

# ORDINARIO

## INFORME DE LA INVESTIGACION EFECTUADA AL SHOA

El presente informe, resume las principales observaciones, conclusiones y recomendaciones de la investigación técnica dispuesta a fin de evaluar los procedimientos empleados por el SHOA en los eventos ocurridos el día 27 de febrero.

La presente investigación, se basó en el análisis de los antecedentes remitidos por el SHOA, visitas inspectivas realizadas a dicha repartición y entrevista al personal involucrado.

Para una mejor cobertura y comprensión, esta se dividió en cuatro áreas, a saber: **Organización, Procedimientos y Protocolos, Equipamiento Técnico y Evaluación del Proceso de Toma de Decisiones.**

### **I.- CONSIDERACIONES INICIALES**

El Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), en virtud de lo dispuesto en el D.S N°26 de fecha 11 de Enero de 1966, es el organismo técnico, que actúa como representante oficial de Chile ante el Sistema Internacional de Alarma Tsunami del Pacífico. En tal carácter, administra el Sistema Nacional de Alarma de Maremotos (SNAM), cuya finalidad principal es hacer llegar a las autoridades, la información relacionada con la magnitud y hora estimada de llegada de un maremoto a nuestras costas. En tal condición le corresponde a este Servicio la evaluación de las informaciones sísmicas y del nivel del mar para determinar la posibilidad de generación de un tsunami, así como la difusión de las alertas y/o alarmas de maremotos a las autoridades navales, marítimas y civiles, para que estas adopten las medidas de prevención que estimen procedentes.

Asimismo, se debe precisar que al SHOA no le corresponde la función de determinar el epicentro de un sismo ni su magnitud. Además, no cuenta con los instrumentos ni con la capacidad para ello. Para obtener este antecedente, punto inicial para evaluar la posibilidad de ocurrencia de un tsunami, requiere necesariamente recibir esta información, ya sea de organismos nacionales o extranjeros. Normalmente, dicha información se obtiene a través del Pacific Tsunami Warning Center (PTWC) o del United States Geological Survey (USGS-NEIC), con un retardo promedio de 9 a 15 minutos. Adicionalmente, en oportunidades recibe también esta información del Servicio de Sismología de la Universidad de Chile, el cual sin embargo, no opera durante los fines de semana ni en los horarios que van más allá de la jornada laboral normal.

Por otra parte, la ONEMI a través del Centro de Alerta Temprana (CAT), tiene como misión fundamental el vigilar permanente y sistemáticamente los distintos escenarios de riesgo en cualquier lugar del país o del exterior, para recabar, evaluar y difundir, tan pronto como sea posible, la información disponible sobre

## ORDINARIO

una potencial o real ocurrencia de un evento destructivo calificable como emergencia de impacto social o desastre.

Consecuentemente, la ONEMI promulgó el año 2001 el manual “Metodología básica para la elaboración de un plan comunal de prevención y de respuesta ante Tsunami”. En la página 9 de dicho documento precisa, en síntesis, que dado que las características para que un sismo local provoque un tsunami son solo verificables vía instrumentos y tras un análisis técnico que requiere un tiempo racional, deberá bastar la ocurrencia de un sismo local de gran intensidad, para declarar la **Alerta Roja**, que **de manera Natural** deberá activar al Sistema de Protección Civil y a la comunidad, a aplicar el Plan de Emergencia en su fase de **Evacuación** hacia zonas seguras.

De acuerdo a las informaciones disponibles a la fecha de elaboración del presente informe, el terremoto se produjo el día 27 de febrero, a las 03:34 horas. El epicentro, que inicialmente fue localizado en tierra por el PTWC y a una profundidad de 55 kilómetros, se ubicó en definitiva, en el mar, en L: 35° 54' S - G: 072° 44' W, a una profundidad de 35 kilómetros y con una magnitud de 8,8 en la Escala de Richter. Producto de dicho sismo, se generó un tsunami en las costas de Chile. De acuerdo a las informaciones obtenidas por diferentes medios, (instrumentos, declaraciones e informaciones de prensa), la hora aproximada de llegada de las diferentes olas, fue la siguiente:

AREA	1ª Ola	2ª Ola	3ª Ola	4ª Ola
VALPARAISO	04:01 (I)	04:50 (I)	05:20 (I)	05:40 (I)
J. FERNANDEZ	04:25 (A)	04:40 (A)	Sin datos	Sin datos
SAN ANTONIO	03:50 (A)	04:20 (A)	Sin datos	Sin datos
PICHILEMU	03:48 (A)	04:15 (A)	Sin datos	Sin datos
CONSTITUCION	03:49 (A)	04:17 (A)	04:50 (A)	05:20 (A)
TALCAHUANO/DICHATO	03:54 (I)	05:30 (A)	06:00 (A)	06:40 (A)

(I): Información obtenida de instrumentos.

(A): Información aproximada obtenida de distintas fuentes.

## II.- EVALUACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL SHOA

El detalle de cada una de las áreas analizadas se adjunta en los Anexos correspondientes, exponiéndose a continuación las principales conclusiones y aspectos relevantes de cada uno de ellos.

### A.- ORGANIZACIÓN

La organización que posee el SNAM es adecuada para la función que debe cumplir, cuenta con personal calificado y las funciones de sus integrantes se encuentran correctamente definidas.

## ORDINARIO

La sala del SNAM, se encuentra cubierta en forma permanente (24 horas al día), por un especialista en Oceanografía. En caso de activarse una emergencia, su dotación se completa con el personal de la guardia, la que considera, entre otros, a un Oficial Ingeniero Naval en Hidrografía y Oceanografía y al menos otro especialista (técnico de Nivel Superior) en Oceanografía.

Un aspecto que puede ser mejorado, se refiere al respaldo que proporciona al SNAM, el Oceanógrafo de Servicio, puesto que es cubierto por un profesional en un rol semanal, por lo que no se encuentra permanentemente en la repartición.

En el caso que se analiza, debido a las naturales dificultades de desplazamiento, la Oceanógrafa de Servicio sólo pudo presentarse a bordo a las 05:00 horas, vale decir, con posterioridad a que se hubiera promulgado y cancelado la Alerta de Tsunami, lo que en la práctica significa que no tomó parte en el proceso de análisis, el que fue realizado por el Jefe del Departamento de Oceanografía (Ingeniero Naval en Hidrografía y Oceanografía) y por dos Técnicos de Nivel Superior especialistas en Oceanografía.

### RECOMENDACIONES

1. Incorporar al Oceanógrafo de Servicio al Rol de Guardia diario, pernoctando en la repartición, de manera de contar permanentemente con el refuerzo de otro Oceanógrafo, en casos de emergencia.

### **B.- PROCEDIMIENTOS**

Los procedimientos empleados por el SNAM para la difusión y cancelación de las Alertas, contenidos en la Orden Permanente Técnica 801 (OPT 801), son adecuados y permiten un correcto manejo de las emergencias. Estos son concordantes con los empleados por otros organismos internacionales de este ámbito. Sin embargo, en lo formal, existe un aspecto que puede ser mejorado.

Este se relaciona con el formato correspondiente a la Alerta de Tsunami, en el cual si bien en su encabezamiento señala de manera inequívoca que se trata de una Alerta de Tsunami, en su texto posterior, debido a su redacción, podría eventualmente dejar algún margen para la interpretación de la información que entrega, pese a que es un protocolo preestablecido y que, en general, contiene información equivalente a la que entrega el PTWC.

# ORDINARIO

## RECOMENDACIONES

1. Adecuar el actual formato de Alerta de Tsunami, de manera de evitar cualquier posible duda o errada interpretación, asimilándolo en lo pertinente al empleado por el PTWC.
2. Los protocolos y procedimientos para difundir y cancelar las alarmas y alertas, se encuentran claramente definidos en la OPT 801. Sin embargo y pese a que no pueden establecerse normas rígidas respecto a eventos de la naturaleza, de difícil predicción, se estima aconsejable el contar con “Listas de Chequeo”, que aseguren el cabal cumplimiento de los procedimientos y el análisis de la totalidad de los antecedentes requeridos para obrar en uno u otro sentido.

## **C.- EQUIPAMIENTO TECNICO**

El SHOA cuenta con equipos de la Sala SNAM, sistemas de apoyo y el equipamiento de comunicaciones, adecuados para su funcionamiento.

Al momento de ocurrir la emergencia, todo el equipamiento se encontraba operativo, a excepción de la Estación del Nivel del Mar de Puerto Williams y la Boya Dart, ubicada en el norte del país, la cual se encuentra actualmente en reparaciones en Iquique. La condición operativa de estos equipos, debido a su función y ubicación, no tuvo incidencia alguna en los hechos que se investigan.

Como consecuencia de la catástrofe, fuera de los equipos ya nombrados, resultaron no operativas las Estaciones del Nivel del Mar de Juan Fernández, Talcahuano y San Antonio, lo que es de normal ocurrencia después de un terremoto y tsunami de las magnitudes experimentadas.

En el ámbito de las comunicaciones y pese a no ser de responsabilidad del SHOA, ya que emplea enlaces institucionales provistos por Entel y Telmex, los cuales se vieron interrumpidos al igual que ocurrió en el resto del país, la principal falencia se produjo en la dificultad para llegar a cada uno de los integrantes de las redes Naval y Marítima con la información contenida en el mensaje “O” (máxima prioridad). Debido a ello, sólo 8 de los 69 destinatarios institucionales pudieron recibir la Alerta en plazos adecuados.

En ese contexto, la magnitud de la emergencia, que provocó una falla mayor en los enlaces, impidió que la información fuera recepcionada en las zonas que finalmente se vieron más afectadas. (Talcahuano, Constitución y Juan Fernández, entre otras).

## ORDINARIO

### RECOMENDACIONES

1. Dotar de sistemas de grabación y respaldo a los equipos de comunicaciones existentes en el SHOA, que permitan a su vez registrar los horarios de transmisión y recepción.
2. Analizar en profundidad el problema presentado en el enlace de la redes de comunicaciones, buscando alternativas que permitan asegurar un enlace seguro y expedito en caso de emergencias como la ocurrida, dotando a la Institución de un sistema de telecomunicaciones robusto, tolerante a fallas y autosuficiente.
3. Recuperar al más breve plazo la capacidad total de la Red de Estaciones del Nivel del Mar, reinstalando las estaciones de Juan Fernández y Talcahuano, y solucionar los problemas que presentan San Antonio y Puerto Williams, las cuales pueden ser de trascendental importancia para tsunamis de campo cercano como el ocurrido.
4. Adicionalmente, reinstalar a la brevedad la Boya Dart, la cual se encuentra en reparaciones en Iquique. Para ello se hace necesario además, coordinar la concurrencia de un buque científico de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), los que cuentan con la capacidad para fondearla en su posición exacta. Esta boya reviste gran importancia para la detección de tsunamis de campo lejano que ocurran en el Océano Pacífico.

### **D.- PROCESO DE TOMA DE DECISIONES**

De la investigación efectuada se puede concluir lo siguiente:

#### 1.- DESCRIPCIÓN DE LOS HECHOS PRINCIPALES.

##### a. DIFUSION DE LA ALERTA

El Oficial de Guardia del SHOA, Teniente 1° Sr. Mario Andina Medina, (Ingeniero Naval en Hidrografía y Oceanografía), previo análisis de los antecedentes provenientes del PTWC, resolvió emitir la Alerta de Tsunami.

Esto se comunicó inicialmente a la ONEMI, por VHF, a las 03:51 horas, ocasión en que el propio Oficial de Guardia estableció el enlace e informó: "OMEGA 0 DE SHOA: ALERTA DE TSUNAMI EN CURSO."

## ORDINARIO

El operador de la ONEMI, cuya identidad no ha sido posible determinar, acusó recibo conforme y solicitó que la información fuera remitida por Fax. (Aún cuando la ONEMI no ha reconocido esta comunicación, ésta se encuentra registrada en el bitácora y fue reafirmada por el personal que se encontraba presente en la Sala SNAM en ese momento).

Acto seguido se procedió a elaborar los documentos necesarios para enviar esta información. Para ello se utiliza el programa TTT (Tsunami Travel Time), que calcula la hora de arribo de la primera ola, y la consola "Aplicación de Mensajería SNAM". Concluido este proceso se procedió a enviar la información, vía fax, a las 04:07 hrs. de acuerdo al protocolo vigente y al formato automático que genera el programa computacional de Alertas.

En forma casi simultánea, se envió el mensaje "O", a las unidades y reparticiones navales y marítimas que integran la red Genmercalli.

### b. CANCELACION DE LA ALERTA.

La Alerta fue cancelada a la ONEMI vía VHF a las 04:56 hrs. y vía mensaje naval al Genmercalli a las 05:10 hrs. Previamente, también por VHF, se informó a la ONEMI, a las 04:49 hrs., que "No se genera tsunami destructivo".

Esta decisión fue adoptada por el Sr. Director del SHOA, Capitán de Navío Sr. Mariano Rojas Bustos, quien se encontraba presente en la sala desde las 04:19 horas.

Las principales consideraciones para adoptar esta resolución fueron:

Análisis de las mareas reportadas por la Red de Estaciones del Nivel del Mar, en los puertos de Valparaíso, Talcahuano, San Félix y Juan Fernández. Del análisis técnico de las curvas de marea se concluyó que, si bien habían existido variaciones anormales, (alrededor de 2,2 metros en Talcahuano; 1,5 metros en Valparaíso; 0,18 metros en Juan Fernández y 0,1 metro en San Félix), éstas no representaban riesgos, ya que demostraban una tendencia general a disminuir.

Cabe señalar que la próxima información respecto a las mareas, consideradas en el análisis, se encontraría disponible 35 minutos más tarde de la cancelación, ya que el sistema sólo permite recibir información de los mareógrafos distribuidos en la costa de Chile a través del sistema satelital GOES, en minutos predefinidos, en los cuales se reporta la información correspondiente a la última hora.

Información relativa al epicentro e intensidad del sismo. Se estimó que dado que el foco del epicentro se encontraba a 55 kilómetros de profundidad, es

## ORDINARIO

decir, casi en el límite de la profundidad necesaria para generar un tsunami (60 kilómetros), los eventos posteriores debían ser de menor intensidad.

Ausencia de información de variaciones significativas de marea en el litoral. Hasta ese momento, no se había recibido ningún reporte indicando que algún puerto o caleta hubiese experimentado variaciones significativas de marea.

### 2.- EVALUACION DE LOS PROCESOS DE DIFUSION Y CANCELACION DE LA ALERTA.

#### a. DIFUSION DE LA ALERTA

La promulgación de la Alerta de Tsunami fue acertada. El Oficial de Guardia realizó, en esta fase, una correcta apreciación con los antecedentes disponibles.

La Alerta fue promulgada radialmente (VHF), en un tiempo adecuado para los estándares de una emergencia de esta naturaleza, (a las 03:51 hrs., es decir 17 minutos después del sismo), considerando el tiempo requerido para obtener la información del epicentro y magnitud, y el necesario para analizar estos antecedentes.

#### b. CANCELACION DE LA ALERTA.

La cancelación de la Alerta se produjo radialmente (VHF), a las 04:56 horas, tras efectuar un análisis técnico de las informaciones que se tuvieron a la vista. Sin embargo, para su cancelación no se efectuó una completa evaluación de otros antecedentes que se encontraban disponibles, omitiéndose lo siguiente:

La información del Momento Sísmico entregada por el Sistema Tremors, ( $2.5 \times 10^{22}$  N.m.). Este antecedente, que se encontraba disponible desde las 04:10 horas, evidenciaba la liberación de una gran cantidad de energía y consecuentemente el potencial para generar un tsunami.

La información entregada por el USGS-NEIC, que indicaba que la profundidad a la que se encontraba el epicentro era de 35 kilómetros, (y no los 55 que entregaba la información preliminar).

La información emitida por el PTWC, a través de su boletín N°002, recibido en el SHOA a las 04:45 hrs., en el cual indicaba: *“Las lecturas del nivel del mar indican que se ha generado un tsunami. Puede haber sido destructivo a lo largo de las costas cercanas al epicentro y puede también ser una amenaza para costas más distantes”.*

## ORDINARIO

### 3.- CONCLUSIONES

La promulgación de la Alerta de Tsunami a la ONEMI se efectuó por VHF a las 03:51 hrs., siendo remitida posteriormente por Fax a las 04:07 hrs., empleando los protocolos vigentes.

La promulgación de la Alerta fue acertada y su oportunidad adecuada para los estándares de una emergencia de esta naturaleza (17 minutos después de haber ocurrido el sismo).

La Alerta fue cancelada, también por VHF, a las 04:56 horas, vale decir que ésta se mantuvo vigente en la ONEMI, por espacio de una hora y cinco minutos.

A la luz de los acontecimientos posteriores, se puede concluir que la cancelación de la Alerta de Tsunami fue apresurada y que si bien se emplearon criterios técnicos en el análisis de los antecedentes considerados, no se efectuó una acuciosa evaluación de la totalidad de las informaciones que se encontraban disponibles.

La responsabilidad por la cancelación de la Alerta en forma prematura, recae directamente sobre el Sr. Director del SHOA, quien adoptó la resolución y en el Jefe del Departamento de Oceanografía (S), quien se desempeñaba a su vez como Oficial de Guardia, al haber prestado una asesoría técnica incompleta.

### 4.- RECOMENDACIONES

Sancionar disciplinariamente, conforme a lo establecido en el Reglamento de Disciplina de la Armada 7/38-1, al Sr. Director del SHOA, Capitán de Navío Sr. Mariano Rojas Bustos, proponiéndose su Separación del Servicio Naval y al Jefe del Departamento de Oceanografía (S) T1° Sr. Mario Andina Medina, con una Amonestación Escrita de carácter Gravísima, por las responsabilidades que les cabe en la decisión de cancelar la Alerta de Tsunami, sin efectuar una acuciosa evaluación de la totalidad de los antecedentes disponibles.

### III.- **CONSIDERACIONES FINALES**

Del análisis efectuado se debe rescatar con precisión que la labor del SHOA, a través del SNAM, es eminentemente técnica. Su tarea principal es la evaluación de las informaciones sísmicas y del nivel del mar para determinar la posibilidad de generación de un tsunami y su posterior información a las autoridades navales, marítimas y civiles, entre las cuales se cuenta la ONEMI, que en definitiva es la autoridad responsable de adoptar en forma ejecutiva la difusión pública para asegurar la supervivencia de la población.

## ORDINARIO

El SHOA promulgó la Alerta de Tsunami a la ONEMI a las 03:51 horas, utilizando el equipo de VHF y posteriormente a través del fax a las 04:07 horas. Su cancelación se produjo, también por VHF, a las 04:56 hrs., es decir, 1 hora y 5 minutos después de haber sido promulgada.

El tiempo que demoró el SHOA en promulgar la Alerta (17 minutos después de haber ocurrido el sismo), se considera adecuado para los estándares de una emergencia de esta naturaleza, en atención a que necesariamente se debe contar con información del epicentro y magnitud, previo a efectuar el análisis.

La información proporcionada a la ONEMI, en lo que respecta a la Alerta de Tsunami, fue correcta, exacta y, a la luz de los acontecimientos posteriores, muy precisa en cuanto a la hora de arribo de la primera ola a los distintos puertos. Para ello se utilizaron los procedimientos y protocolos vigentes a la fecha y la información obtenida del PTWC. Por otra parte, se debe hacer notar que en sismos de gran magnitud como el ocurrido el día 27 de febrero, se debe activar en forma automática la Alerta Roja en fase Evacuación. (Manual ONEMI "Metodología básica para la elaboración de un plan comunal de prevención y de respuesta ante Tsunami").

Por otra parte, la decisión de cancelar la Alerta por parte del SHOA, si bien se basó en ciertos criterios técnicos, fue apresurada, inoportuna e incompleta en el análisis de todos los antecedentes técnicos que se encontraban disponibles. La responsabilidad por la cancelación de la Alerta en forma prematura, recae directamente sobre el Director del SHOA, Capitán de Navío Sr. Mariano Rojas Bustos, quien adoptó la resolución y en el Jefe del Departamento de Oceanografía (S), quien se desempeñaba a su vez como Oficial de Guardia, Teniente 1° Sr. Mario Andina Medina, al haber prestado una asesoría técnica incompleta. Sin embargo, se debe hacer presente que su efecto, sólo se pudo haber manifestado, a partir del momento en que fue difundida por algunas radioemisoras, (ya que la ONEMI no la difundió), aproximadamente a las 05:30 horas, siendo muy difícil precisar el real impacto que dicha decisión tuvo en la catástrofe.

Del análisis de las horas de llegada de las primeras olas, se puede concluir que existió una vasta zona, entre San Antonio y Talcahuano, que quedaron comprendidas en lo que se conoce como "Zona de Sacrificio". Como ya se ha dicho, en estas áreas no se cuenta con el tiempo necesario para difundir la Alerta, por lo que la sola ocurrencia del sismo, debiera constituirse en la primera y principal alerta para la población. Aún cuando el SHOA tiene publicado en su página Web numerosa información al respecto, se estima imprescindible reforzar, a través de los organismos correspondientes, la instrucción a la ciudadanía y en especial a los habitantes de zonas costeras, de manera de lograr una evacuación automática en casos de sismos de gran intensidad, como el ocurrido.

Por otra parte, la magnitud del terremoto, que afectó con inusual intensidad una extensa zona de nuestro territorio, produjo a nivel nacional, la pérdida

## ORDINARIO

generalizada de comunicaciones, situación de la que la Armada no estuvo exenta. Ello no sólo dificultó la obtención de las informaciones relativas a las variaciones de marea en los distintos puertos de nuestro litoral, sino que además impidió difundir la Alerta a Juan Fernández.

Sin embargo, es preciso señalar que el personal apostado de guardia en la Capitanía de Puerto de Juan Fernández, gracias a la inspección visual de la bahía, sumado a la conciencia y cultura de la amenaza que puede representar un sismo y la consecuente posibilidad de un tsunami, alertó a viva voz a los habitantes del sector costero, al percibirse la aproximación de la primera ola. Esto sumado a la conocida reacción de la joven Martina Maturana, quien activó el gong ubicado en la plaza, minimizó en cierta medida los efectos de este fenómeno en la población.

Finalmente, es sabido que un tsunami es un evento de muy difícil predictibilidad. El comportamiento de la masa de agua, no sigue un patrón definido y muchas veces, en similares condiciones, su comportamiento es completamente diferente. Prueba de ello, es lo acontecido con Cobquecura, la que encontrándose a 20 kilómetros del epicentro, no fue afectada por el tsunami. Análogamente, merece una especial atención lo ocurrido en el área Talcahuano-Dichato, zona que fue impactada por el tsunami en forma anómala, dos horas después de haber ocurrido el terremoto.

Complementariamente, a contar del 4 de marzo, el USGS ha publicado en su página Web, una nueva información, relacionada con el movimiento vertical de la tierra, la que a través del análisis de la gráfica presentada - que muestra en una escala de colores el movimiento vertical observado - hace estimar que se hubiera podido producir otro tsunami en un lapso inferior a treinta segundos, en un punto ubicado alrededor de 150 kilómetros al norte del epicentro. Se estima que dada la complejidad del tema y a la luz de los antecedentes expuestos, se debiera convocar al Comité Científico Técnico e invitar a expertos del USGS y del PTWC, para poder comprender con claridad lo ocurrido.

Valparaíso, 22 de Marzo de 2010.

ENRIQUE LARRAÑAGA MARTIN  
VICEALMIRANTE  
DIRECTOR GENERAL  
DEL TERRITORIO MARÍTIMO Y DE MARINA MERCANTE  
FISCAL DE LA INVESTIGACIÓN TÉCNICA