



## DETERMINACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LA BASE NAVAL DE TALCAHUANO ANTE UN TSUNAMI

*Boris Argandoña Castro \**

**E**l reciente acontecimiento ocurrido el 26 de diciembre de 2004, producido por el terremoto con epicentro en las cercanías de Sumatra (Indonesia), y posterior tsunami que afectó a la cuenca ribereña del océano Índico, ocasionando la muerte de más de 225.000 vidas humanas y la destrucción de infraestructura del borde costero, son motivos más que suficientes para analizar si estamos preparados para afrontar una catástrofe de tales dimensiones. Es por ello que el presente artículo, es un extracto de la Tesis de Grado<sup>1</sup> realizada por el autor el año 2000, y que quiere demostrar que existen las herramientas para determinar y cuantificar de alguna manera, los posibles efectos que este tipo de acontecimiento natural puede ocasionar, visto de una perspectiva de nuestro quehacer institucional, específicamente del área geográfica donde se concentra la mayor y las más variadas actividades navales, como es la Base Naval de Talcahuano, objeto mitigar al máximo posible los efectos destructivos ocasionados por un tsunami.

### Resumen.

Nuestro país posee importantes índices históricos en la ocurrencia de sismos, los que en su mayoría han sido acompañados por fenómenos del tipo "Tsunami". Las características Sismo

– Tectónicas del borde oriental de Sudamérica, aumentan la probabilidad de la ocurrencia de estos fenómenos, que son generados por terremotos en la zona de subducción de las interplacas tectónicas (Nazca y Sudamericana). Además, la generación de ondas Teletsunamis que provienen de otras regiones de la cuenca del océano Pacífico, eleva los riesgos de inutilización de instalaciones marítimas portuarias y de vidas humanas asentadas en el borde costero.

Para el caso de la bahía Concepción, al conocer las áreas más vulnerables a la inundación, se pueden tomar las medidas de prevención para la zona portuaria de Talcahuano, y en particular para la Base Naval de la Armada de Chile, lo que evitará la desgracia de vidas humanas y minimizará la pérdida de unidades a flote y la inutilización de instalaciones navales.

Acorde con el apoyo de tecnología apropiada, basada en la modelación numérica de eventos extremos ocurridos en el pasado, y considerando los antecedentes geográficos, batimétricos y topográficos, se localizaron las áreas más propensas a desastre, basadas en la vulnerabilidad que tiene la base, de acuerdo a la dinámica de la población, infraestructura, actividades militares y económicas.

La adecuada aplicación de la tecnología descrita anteriormente, la educación y preparación de la población, deben ser

\* Teniente 1º. H.O.C.



Panorámica de la Base Naval de Talcahuano.

los pilares fundamentales en los planes de prevención y evacuación de las personas y material naval, con lo cual se podrán optimizar los recursos para mitigar los efectos de una emergencia ante un fenómeno de las características señaladas.

El trabajo desarrollado, tiene importancia para la Armada de Chile, pues permite contar con un análisis de un evento de características extremas, similar al ocurrido históricamente en febrero de 1835, para su consideración tanto en los planes de evaluación de riesgos de la Base Naval, como en las acciones tendientes a contrarrestar y minimizar la pérdida de vidas del personal civil y naval, de las unidades a flote y de la infraestructura de la Base Naval de Talcahuano. Esto influirá positivamente en mantener una política de prevención, al mantener en un alto grado de preparación su principal puerto militar, donde se realizan las construcciones y reparaciones de las unidades a flote de la Armada de Chile.

### **Introducción.**

Los desastres naturales, históricamente, han causado innumerables víctimas y heridos, e inmensurables daños materiales a los bienes privados y estatales. Estos fenómenos producidos

por tormentas (inundaciones), erupciones volcánicas, terremotos y maremotos, son una amenaza para la vida humana y siguen provocando trastornos sociales y económicos. Por otra parte, la vulnerabilidad frente a los desastres naturales se ha acrecentado, atribuido esto a la creciente urbanización en las áreas costeras, materializada en construcciones de complejos habitacionales, turísticos, deportivos, industriales y militares.

La generación de un tsunami producto de un sismo, normalmente superior a los 7.0 grados en la escala Richter (Ms), se origina debido a la ocurrencia de desplazamientos significativos en la vertical en las placas que subductan frente a la costa de Chile, lugar en el que la placa de Nazca se introduce por debajo de la placa sudamericana. En esta región, estos terremotos ocasionan una variación en la topografía submarina, generándose ondas que se propagan e invaden las zonas costeras adyacentes al sismo y también las lejanas.

Las comunidades costeras que pueden ser afectadas por ondas de tsunami deben ser consideradas por las autoridades, las cuales deben centralizar los esfuerzos tendientes a fortalecer las normativas en la construcción, y medi-

das adecuadas de prevención y educación de la población en estas áreas tan vulnerables. Con estas acciones, se evitarán las pérdidas de vidas humanas y de los recursos económicos.

Una de las formas de reducir significativamente las consecuencias causadas por estos devastadores desastres naturales, es la adopción de medidas tendientes a utilizar los adelantos científicos y tecnológicos aportados por la investigación permanente de dichos fenómenos naturales, y la adopción de programas de formación e intercambio de conocimiento.

Consciente la comunidad internacional de los perjuicios que causan los fenómenos naturales y, como una forma de centralizar las medidas y acciones tendientes a disminuir la pérdida de vidas humanas, los efectos destructivos y los trastornos socioeconómicos producidos por las erupciones volcánicas, terremotos, maremotos, desertificación, inundaciones, incendios y otros, se creó en la Asamblea General de Naciones Unidas, por Resolución 44/236 del 22 de diciembre de 1989, el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (DIRDN).

Cinco años después, y con el objeto de fortalecer el DIRDN, durante la Conferencia Mundial sobre Reducción de los Desastres Naturales realizada en Japón (Yokohama), entre el 23 y 27 de mayo de 1994, se adoptaron los siguientes principios:

- La evaluación del riesgo, es un paso indispensable en la adopción de una política y las medidas apropiadas para la reducción de desastres.
- La prevención de desastres, reviste una importancia fundamental para reducir la necesidad de socorro.
- La prevención de desastres y la preparación para casos de desastres, deben considerarse integrales de la política y la planificación del desarrollo.
- El establecimiento y la consolidación de la capacidad para prevenir y reducir desastres y mitigar sus efectos, constituye un factor de suma importancia.
- La alerta temprana de desastres inminentes y la difusión efectiva de la información correspondiente mediante las telecomunicaciones, inclusive los servicios de radiodifusión, son factores claves para prevenir con éxito los desastres.
- Las medidas preventivas son más eficaces cuando entrañan la participación en todos los planos, desde la comunidad local.
- La vulnerabilidad se puede reducir mediante la aplicación de métodos apropiados de diseño y modelos de desarrollo orientados a los grupos beneficiarios, mediante el suministro de educación y capacitación adecuada a toda la comunidad.
- La protección del medio ambiente como componente de un desarrollo sostenible, es esencial para prevenir los desastres naturales y mitigar sus efectos.
- Recae sobre cada comunidad, la responsabilidad primordial de proteger a su población, su infraestructura y otros bienes, de los efectos de los desastres naturales.

Las características de la Base Naval de Talcahuano, como el principal puerto militar del país, ubicado en una zona de ocurrencia de un sismo acompañado de un tsunami, su población comprendida en su mayoría por personal naval junto a sus familias, y el esfuerzo que se ha desarrollado en la construcción y mantención de infraestructura militar de unidades a flote y de tierra, determinó que se realizara un estudio de la vulnerabilidad ante un fenómeno de tales características, debido a la importancia que significa para la Nación y la Armada de Chile.

De acuerdo a los puntos señalados anteriormente, y como una forma de

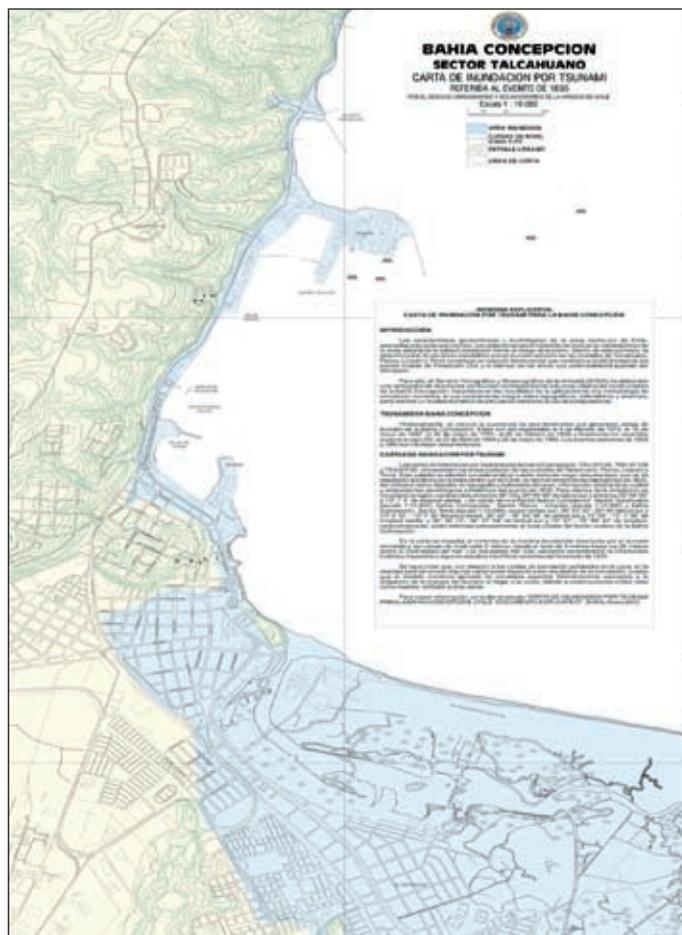


Figura 1: Carta de inundación de Talcahuano.

aportar en la planificación y determinación de áreas de riesgo, se determinó las áreas propensas a ser inutilizadas con las cartas de inundación y evacuación, y se realizó la determinación de la vulnerabilidad de la Base Naval, de acuerdo a cuatro factores relevantes para la administración de la Comandancia en Jefe de la Segunda Zona Naval, es decir, población, infraestructura, actividad militar y actividad económica.

### Antecedentes Generales.

– *Objetivo General:*

“Determinar las áreas más propensas a la destrucción de instalaciones marítimo portuarias en la Base Naval de Talcahuano de la Armada de Chile, utilizando

los resultados de la simulación numérica del Tsunami de 1835 en la bahía Concepción”.

– *Objetivos específicos:*

Para el logro del objetivo general señalado anteriormente, se proponen los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Identificar y delimitar las áreas de riesgo de inundación.
- ✓ Elaborar una carta de evacuación del personal y material naval.
- ✓ Evaluar los efectos y consecuencias para la población y sus bienes.
- ✓ Evaluar los efectos y consecuencias para la Armada de Chile en cuanto a sus instalaciones navales.
- ✓ Obtener el máximo de antecedentes necesarios para su estudio y análisis, que sirva de apoyo a la confección de un Plan de Contingencia acorde con la actual estructura de la base naval, para minimizar las consecuencias de un maremoto.

– *Hipótesis de trabajo:*

Se sugiere la hipótesis de trabajo siguiente:

“Las características batimétricas y topográficas, la ubicación de asentamientos humanos e instalaciones navales, en conjunto, determinan un alto grado de vulnerabilidad de la Base Naval de Talcahuano ante la ocurrencia de un fenómeno tsunami en la bahía Concepción”.

– *Marco Teórico.*

El esquema de trabajo utilizado, consideró las siguientes componentes:

- ✓ Descripción de los materiales y métodos utilizados.
- ✓ Diagnóstico del riesgo.
- ✓ Identificación de la amenaza.
- ✓ Análisis de la vulnerabilidad.
- ✓ Estimación del riesgo.
- ✓ Mitigación de daños.

### Antecedentes Disponibles.

– *Recopilación Bibliográfica.*  
Para el estudio, se recopilaron los siguientes antecedentes bibliográficos:

- ✓ Definición del fenómeno (descripción, causas de generación, clasificación, propagación, arribo a la costa, impacto de los tsunamis en la costa, métodos para el estudio de un tsunami y sistema de alarma de tsunami).
  - ✓ Área de estudio (morfología costera, topografía, batimetría, uso del suelo, tectónica y sismicidad).
- *Antecedentes Históricos de Tsunamis en el Área de Estudio.*  
Producidos por terremotos cerca y fuera de las costas chilenas.

### Simulación Numérica.

- *Modelo numérico y su aplicación.*  
El método de simulación numérica utilizado está basado en el Proyecto TIME (Tsunami Inundation Modelling Exchange), objeto lograr y aplicar la determinación del área de estudio, información básica para el estudio, cálculo de las mallas iniciales, generación de las mallas, digitalización de la información, enlaces de mallas, zona de fallas y simulación del tsunami.
- *Análisis de los resultados de la simulación numérica del Tsunami de 1835 en la bahía Concepción.*  
El análisis de los estudios, dio como resultado de la simulación numérica, los efectos producidos por la batimetría y topografía del lugar, basados en las características principales del tsunami de 1835 (el de mayor efecto de los analizados) y sus efectos en la bahía Concepción.

### Resultados y Discusión.

Al tener los efectos producidos en la bahía Concepción, se determinó las

	POBLACIÓN	INFRAEST.	A. MILITAR	A ECON.	PESO	
SECCIÓN DE LA B.N. TALCAHUANO	Total Población Sección/Total Población Base	Total Infraestr. Sección/Total Infraestructura	Total Act. Milit. Sección/Total Actividad Militar	Total Act. Econ. Sección/Total Act. Económica	=	APP.
A	20/6980	14/227	5/89	2/76	1.5	2
B	3700/6980	70/227	30/89	50/76	18.3	18
C	180/6980	20/227	5/89	2/76	1.9	2
D	10/6980	2/227	1/89	0/76	0.2	0
E	2300/6980	57/227	20/89	3/76	5.2	5

Tabla 1: Cuadro obtenido del análisis por cada sección, con relación al total de la Base Naval.

áreas más vulnerables, obteniendo la Carta de Inundación de Talcahuano, y la división en 5 secciones o “subcartas” de inundación máxima y vías de evacuación, para posteriormente obtener la determinación de la vulnerabilidad parcial para cada sección según las variables y su peso relacionada con la población, infraestructura, actividad militar, actividad económica, para finalmente obtener la vulnerabilidad de la Base Naval de Talcahuano con sus respectivos análisis particulares y generales de los resultados. (Tabla 1).

Del resultado y discusión obtenidos, se determinó la aplicación a la mitigación de daños, con las recomendaciones generales, y las medidas de prevención para el personal y material naval.

### Conclusiones.

Las conclusiones de la investigación descriptiva realizada para “Determinar la Vulnerabilidad de la Base Naval de Talcahuano, ante un Tsunami”, son las siguientes:

- Realizado el estudio del modelo de simulación numérica de un tsunami extremo, como el de febrero de 1835, para la Base Naval de Talcahuano, y considerando la definición del fenómeno con sus características de arribo al lugar de incidencia en el borde costero, afectado particularmente por la batimetría y topografía del lugar, se determinó que las instalaciones de la Base Naval son altamente propensas a ser afectadas por un fenómeno de esta magnitud.

- Con la aplicación del Modelo de Simulación Numérica aplicado a la bahía de Concepción, se pudo identificar y delimitar las áreas de riesgo de inundación, para un fenómeno que pudiese afectar a la Base Naval de Talcahuano.
- Con los resultados obtenidos y las características batimétricas y topográficas de la zona, se elaboraron las cartas de inundación de la Base Naval, en la cual se determinaron las vías de evacuación del personal y material naval.
- Con la determinación de las áreas e infraestructuras que serán afectadas por la inundación y con los resultados obtenidos de vulnerabilidad, se evaluó los efectos y consecuencias para la población y sus bienes, los que tendrán en conjunto, un 79.31% de pérdida sobre el total analizado, considerado de máximo riesgo.
- El alto grado de vulnerabilidad, afectará el normal desarrollo de las actividades humanas, militares y económicas, debido a que la infraestructura portuaria, de astilleros y otras de índole naval militar, quedarán diezmadas por la inundación, las que son consideradas como consecuencias importantes para la Armada de Chile.
- Las áreas que se determinaron que serán afectadas por la inundación y el resultado de los cálculos, servirán como antecedentes y análisis para la confección de un Plan de Contingencia General, con el propósito de mitigar al máximo posible la desgracia de vidas humanas y la pérdida de material naval ya sea de irreparable, o de costosa y difícil reposición; además, se podrán adoptar las medidas para hacer un reordenamiento territorial de la infraestructura de la Base Naval de Talcahuano.
- Es de vital importancia, realizar una adecuada educación y preparación del personal que trabaja en la base; con el objeto de organizar, planificar y redistribuir el material e infraestructura, con el propósito de que a futuro se reduzcan los efectos de un fenómeno de estas características.
- “La Base Naval de Talcahuano, tiene un máximo grado de vulnerabilidad ante la ocurrencia de un fenómeno de Tsunami similar al ocurrido en 1835, en la bahía Concepción.”

\* \* \*

### BIBLIOGRAFÍA:

- 1.- Tesis de Grado para optar al Título de Ingeniero Naval Hidrógrafo y Oceanógrafo, año 2000, del Teniente Segundo Sr. Boris Argandoña Castro.

