

**REPÚBLICA DEL PERÚ  
MINISTERIO DE DEFENSA  
MARINA DE GUERRA DEL PERÚ  
DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN**



**DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFÍA  
DIVISIÓN DE GEOFÍSICA**

**INFORME POST-TSUNAMI DEL SISMO DE  
IQUIQUE-CHILE (8.2 Mw) DEL 01 DE ABRIL 2014**

**Elaborado por:**

**Alférez de Fragata Gerardo Macedo**

**Ing. Erick Ortega**

**Lic. César Jiménez**

**Bach. Raquel Ríos**

**Revisado por: Teniente Segundo Raúl Vásquez**

## ÍNDICE

- 1 Situación General
- 2 Introducción
- 3 Descripción y Metodología
- 4 Resultados de las mediciones de campo en la Zona sur del Perú (Arequipa, Tacna, Moquegua)
  - 4.1 Arequipa
    - 4.1.1 Playa Huaranguillo
    - 4.1.2 Playa Muerta
    - 4.1.3 Playa La Punta Camaná
    - 4.1.4 Playa Las Gaviotas
    - 4.1.5 Playa Los Cerrillos
    - 4.1.6 Playa La Punta Bombón
    - 4.1.7 Playa Mejía
    - 4.1.8 Playa 2 - Mollendo
  - 4.2 Tacna
    - 4.2.1 Playa Santa Rosa
    - 4.2.2 Playa Los Palos
    - 4.2.3 Playa La Yarada
    - 4.2.4 Playa Vila Vila
    - 4.2.5 Playa Morro Sama
  - 4.3 Moquegua
    - 4.3.1 Puerto Ilo
- 5 Análisis Mareográfico
- 6 Conclusiones
- 7 Recomendaciones
- 8 Anexos

## 1. SITUACIÓN GENERAL

El 01 de abril del 2014 a las 18:46 hora local (23:46 UTC) según el reporte final del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) ocurrió un sismo de magnitud 8.2 Mw cuyo epicentro se ubicó en el mar a una profundidad de 20 km, localizado a 95 km al Noroeste de Iquique, Chile. Este sismo tuvo una duración de aproximadamente 2 minutos y se produjo dentro de la zona del gap sísmico "Arica - Antofagasta" en la cual la placa de Nazca se introduce debajo de la placa Sudamericana mediante el proceso de subducción. Después de ocurrido el terremoto, como fenómeno cosísmico se generó un tsunami local. Activándose la alerta en forma simultánea a través del Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (PTWC) para los países integrantes de esta cuenca, que incluye a países centroamericanos y sudamericanos, entre ellos, el Perú. En tal sentido, nuestro Centro Nacional de Alerta de Tsunamis (CNAT), después del análisis respectivo, emitió la alarma de tsunamis sólo para el sur del país.

La primera ola del tsunami arribó a la localidad de Pisagua (Chile) con una altura aproximada de 1.8 m, a unos 80 km al Norte de Iquique. En la localidad de Iquique (Chile) se registró la primera ola con altura de 2.10 m con un tiempo de arribo de 17 min. En la localidad de Patache (Chile), arribó con una altura de 2.2 m y con un tiempo de 21 min. En el puerto de Ilo (Perú) el tsunami arribo después de 21 min y con una altura máxima de 1.05 m.

## 2. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de alerta de tsunamis existentes en el mundo mantienen comunicación con redes de medición del nivel del mar tales como las estaciones mareógraficas del Sea Level Station Monitoring Facility de la UNESCO y el programa de boyas DART de la NOAA, que registran las variaciones súbitas del nivel del mar debido a un tsunami generado por un sismo de gran magnitud en el Océano Pacífico, teniendo gran importancia, específicamente en la detección y alerta de tsunamis.

En este sentido, la Dirección de Hidrografía y Navegación cuenta también con una red de mareógrafos que proporciona registros mareográficos continuos y con transmisión en tiempo casi-real (al minuto) en las localidades costeras de Talara, Paita, Salaverry, Chimbote, Callao, Pisco, San Juan de Marcona, Mollendo e Ilo, las cuales funcionan de forma continua y complementaria ante la red internacional en el registro de un evento tsunami en nuestro litoral.

Asimismo, con la finalidad de efectuar el levantamiento de información Post Tsunami (de acuerdo al Protocolo Operativo del Sistema Nacional de Alerta de Tsunami vigente) en las localidades costeras del área comprendida entre Arequipa y Tacna, la Dirección de Hidrografía y Navegación designó una brigada hidrográfica de reconocimiento, a fin de efectuar las observaciones y mediciones de campo para determinar los límites máximos de inundación horizontal y vertical (run-up), tomar registros fotográficos y recabar testimonios de pobladores y documentar los efectos del arribo del tsunami. Según consta en el "Cuadro de información levantada en campo para el evento tsunami del 01 abril de 2014 en Iquique - Chile". Anexo 1

Con la recolección de la información se espera caracterizar este evento e incrementar nuestros conocimientos acerca del impacto del fenómeno, mejorando nuestra capacidad de proporcionar recomendaciones sobre la necesidad de mayores investigaciones, planificación, preparación y alerta. Así como realizar la mejora y calibración de los modelos numéricos de propagación e inundación de tsunamis.

### **3. DESCRIPCIÓN Y METODOLOGÍA**

Los trabajos de campo antes mencionados, se realizaron desde el martes 08 hasta el domingo 13 de abril de 2014, específicamente en el siguiente orden: zonas que comprenden los departamentos de Arequipa (Playa Huaranguillo, Playa Muerta, Playa La Punta (Camaná), Playa Las Gaviotas, Playa Los Cerrillos, Playa la Punta Bombón, Playa Mejía y Playa Mollendo), Moquegua (el Puerto de Ilo) y Tacna (Playa Santa Rosa, Playa Los Palos, Playa La Yarada, Playa Vila Vila y Playa Morro Sama).

En cuanto a la metodología, la determinación del límite máximo de inundación, consiste en conocer la cota máxima alcanzada por el incremento del mar a causa del tsunami, tomando como nivel de referencia la línea de alta marea, para ello se efectuaron mediciones de distancias en secciones transversales perpendiculares a la línea de costa con respecto a la línea de alta marea, en cada una de las áreas de trabajo y se midió la distancia alcanzada por el tsunami en costa.

Cabe resaltar que durante el arribo del tsunami a nuestras costas, el estado del mar no presentó oleajes anómalos, lo que favoreció a la toma de datos en los días subsiguientes. No obstante para los días posteriores al trabajo de campo, los pronósticos meteorológicos del estado del mar realizados por la DHN, indicaban la presencia de oleaje de moderada intensidad, lo cual podría afectar en gran medida las marcas dejadas por el tsunami.

### **4. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE CAMPO EN LA ZONA SUR DEL PERU (AREQUIPA – MOQUEGUA – TACNA)**

En gabinete, y con las mediciones de campo según el recorrido establecido se han elaborado mapas de las áreas afectadas por la inundación del tsunami en la zona sur del Perú. Anexo 2.

#### **4.1 Arequipa**

##### **4.1.1 Playa Huaranguillo**

Playa que cuenta con una extensión de 3 km. aproximadamente a la vez el terreno presenta poca pendiente siendo casi horizontal lo que facilitaría la entrada del agua en caso de tsunami. En dicha zona se realizaron las mediciones del caso que corresponden a la parte central de playa, obteniéndose una distancia máxima de zona de inundación de 54.58 m referido a la línea de alta marea, no hubo evacuación

debido a que es una playa desértica. (Tabla N° 1). Ver foto 1 del anexo 3, que muestran marcas del tsunami en dicha zona.

Tabla N° 1.- Medición de campo efectuado en playa Huaranguillo

Sección	Latitud	Longitud	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-15.9049	-74.1540	09:30	09.04.2014	54.58

#### 4.1.2 Playa Muerta

Es una playa con una extensión de 3 km aproximadamente en línea recta y poca pendiente, realizando las mediciones del caso en la parte central de la playa, se obtuvo una distancia de inundación de 69.75 m referido a la línea de alta marea, no hubo evacuación por ser una playa desértica (Tabla N° 2). Ver foto 2 del anexo 3, sobre las marcas del tsunami en dicha zona.

Tabla N° 2.- Medición de campo efectuado en playa Muerta

Sección	Latitud	Longitud	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-16.3243	-73.3404	11:00	09.04.2014	69.75

#### 4.1.3 Playa La Punta Camaná

Esta playa presenta una extensión aproximada de 3.5 km, con una pendiente casi horizontal, en la parte Norte de la playa se registró una inundación de 44.28 m referido a la línea de alta marea (Tabla N° 3). Asimismo, según declaraciones de los pobladores, se produjo cierta inundación; observándose fuertes corrientes de ingreso y salida en horas de la noche sin ocasionar daños, no hubo registro de evacuación. Ver foto 3 del anexo 3, sobre las marcas de agua del tsunami en dicha zona.

Tabla N° 3.- Medición de campo efectuado en playa Punta Camaná

Sección	Latitud	Longitud	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-16.6548	-72.6846	14:50	09.04.2014	44.28

#### 4.1.4 Playa Las Gaviotas

En este sector del Balneario de Camaná se muestra como una playa intermedia, entre Punta Camaná y Los Cerrillos sin mucha diferencia en las pendiente por su horizontalidad, se tuvo como registro una inundación máxima de 44.28 m referido a la línea de alta marea, no hubo registro de evacuación (Tabla N° 4). Ver foto 4 del anexo 3, sobre las marcas del tsunami en dicha zona.

Tabla N° 4.- Medición de campo efectuado en playa Las Gaviotas

Sección	Latitud	Longitud	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-16.6573	-72.6692	15:00	09.04.2014	44.28

#### 4.1.5 Playa Los Cerrillos

En este sector considerado como la parte sur del Balneario de Camaná, se realizaron mediciones siendo la máxima distancia de inundación de 67.27 m, (Tabla N° 5), referido a la línea de alta marea, su pendiente es baja casi horizontal, no hubo registro de evacuación. Ver foto 5 del Anexo 3, sobre las marcas del tsunami en dicha zona.

Tabla N° 5.- Medición de campo efectuada en playa Los Cerrillos

Sección	Latitud	Longitud	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-16.6559	-72.6774	15:10	09.04.2014	67.27

#### 4.1.6 Playa la Punta Bombón

Esta playa tiene una extensión de 5 km. aproximadamente y mantiene una pendiente muy baja casi horizontal, lo que hace denotar zonas urbanas como Catas, La Punta y La Punta Bombón, así como numerosas áreas de cultivo en terrenos llanos lo que hace que se incremente el peligro de inundación por la ubicación, la máxima distancia de inundación calculada en esta zona fue de 80.59 m referido a la línea de alta marea, en cuanto a la evacuación esta se evidencio cuando la población se dirigió a zonas altas como el cerro "Cristo Blanco" en punta bombón. (Tabla N° 6). Ver foto 6 del Anexo 3, sobre las marcas de agua del tsunami en dicha zona.

Tabla N° 6.- Medición de campo efectuado en playa la Punta Bombón

Sección	Latitud	Longitud	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-17.1907	-71.79171	12:24	12.03.2011	80.59

#### 4.1.7 Playa Mejía

Playa con una longitud de 2 km aproximadamente, con poca pendiente casi horizontal, en este lugar se estimó la máxima distancia de inundación en 69.28 m referido a la línea de alta marea, y no se evidencio registro de evacuación por parte de la población. (Tabla N° 7). Ver foto 7 del anexo 3, sobre las marcas de agua del tsunami en dicha zona.

Tabla N° 7.- Medición de campo efectuada en playa Mejía

Sección	Latitud	Longitud	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-17.1023	-71.9097	13:07	11.04.2014	69.28

#### 4.1.8 Playa 2 - Mollendo

Esta playa tiene una extensión de 2 km aproximadamente y se encuentra constituida básicamente por una amplia zona de arena así como la presencia de rocas de origen volcánico las cuales llegan a conformar una serie de acantilados a 250 m aproximadamente tierra adentro con alturas considerables que van desde 20 a 30 m. Las cuales forman una barrera natural ante el impacto de un eventual tsunami, reduciendo el grado de exposición de la población de Mollendo, la máxima distancia de inundación calculada en este lugar fue de 54.63 m referido a la línea de alta marea, en cuanto a la evacuación no se evidencio registro alguno. (Tabla N° 8). Ver foto 8 del anexo 3, sobre las marcas de agua del tsunami en dicha zona.

Tabla N° 8.- Medición de campo efectuada en playa 2 - Mollendo

Sección	Latitud	Longitud	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-17.0352	-72.0066	13:47	11.04.2014	54.63

## 4.2 Moquegua

### 4.2.1 Puerto Ilo

Con una extensión de 2 km de terreno irregular y pendiente casi horizontal se pudo observar que debido a la ubicación geográfica del puerto hubo un efecto de resonancia de la ondas del tsunami provenientes del sur ya que ha tenido áreas de inundación en la mayor parte del malecón, sectores denominados como: Playa 1S, 1N, 2C, 1C. En cuanto a la evacuación, la población se dirigió a zonas altas como la zona denominada "Pampa Inalámbrica" siendo designado por las autoridades de INDECI como zona de refugio temporal en caso de sismo y/o Tsunami. (Tabla N° 9). Ver fotos 14 al 16 del Anexo 3, sobre las marcas de agua del tsunami en dicha zona. En el puerto de Ilo muchas embarcaciones fueron afectadas levemente.

Tabla N° 9.- Mediciones de campo efectuadas en el Puerto de Ilo

Sección playa	Latitud	Longitud	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1S	-17.64190	-71.34330	07:36	11.04.2014	10.63
1N	-17.62350	-71.34220	09:15	11.04.2014	43.93
2C	-17.63400	-71.34290	09:30	11.04.2014	30.71

1C	-17.63313	-71.34298	09:49	11.04.2014	33.89
----	-----------	-----------	-------	------------	-------

### 4.3 Tacna

#### 4.3.1 Playa Santa Rosa

En esta playa de 2 km de extensión se aprecia de sur a norte que su pendiente es plana, es apreciable también la presencia de población itinerante, lo cual genera un cierto grado de exposición ante un tsunami. Tierra adentro aproximadamente a 5 km no se aprecia gran variación de altitud topográfica encontrándonos con lugares que favorecerían el avance de un tsunami. En tal caso se realizaron las mediciones en una sola sección siendo la máxima distancia de inundación horizontal de 61.37 m con referencia a la línea de alta marea, en este lugar no hubo registro de evacuación. (Tabla N° 10). Ver foto 9 del Anexo 3, sobre las marcas de agua del tsunami en dicha zona.

Tabla N° 10.- Medición de campo efectuada en playa Santa Rosa

Sección	Latitud	Longitud	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-18.3363	-70.3950	14:24	10.04.2014	61.37

#### 4.3.2 Playa Los Palos

En esta playa de 3.5 km se apreciaron características similares a la Playa Santa Rosa, para lo cual se realizó mediciones en una sola sección siendo la zona máxima de inundación de 63.94 m referido a la línea de alta marea. (Tabla N° 11). Ver fotos 10 del Anexo 3, sobre las marcas de agua del tsunami en dicha zona.

Tabla N° 11.- Medición de campo efectuada en playa Los Palos

Sección	Latitud	Longitud	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-18.3069	-70.4337	16:16	10.04.2014	63.94

#### 4.3.3 Playa La Yarada

Playa con una extensión de 2 km aproximadamente de pendiente plana se calculó la máxima distancia de inundación horizontal en 139.72 m, referido a la línea de alta marea, en cuanto a la evacuación, en este lugar no hubo registro de evacuación (Tabla N° 12), ver fotos 11 del Anexo 3, sobre las marcas de agua del tsunami en dicha zona.

Tabla N° 12.- Medición de campo efectuada en playa La Yarada

Sección	Latitud	Longitud	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-18.2149	-70.5765	17:04	10.04.2014	139.72

#### 4.3.4 Playa Vila Vila

En esta playa de 1 km de extensión la máxima distancia de inundación fue de 33.70 m (Tabla N° 13), referido a la línea de alta marea. En cuanto a la pendiente se muestra plana y la evacuación se efectuó hacia las partes altas que se encuentran cruzando la vía Panamericana en dirección a las lomas. Ver fotos 12 del Anexo 3, sobre las marcas del tsunami en dicha zona.

Tabla N° 13.- Medición de campo efectuada en playa Vila Vila

Sección	Latitud	Longitud	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-18.1128	-77.7284	17:25	10.04.2014	33.70

#### 4.3.5 Playa Morro Sama

Playa muy pequeña que cuenta con una extensión de 0,50 km y presenta una pendiente irregular a lo largo de esta, en dicho lugar se registró una inundación de 7.36 m, referido a la línea de alta marea (Tabla N° 14). Ver foto 13 del anexo 3. Finalmente en cuanto a la evacuación de la zona esta si se efectuó con la mayoría de personas residentes y pescadores con el claro conocimiento de que un posible tsunami podría arribar.

Tabla N° 14.- Medición de campo efectuada en playa Morro Sama

Sección	Latitud	Longitud	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-17.99385	-70.8825	17:48	10.04.2014	7.36

## 5. ANÁLISIS MAREOGRÁFICO

Los registros mareográficos de las estaciones del litoral peruano, evidenciaron el arribo de las ondas del tsunami de origen cercano, que siguió una trayectoria de sur a norte, debido a que la propagación del tsunami fue desde el sur; sin embargo, la combinación de características geográficas como la orientación y ubicación de los puertos y localidades costeras con respecto al epicentro, permitió que la primera onda llegara a las 19:08 hora local del 01 de abril al puerto de Ilo, ubicada en el sur del litoral peruano. Asimismo se detalla en el anexo 4 un análisis de los registros de la Red Mareográfica Nacional del tsunami generado por el sismo con epicentro a 130 km al Noroeste de Iquique - Chile.

En la zona sur, para la hora de arribo de la onda del tsunami, la marea se encontraba en una etapa de pleamar; mientras que, en la zona central, se encontraba en etapa de marea descendente.

Para la hora de arribo de la onda del tsunami, en la zona central la marea se encontraba en una etapa de marea descendente; mientras que, en la zona sur, se encontraba en etapa de pleamar, esto implica que la máxima altura de inundación y distancia de inundación horizontal fueron más grandes debido a la componente de marea.

El tsunami se manifestó con ascensos y descensos del nivel del mar, observándose los mayores cambios o desniveles, durante la presencia de la cuarta onda (Figura 1), lo que es consistente con los reportes de los pobladores sobre el momento de inundación en algunas localidades del sur. Las ondas del tsunami registradas, que sobrepasaron el metro de altura, se presentaron en Ilo, donde se registró una máxima altura de 1.05 m sobre el nivel medio del mar. Mientras que en las otras localidades las alturas fluctuaron entre 0.25 (Callao) y 0.52 m (Matarani) referidos al nivel medio del mar (Tabla 15).

Cabe resaltar, que si bien las alturas no son significantes, el tsunami puede tener una gran energía cinética (gran velocidad) que origina que dicha ola ingrese tierra adentro con mucha fuerza, inundando más de lo normal.

En general, el tren de ondas del tsunami tuvo una duración de por lo menos 12 horas, dichas ondas presentaron amplitudes en las costas del sur y centro del Perú entre 1.05 m y 0.25 m con un periodo promedio de 21 minutos (ver los registros mareográficos en el Anexo 4).

A pesar de haber terminado el arribo de estas ondas, se continuaron observando algunas perturbaciones, como en la zona de Paracas, debido principalmente a la geomorfología costera, que originó ondas atrapadas y fuertes corrientes que culminaron después de casi tres días.

A continuación presentamos la Tabla 15, que muestra los principales parámetros del tsunami (altura máxima, tiempo de arribo y periodo) que se analizaron a partir de las señales de las estaciones mareográficas del litoral peruano.

Tabla 15. Parámetros mareográficos del tsunami de Iquique – Chile 2014.

Estación	Altura máxima (m)	Tiempo de arribo (min)	Periodo (min)
Ilo	1.05	21	18
Matarani	0.52	25	19
San Juan	0.45	54	21
Pisco	0.23	ruido	ruido
Callao	0.25	132	26
Chimbote	0.15	ruido	ruido
Salavery	0.20	ruido	ruido

## 5.1 Software de Procesamiento de señales mareográficas

El personal de la División de Geofísica del Departamento de Oceanografía ha diseñado e implementado un software (en lenguaje de programación Matlab) para realizar el procesamiento digital de las señales mareográficas. Este software puede leer registros mareográficos de distintas fuentes o formatos: DART, Sea Level Facility, Geónica, etc. Además, realiza las funciones de filtrado de mareas oceánicas de periodo largo y oleajes de periodo corto. Esta herramienta fue utilizada para procesar los registros mareográficos: para remover el efecto de las mareas y para determinar las máximas alturas de las olas del tsunami.

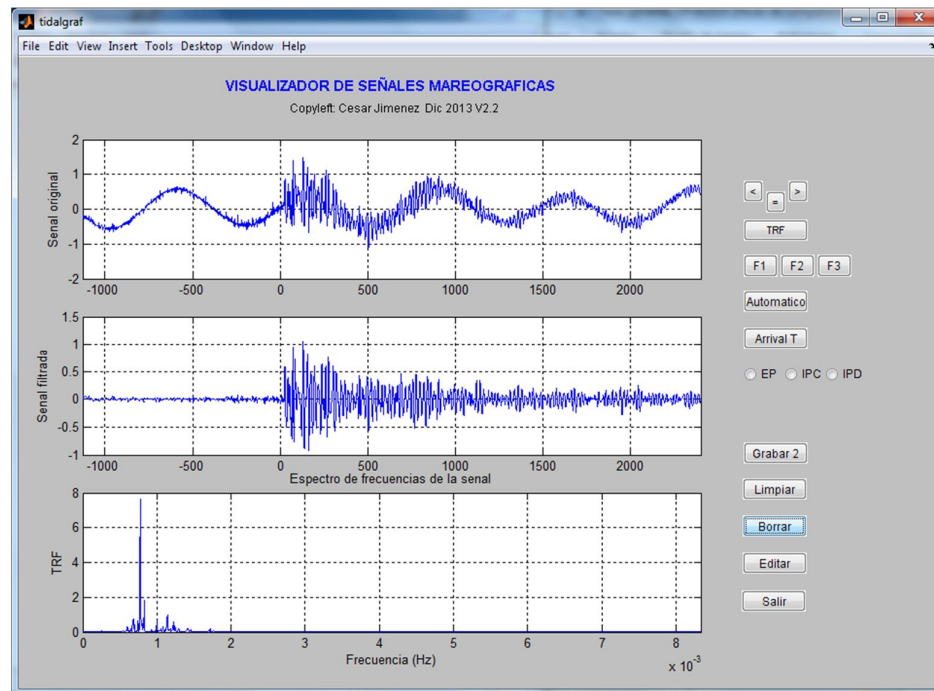


Fig. 1 Interfaz gráfica de usuario del software "Tidalgraf" con la señal de la estación mareográfica de Ilo para el sismo de Chile 01 Abr 2014.

## 5.2 Comparación de los datos observados y simulados

Se realizó la adquisición de los datos de la Red Mareográfica Nacional y de la estación de Arica (de la red internacional, IOC). Se utilizó el software TIDALGRAF para filtrar la marea y se calculó las máximas alturas de las olas del maremoto (Tabla 16). El cálculo de los parámetros del maremoto simulado se realizó utilizando el software PRE-TSUNAMI (versión 3.3), el cual ha sido actualizado y calibrado de acuerdo a los valores observados en los mareógrafos de Perú y Chile.

Los resultados muestran una buena correlación dentro de los márgenes de error. Para el caso de la estación de Arica se tiene un error del 3.5 % y para Ilo el error es del 6.25 %. Para el caso del Callao el error calculado es del 24 %. Con datos adicionales de las boyas DART y de futuros maremotos, se realizará la actualización y calibración del software PRE-TSUNAMI, lográndose en el futuro una mayor confiabilidad.

Tabla 16. Comparación de las máximas alturas de la ola observada y simulada.

Estación	H (m) Observado	H (m) Simulado
Arica	2.00	2.07
Ilo	1.05	1.12
Matarani	0.52	0.60
San Juan	0.45	0.51
Pisco	0.23	0.33
Callao	0.25	0.31
Chimbote	0.15	0.25
Salaverry	0.20	0.16
Paíta	0.10	0.11

## 6. CONCLUSIONES

1. El tsunami arribó principalmente a la región costera del sur del Perú con diferentes distancias de inundación. Fue considerado como de intensidad débil en el sur del Perú según la escala de Papadopoulos e Imamura (Tsunamis en Perú DHN, 2013), ya que este fenómeno no causó efectos de consideración en los puertos y localidades costeras del sur del Perú.
2. Las mayores distancias alcanzadas y documentadas fueron en la zona sur del Perú: en la Yarada Tacna con una distancia de inundación de 139.70 m referidos a la línea de alta marea; mientras que, en la zona de Morro Sama, la mayor distancia de inundación fue de 7.40 m, referido a la línea de alta marea.
3. En el puerto de Ilo, debido a la energía cinética del tsunami, muchas embarcaciones fueron afectadas levemente.
4. Los registros mareográficos del litoral peruano evidenciaron y confirmaron el arribo del tsunami, que tuvo una duración mayor a 12 horas. Estas ondas alcanzaron alturas entre 0.25 m (en Callao) y 1.05 m (en Ilo) con respecto al nivel medio del mar y un periodo promedio de 21 minutos.
5. Asimismo, se observó que a pesar de haber terminado este evento se continuaron presentando algunas perturbaciones, debido principalmente a la geomorfología costera en bahías cerrada como Paracas y (posteriormente) a la presencia de oleajes anómalos que arribaron a las zonas sur y central del litoral. Situación normal después de estos eventos, que originan perturbaciones principalmente en la región costera como consecuencia de la inercia de corrientes generadas por las llegadas de las ondas.
6. En general, la población de Ilo realizó la evacuación, mientras que la población de otras localidades como Camaná (Arequipa), Santa Rosa y Los Palos (Tacna) entre otros, no realizaron ninguna evacuación, por considerar al arribo del tsunami como un "llenado" o "baldeada", a pesar que el SNAT emitió la alarma para la zona sur del Perú.
7. Los valores de la altura de ola del tsunami obtenido por simulación numérica (mediante el software de pronóstico de maremotos PRE-TSUNAMI) concuerda bastante bien con los datos observados en las estaciones mareográficas, siendo la mejor correlación para la estación de Arica-Chile

(3.5 %) y para la estación de Ilo-Perú (6.25 %), cercanas a la fuente sísmica. Para el caso del Callao, el error fue de 24%, debido principalmente a la baja relación señal-ruido de la señal, es decir, a la pequeña amplitud de la señal del tsunami.

8. La recolección de toda esta información, nos permitió caracterizar este evento e incrementar nuestros conocimientos acerca del impacto del fenómeno, mejorando nuestra capacidad de proporcionar recomendaciones sobre la necesidad de mayores investigaciones, planificación, preparación y alerta. Así como realizar la mejora y calibración de los modelos numéricos de propagación e inundación de tsunamis.

## 7. RECOMENDACIONES

1. Debido a la complejidad de los procesos de interacción topográfica y batimétrica que experimentan las ondas de tsunami en su propagación hacia la costa con diferentes particularidades geográficas como la del Perú, se recomienda la continuación de los trabajos de campo en futuros eventos con la finalidad de mejorar nuestro entendimiento en la materia y otorgar la confiabilidad para la identificación de las zonas potencialmente inundables, ya que se demuestra ser puntos relevantes para evitar la pérdida de vidas humanas.
2. Definir los medios y/o vías de comunicación para que la información llegue a todos y en forma oportuna, con el fin de evitar daños en las embarcaciones y población en general.
3. Se recomienda instalar más estaciones mareográficas a lo largo de la costa del Perú (por ejemplo en Camaná, Yauca y Punta Lomitas) con la finalidad de mejorar la cobertura de la vigilancia instrumental en tiempo casi-real. Se recomienda incorporar la Red Mareográfica Nacional a la red internacional de la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI), a través de su página web.
4. Determinar zonas de peligro mediante la definición de escenarios eventuales de tsunamis mediante técnicas de modelación numérica de alta resolución que permitirá delimitar zonas de riesgo que debieran ser contempladas en los instrumentos de planificación territorial.
5. Se recomienda que durante los pronunciamientos y notas de prensa a la población, se especifique detalladamente la utilización del término de altura de ola, ya que esta definición puede crear confusión; puesto que en algunos casos, si bien no hubieron alturas de olas mayores de las que normalmente se presentan en nuestro litoral, éstas originaron en algunos lugares inundaciones, debido a la energía que transportan las ondas del tsunami.
6. Si el grado de educación y sensibilización es menor en la población, las medidas de seguridad se vuelven cada vez más difíciles de implementar. Por tal motivo se debe recurrir a los medios de comunicación local para realizar programas de educación y sensibilización mediante la comunicación y difusión de simulacros. Siendo su aplicación un paso muy importante en el desarrollo de un sistema de alerta.

**8. ANEXOS**

1. Cuadro de información levantado en campo para el evento tsunami del 01 abril 2014 en Iquique – Chile
2. Mapas de zonas delimitadas e inundadas por el tsunami en las localidades costeras de Arequipa, Tacna y Moquegua.
3. Vistas fotográficas del levantamiento de información en el área de Arequipa, Tacna y Moquegua.
4. Registros de la Red Mareográfica Nacional.

## Anexo 1

**CUADRO DE INFORMACIÓN LEVANTADO EN CAMPO PARA EL EVENTO TSUNAMI DEL 01  
ABRIL 2014 EN IQUIQUE CHILE**

ID	Localidad	Latitud	Longitud	Hora	Fecha	Distancia Horizontal (m)	Runup	Observaciones
1	Playa Huaranguillo	-15.904	-74.154	09:30	09.04	54.58	-	Se observaron marcas originadas por el tsunami llegando a una distancia horizontal de 50 m a 70 m aprox. En una extensión de 3 km de playa aproximadamente
2	Playa Muerta	-16.324	-73.340	11:00	09.04	69.75	-	
3	Playa la Punta Camana	-16.654	-72.684	14:50	09.04	44.28	-	Según personal de vigilancia del balneario Camana manifestó que a 21:00 hr. Arribo una onda el cual fue seguido por tres más en periodos de 20 minutos, cada una asimismo se mencionó que no hubo evacuación.
4	Playa Las Gaviotas	-16.657	-72.669	15:00	09.04	44.28	-	Según autoridades de defensa civil de Camana a 21:45 hrs se informó que hubo inundación por tsunami en la localidad de la punta. no hubo daños
5	Playa Los Cerrillos	-16.655	-72.677	15:10	09.04	67.27	-	
6	Playa Santa Rosa	-18.336	-70.394	14.24	10.04	61.37	-	Según poblador de la zona el Sr. Miguel Angel manifestó que el día del evento, a 19:00 si se observó la inundación seguido de varias olas durante la noche.
7	Playa los Palos Hacienda	-18.306	-70.433	16:16	10.04	63.94	-	Hubo una Inundación leve en Boca del Río, Los Palos y la Yarada con alturas aproximadas de 1.00m, no hubo daños.
8	Playa la Yarada	-18.214	-70.576	17:04	10.04	139.72	-	
9	Playa Llostay	-	-	-	10.04	-	-	Sin referencia debido a la cercanía con otras playas que ya han sido registradas las cuales se presentan topográficamente planas obteniendo un valor de inundación similar a la de playa la Yarada, sin daños
10	Playa Tomoyo	-	-	-	10.04	-	-	
11	Playa Vila Vila	-18.112	-70.728	17:25	10.04	33.70	-	Se observó inundación leve de 33.70 m en zona de playa, hubo evacuación a partes altas.
12	Playa Morro Sama	-17.993	-70.882	17:48	10.04	7.36	2.35	En el puesto de control de Morro Sama según el guardacostas OM3 Jemerson Gonzales menciona que no hubo retiro de mar, pero si observo un leve llenado hubo evacuación a partes altas.

13	Puerto de Ilo (1S)	-17.641	-71.343	07:36	11.04	10.63	3.60	En este lugar el personal a cargo de la limpieza Sra. Ana Cueva menciona que hubo evacuación de la población hacia partes altas (Pampa Inalámbrica) llegando a inundarse parte del malecón
14	Puerto de Ilo (1N)	-17.623	-71.342	09:15	11.04	43.93	2.70	
15	Puerto de Ilo (2C)	-17.634	-71.342	09:30	11.04	30.71	3.50	
16	Puerto de Ilo (1C)	-17.633	-71.342	09:49	11.04	33.89	2.80	
17	Playa Punta Bombón	-17.190	-71.791	12:24	11.04	80.59	-	En esta zona hubo evacuación a zonas altas como medida de precaución.
18	Playa Mejía	-17.102	-71.909	13:07	11.04	69.28	-	En dichas playas se observó que la inundación por el tsunami se registró de forma muy leve, no hubo evacuación y fue considerado por algunas personas como un oleaje anómalo
19	Playa 2 Mollendo	-17.035	-72.006	13:47	11.04	54.63	-	
20	Puerto Matarani	-16.996	-71.103	14:47	11.04	-	-	Según entrevista al vigilante del Muelle Sr. Carlos Pastor Pacheco el sismo se sintió levemente y a las 19:30 hubo un (llenado leve) en la zona, y se mencionó que si hubo evacuación asistida por los bomberos.
21	Caleta Quilca	-16.714	-72.434	08:40	12.04	-	-	En este lugar no hubo registros claros del tsunami persistiendo los efectos del oleaje pronosticado por la DHN, pero se destacó que si hubo evacuación por parte de la población como medida de precaución

Anexo 2

MAPAS DE ZONAS DELIMITADAS E INUNDADAS POR EL TSUNAMI EN LAS LOCALIDADES COSTERAS DE AREQUIPA, MOQUEGUA Y TACNA

**Arequipa – Playa Huaranguillo**

Sección	Latitud	Longitud	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-15.9049	-74.1540	09:30	09.04.2014	54.58

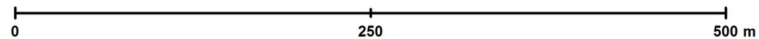






### Arequipa – Playa Las Gaviotas

SECCION	LATITUD	LONGITUD	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-16.6573	-72.6692	15:00	09.04.2014	44.28



Leyenda	
	Área de Inundación
	Distancia Inundada
	Carretera



Mapa No.  
**05**

Departamento de Oceanografía División de Geofísica	
Mapa de Inundación Post-Tsunami 2014 <b>Playa Las Gaviotas</b>	
Departamento:	Arequipa
Provincia:	Camaná
Escala:	1 : 5 000

### Arequipa – Playa Los Cerrillos

SECCION	LATITUD	LONGITUD	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-16.6559	-72.6774	15:10	09.04.2014	67.27



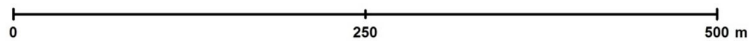
### Arequipa – Playa Mollendo

SECCION	LATITUD	LONGITUD	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-17.0352	-72.0066	13:47	11.04.2014	54.63



### Arequipa – Playa Mejía

SECCION	LATITUD	LONGITUD	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-17.1023	-71.9097	13:07	11.04.2014	69.28



Leyenda	
	Área de Inundación
	Distancia Inundada
	Carretera

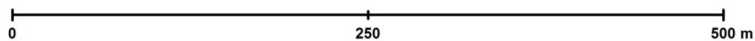


Mapa No.  
**07**

Departamento de Oceanografía División de Geofísica	
Mapa de Inundación Post-Tsunami 2014 <b>Playa Mejía</b>	
Departamento:	Arequipa
Provincia:	Islay
Escala:	1 : 5 000

### Arequipa – Playa Punta Bombón

SECCION	LATITUD	LONGITUD	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-17.1907	-71.79171	12:24	12.03.2011	80.59



Leyenda	
	Área de Inundación
	Distancia Inundada
	Carretera



Departamento de Oceanografía  
División de Geofísica

Mapa de Inundación Post-Tsunami 2014

**Playa Punta Bombon**

Mapa No.

**08**

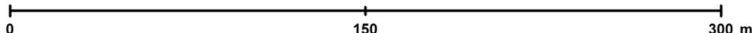
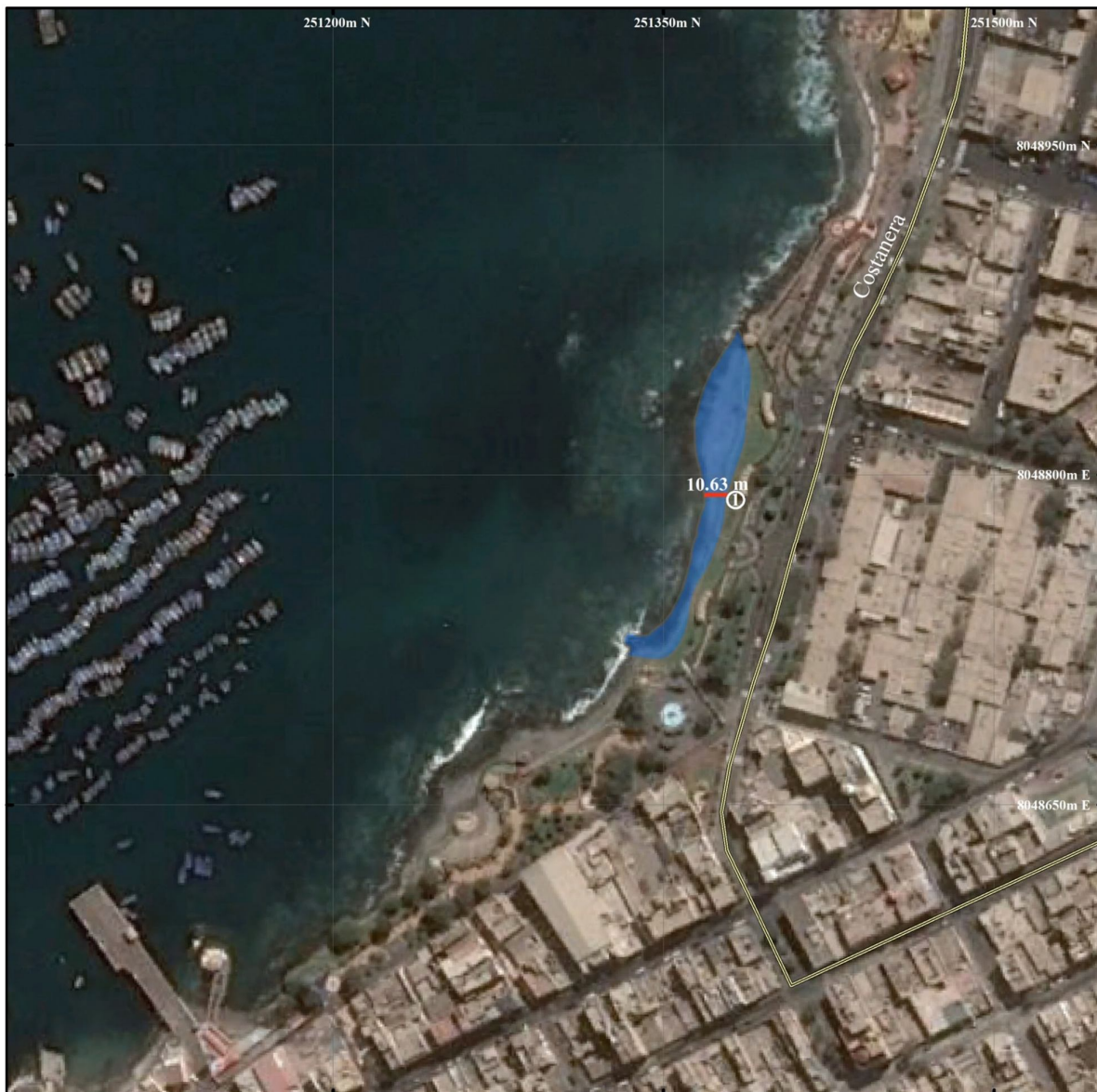
Departamento: Arequipa

Provincia: Islay


Escala: 1 : 5 000

### Moquegua- Ilo Sur

SECCION	LATITUD	LONGITU D	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1S	-17.64190	-7134330	07:36	11.04.2014	10.63



Leyenda	
	Área de Inundación
	Distancia Inundada
	Carretera

 <b>Mapa No.</b> <b>11</b>	<b>Departamento de Oceanografía</b> División de Geofísica
	<b>Mapa de Inundación Post-Tsunami 2014</b> <b>Playa Ilo Sur</b>
	Departamento: Moquegua
	Provincia: Ilo Escala: 1 : 3 000

### Moquegua – Playa Ilo Norte

SECCION	LATITUD	LONGITUD	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1N	-17.62350	-71.34220	09:15	11.04.2014	43.93



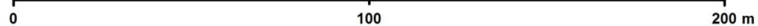
### Moquegua- Playa Ilo Centro

SECCION	LATITUD	LONGITUD	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
2C	-17.63400	-71.34290	09:30	11.04.2014	30.71
1C	-17.63313	-71.34298	09:49	11.04.2014	33.89



### Tacna- Caleta Morro Sama

SECCION	LATITUD	LONGITUD	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-17.99385	-70.8825	17:48	10.04.2014	7.36



Leyenda	
	Área de Inundación
	Distancia Inundada
	Carretera



Departamento de Oceanografía  
División de Geofísica

Mapa de Inundación Post-Tsunami 2014  
**Caleta Morro Sama**

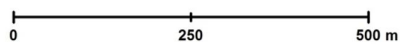
Mapa No.  
**12**

Departamento:	Tacna
Provincia:	Tacna
Escala:	1 : 2 000



### Tacna- Playa La Yarada

SECCION	LATITUD	LONGITUD	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-18.2149	-70.5765	17:04	10.04.2014	139.72



Leyenda	
	Área de Inundación
	Distancia Inundada
	Carretera



Departamento de Oceanografía  
División de Geofísica

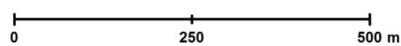
Mapa de Inundación Post-Tsunami 2014  
**Playa La Yarada**

Mapa No.  
**14**

Departamento:	Tacna
Provincia:	Tacna
Escala:	1 : 10 000

### Tacna- Playa Los Palos

SECCION	LATITUD	LONGITUD	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-18.3069	-70.4337	16:16	10.04.2014	63.94



Leyenda	
	Área de Inundación
	Distancia Inundada
	Carretera

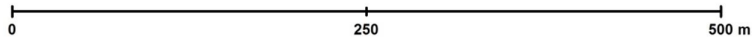


Mapa No.  
**15**

Departamento de Oceanografía División de Geofísica	
Mapa de Inundación Post-Tsunami 2014 <b>Playa Los Palos</b>	
Departamento:	Tacna
Provincia:	Tacna
Escala:	1 : 10 000

### Tacna - Playa Santa Rosa

SECCION	LATITUD	LONGITUD	Hora	Fecha	Distancia Inundada (m)
1	-18.3363	-70.3950	14:24	10.04.2014	61.37



Leyenda	
	Área de Inundación
	Distancia Inundada
	Carretera

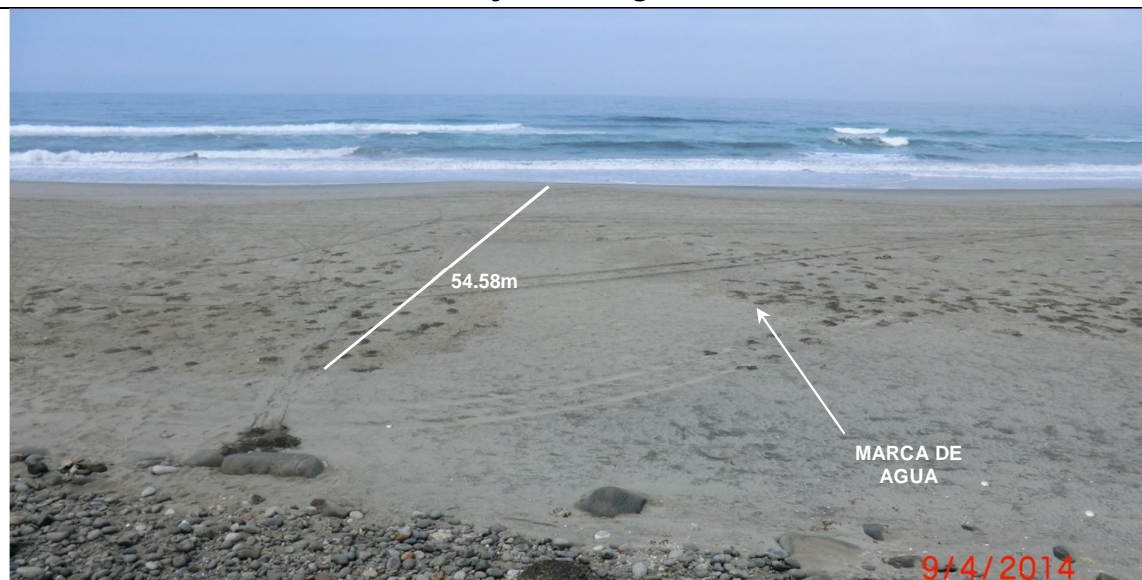
 <b>Mapa No.</b> <b>16</b>	<b>Departamento de Oceanografía</b> División de Geofísica
	<b>Mapa de Inundación Post-Tsunami 2014</b> <b>Playa Santa Rosa</b>
	Departamento: Tacna Provincia: Tacna
	Escala: 1 : 5 000

Anexo 3

VISTAS FOTOGRÁFICAS DEL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN  
EN EL AREA COSTERA DE AREQUIPA, TACNA Y MOQUEGUA

- AREQUIPA

Playa Huaranguillo



1. Vista de la marca de agua luego del arribo del tsunami en playa Huaranguillo, registrando una medida promedio de 54.58m referido al nivel medio del mar

Playa Muerta



2. Vista panorámica de playa Muerta, obsérvese la zona de inundación con una extensión promedio de 69.75 m

### Playa La Punta Camana



3. El Punta Camana la energía del tsunami removió el fondo del mar, favoreciendo la permanencia de sedimentos y desperdicios hacia la orilla.

### Playa Las Gaviotas



4. En Playa las Gaviotas también se pudo apreciar la inundación a causa de la energía del tsunami, favoreciendo la permanencia de sedimentos y desperdicios hacia la orilla.

**Playa Los Cerrillos**



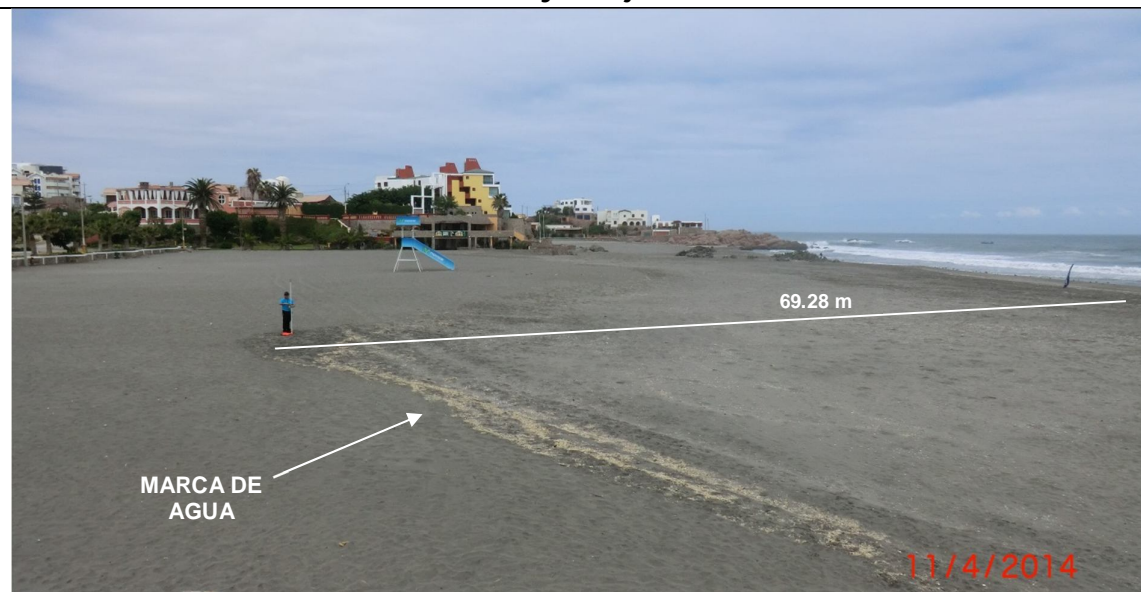
5. En Playa Los Cerrillos también se pudo apreciar la inundación a causa de la energía del tsunami, favoreciendo la permanencia de sedimentos y desperdicios hacia la orilla.

**Playa La Punta Bombón**



6. En Punta Bombón se pudo observar las huellas dejadas por la ola de tsunami con la Permanencia de sedimentos y desperdicios hacia la orilla.

### Playa Mejía



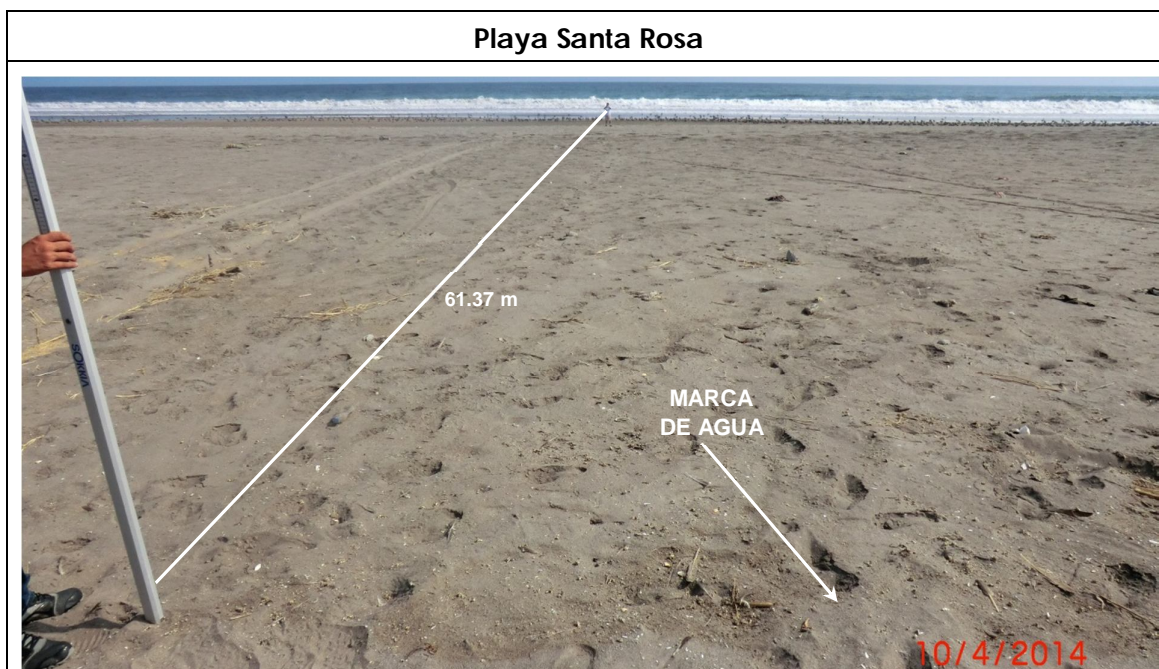
7. Vista hacia el sur de playa Mejía aquí el mar sólo ingresó un poco, sin llegar al malecón y casas aledañas.

### Playa 2 - Mollendo



8. Vista hacia la zona norte, La Playa 2 en Mollendo, aquí también el mar sólo ingresó un poco, sin llegar al malecón y casas aledañas.

- TACNA

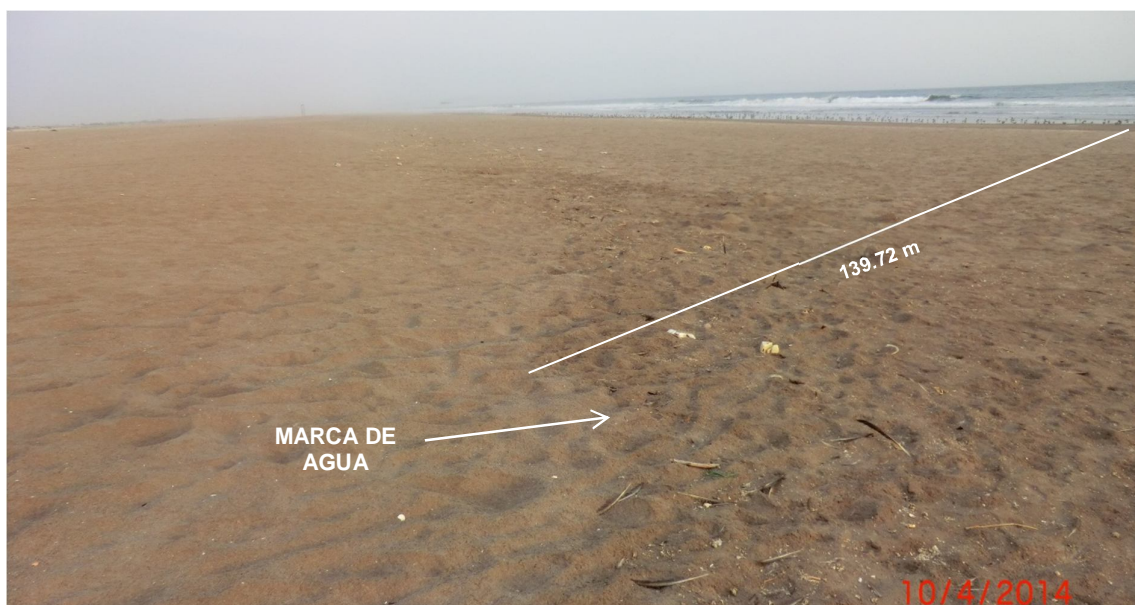


9. Sector donde se pudo observar las huellas dejadas por la ola de tsunami llegando a medir 61.37m de inundación en costa referido al nivel medio del mar.



10. Vista de la zona sur (es cercanías a la frontera con Chile) de la playa Los Palos el tsunami inundó un poco más de lo normal, pero sin rebasar la playa.

**Playa La Yarada**



11. En esta playa la zona de inundación llegó a medir 139.72 m aproximadamente, valor por el cual hace ver que el terreno es casi plano favoreciendo la inundación en una gran extensión.

**Playa Vila Vila**



12. Vista de la zona norte de la playa Vila Vila, aquí también el mar sólo ingresó un poco más de lo normal, sin llegar a las casas aledañas.

Playa Morro Sama



13. En este sector, la zona de inundación no hubo un retiro súbito pero si hubo una inundación de 7.36 m de inundación con un "runup" calculado de 2.35 m.

- MOQUEGUA



14. (Sección playa 1S) Según las declaraciones del personal de limpieza de la municipalidad si hubo evacuación hacia partes altas como “la pampa inalámbrica” y que se reportaron sectores inundados.



15. (Sección playa 1C- 2C) Vista del malecón frente a la municipalidad de Ilo, véase la marca de agua dejada en la zona de las pérgola, siendo una marca típica la vegetación costera, arrancadas de raíz por la inundación del tsunami.

Puerto Ilo



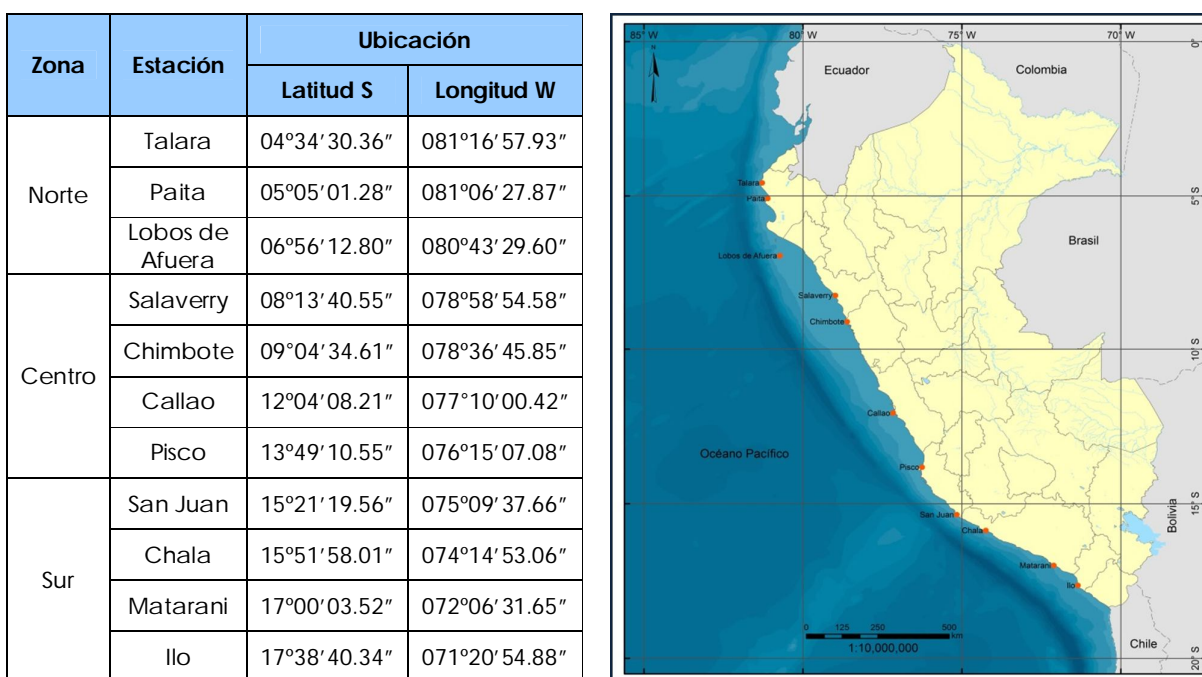
16. (Sección playa 1N) En las imágenes se aprecian un antes y un después de las huellas dejadas por la onda del tsunami, dentro del área deportiva del malecón de Ilo frente al municipio.

## Anexo 4

## REGISTROS DE LA RED MAREOGRÁFICA NACIONAL

La Dirección de Hidrografía y Navegación en su calidad de responsable del Sistema Nacional de Alerta de Tsunamis y ente rector de la Oceanografía en el Perú, tiene como una de sus principales actividades, la medición y vigilancia de los niveles del mar, y para ello, mantiene y opera la Red Mareográfica Nacional (Figura N° 02), compuesta por once estaciones ubicadas a lo largo del litoral peruano, con sensores tipo radar, que transmiten en tiempo casi real, vía línea telefónica, permitiendo detectar y confirmar la presencia de un tsunami en el mar del Perú.

Figura N° 02.- Ubicación de la Red Mareográfica Nacional.

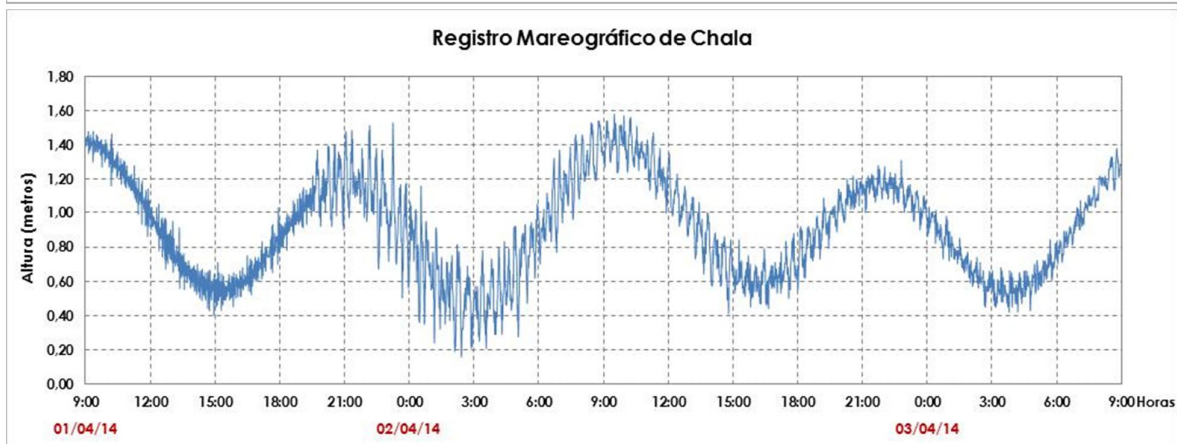
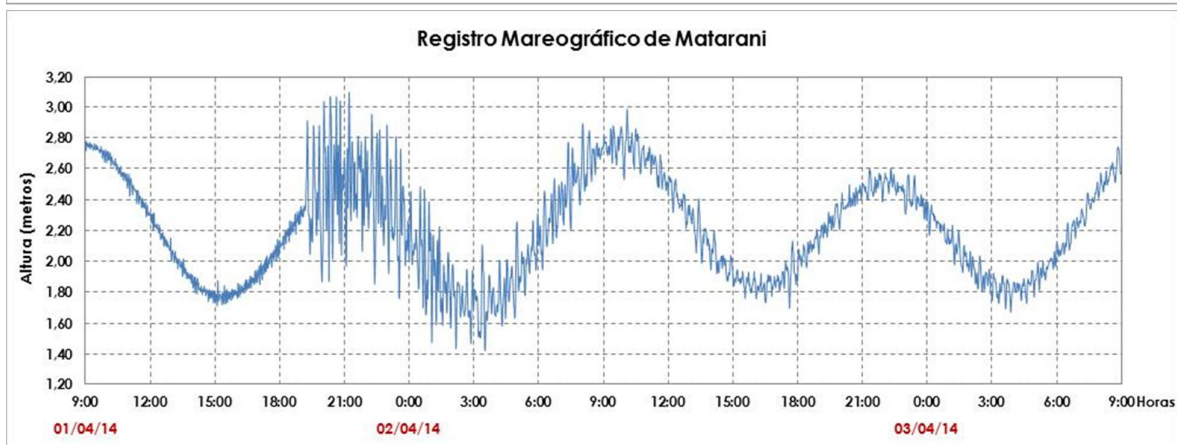
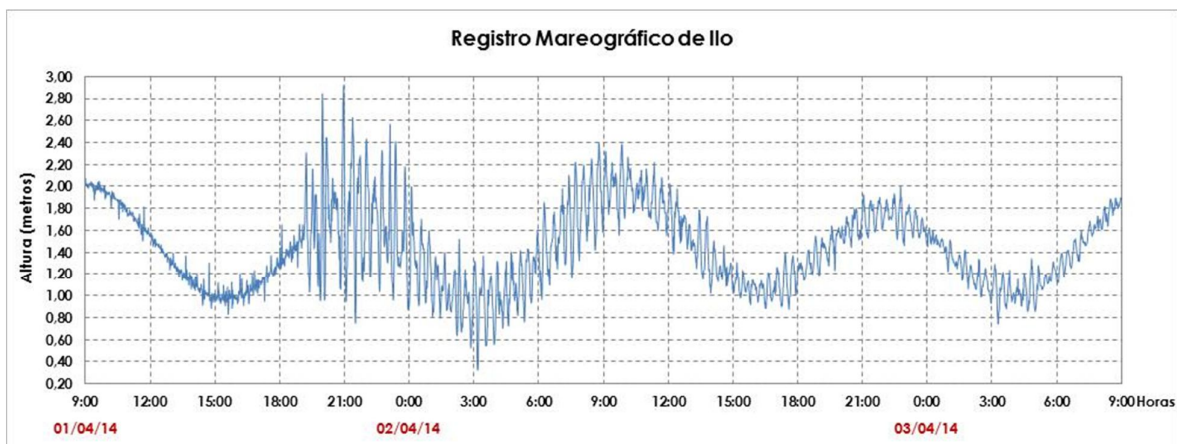


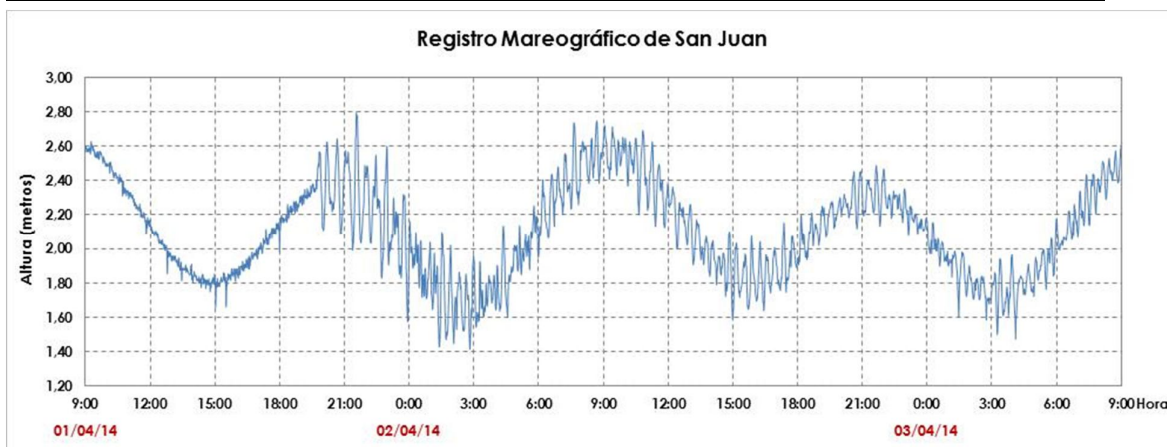
Los registros mareográficos de las estaciones del litoral peruano, evidenciaron el arribo de las ondas del tsunami de origen regional, que siguió una trayectoria de sur a norte, donde la primera onda llegó a las 19:10 horas del 01 de abril al puerto de Ilo, estación mareográfica ubicada hacia el límite fronterizo sur, llegando hasta la zona del Callao, luego de dos horas, es decir a las 21:10 horas, del mismo día.

El tsunami se manifestó con ascensos y descensos del nivel del mar relativamente significativos, observándose los mayores cambios o desniveles, durante la presencia de la cuarta y quinta onda. A su arribo, la marea en la zona sur, se encontraba en fase de pleamar; mientras que, en la zona central, se encontraba en fase descendente.

Los registros de las estaciones de Chimbote y Salaverry, muestran algunas perturbaciones, que no cumplen con las características de las ondas tipo tsunamis; mientras que, en las estaciones norteñas de Paíta y Talara, no se registró ninguna manifestación, presentando condiciones normales.

### Zona Sur





### Zona Central

