vital importancia en el desarrollo económico del país.



**Foto N°24:** Av. Guardia Chalaca. Apreciamos la segunda cuadra de esta avenida, y es por donde los trabajadores de ENAPU PERU evacuarán en forma ordenada.



Foto N°25: Av. Dos de Mayo. Se aprecia en el lado izquierdo la iglesia Templo Faro, que se encuentra frente al edificio El Faro (lado derecho de la foto).



Foto N°26: Punto de control de tráfico. Ubicado en la intersección de las avenidas Sáenz Peña, Guardia Chalaca y Oscar R. Benavides (antes Av. Colonial).



**Foto N°27:** Av. Guardia Chalaca. Simulacro de evacuación ante tsunamis. En la foto apreciamos el desplazamiento de los escolares hacia el Parque Zonal Yahuar Huaca, designado como refugio temporal.



**Foto N°28:** Parque Zonal Yahuar Huaca. Simulacro de alarma de tsunami. Apreciamos cómo se llevaría a cabo el rescate de heridos mediante helicópteros.



**Foto N°29:** Colegio General Prado. Vista interior de sus instalaciones, en donde se refugiara temporalmente la poblaci3n damnificada ante la ocurrencia de un tsunami.



**Foto N°30:** Hospital San Juan de Dios. Considerado como refugio temporal, en sus instalaciones se ver3n los casos que requieran atenci3n hospitalaria urgente despu3s de ocurrido el sismo tsunamig3nico. Se ubica frente al Parque Zonal Yahuar Huaca.



**Foto N°31:** Colegio San Antonio Marianistas (de Varones). Se encuentra ubicado en la avenida Guardia Chalaca y se propone como refugio temporal.



**Foto N°32:** Vista interior de las instalaciones del Colegio San Antonio Marianistas, en donde se albergará temporalmente la población damnificada.





**Foto N°33:** Colegio San José Hermanos Maristas. Se encuentra ubicado cerca de la Municipalidad Provincial del Callao y fuera de los límites del área inundable. Este colegio es propuesto como refugio temporal.



**Foto N°34:** Vista interior de las instalaciones del Colegio San José Maristas. Podemos apreciar el jardín principal, el patio central, dos pabellones y, hacia el fondo, el campo deportivo del colegio.



Foto N°35: Estadio Telmo Carbajo. Vista exterior de la entrada principal del Estadio. Se propone como nuevo refugio temporal dentro de un desarrollo urbano post-desastre.



Foto N°36: Estadio Telmo Carbajo. Vista interior de sus tribunas principales. Se aprecia las deficiencias en su construcción y es notoria la antigüedad de sus estructuras.