



PERÚ

Ministerio
de Vivienda, Construcción
y Saneamiento

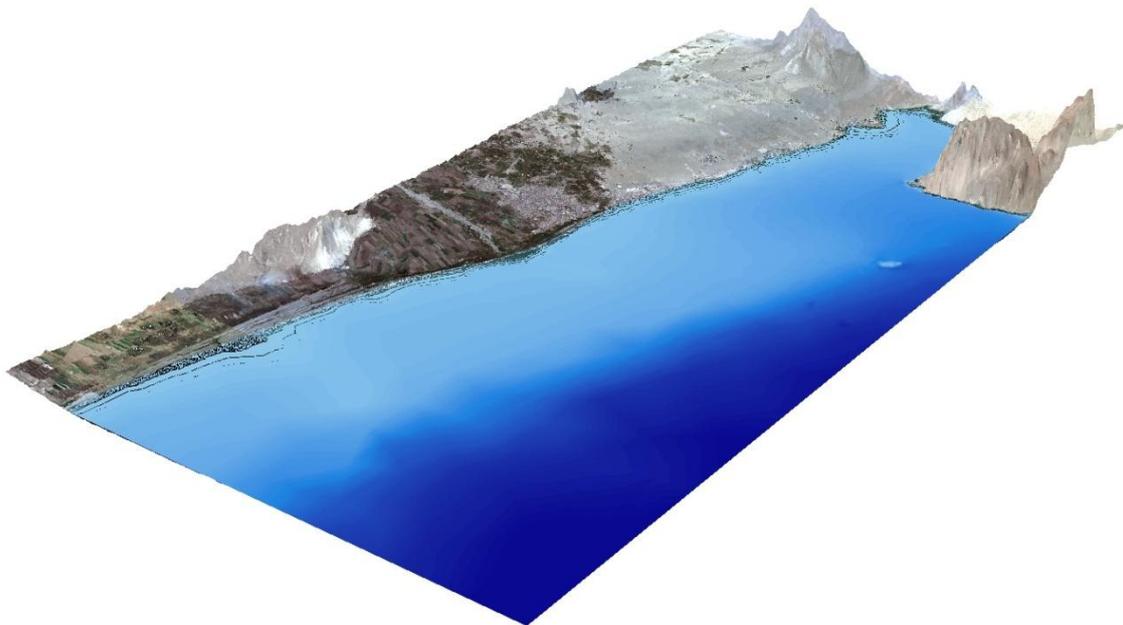
Viceministerio de
Vivienda y Urbanismo

Programa de Gestión
Territorial

**CONVENIO ESPECÍFICO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE EL
MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO Y LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE INGENIERÍA**

**“ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA PARA EL ÁMBITO PISCO, SAN CLEMENTE,
TÚPAC AMARU SAN ANDRÉS Y PARACAS”**

PRODUCTO 4



LIMA – MARZO, 2012



**ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA PARA EL ÁMBITO PISCO, SAN CLEMENTE,
TÚPAC AMARU, SAN ANDRÉS Y PARACAS**

**PRODUCTO N°. 4: ANÁLISIS DE RIESGO DE TSUNAMIS, ESTUDIO HIDROLÓGICO Y
EVALUACIÓN DEL ESTADO DE DRENES, EVALUACIÓN DE LOS SUELOS DE RELLENO,
PROPUESTA DE PARÁMETROS URBANÍSTICOS, PROPUESTA DE EXPEDIENTE TÉCNICO
DE MÓDULOS DE VIVIENDA,**

Tabla de Contenido

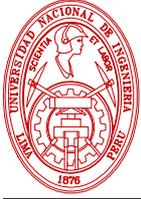
1	INTRODUCCIÓN	5
1.1	Antecedentes	5
1.2	Objetivo Principal.....	6
1.3	Objetivos Complementarios.....	6
2	ANÁLISIS DE RIESGO DE TSUNAMI PARA LAS COSTAS DEL ÁMBITO DE ESTUDIO Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	8
2.1	Antecedentes	8
	2.1.1 <i>Objetivo</i>	8
	2.1.2 <i>Sismicidad en el Perú</i>	8
	2.1.3 <i>Tsunamis históricos en Lima</i>	10
	2.1.4 <i>Ámbito de Estudio</i>	12
2.2	Procedimiento de Análisis.....	14
2.3	Consideraciones Teóricas.....	14
	2.3.1 <i>Conceptos Básicos</i>	14
	2.3.2 <i>Teoría de Aguas Poco Profundas</i>	15
	2.3.3 <i>Parámetros de Fuente Sísmica</i>	17
2.4	Escenario Sísmico	18
	2.4.1 <i>Magnitud</i>	18
	2.4.2 <i>Ubicación del Epicentro</i>	18
	2.4.3 <i>Profundidad Epicentral</i>	18
2.5	Análisis del Tsunami para el Ámbito de Estudio	20



2.5.1	Fase de la Deformación Inicial de la Superficie del Océano.....	20
2.5.2	Fase de la Propagación e Inundación del Tsunami.....	23
2.6	Análisis de Resultados	30
2.7	Recomendaciones	30
3	ESTUDIO HIDROLÓGICO Y EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DEL SISTEMA DE DRENES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	35
3.1	Introducción.	35
3.1.1	Antecedentes.	35
3.1.2	Objetivos.....	35
3.2	Caracterización del Área de Estudio.	36
3.2.1	Ubicación.	36
3.2.2	Fisiografía.	36
3.2.3	Climatología.	36
3.2.4	Peligros de Origen Hídrico.....	36
3.3	Hidrología del Área de Estudio.	37
3.3.1	Fisiografía de la Cuenca del Río Pisco.	37
3.3.2	Hidrografía del Río Pisco.....	37
3.3.3	Información Hidrometeorológica Existente.	37
3.3.4	Régimen Pluviométrico.....	39
3.3.5	Régimen Hidrométrico.....	40
3.4	Hidrogeología del Área de Estudio.	41
3.4.1	Hidrogeología.....	41
3.4.2	Caracterización de Niveles Freáticos.....	42
3.5	Evaluación de Peligro de Desbordamiento de Río Pisco	44
3.5.1	Metodología de Evaluación.....	44
3.5.2	Análisis de inundación con el modelo HEC RAS.....	44
3.6	Evaluación de Peligros Asociados al Flujo Subterráneo.	49
3.6.1	Metodología de Evaluación.....	49



3.6.2	Identificación de Peligros de origen hídrico.	49
3.7	Evaluación de Sistema de Drenaje en la Zona Próxima a la Costa.....	50
3.7.1	Sistema de Drenes Existente.	50
3.7.2	Relación entre Sistema de Drenaje y Profundidad Freática.	50
3.7.3	Problemática Existente.....	51
3.8	Conclusiones	53
3.9	Recomendaciones	53
4	LOCALIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS SUELOS DE RELLENO (ESCOMBROS Y RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS) PARA ELABORACIÓN DE PROPUESTA DE RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA USO DE ESTE TIPO DE SUELO	54
4.1	Objetivo.....	54
4.2	Ubicación y Delimitación de las Áreas de Suelos de Rellenos	54
4.3	Recomendaciones para el Tratamiento y Uso de los Suelos de Rellenos.	62
5	DOCUMENTO PROPUESTA DE PARÁMETROS URBANÍSTICOS, UTILIZANDO LA INFORMACIÓN DE GEOTECNIA Y DE DINÁMICA DE LOS SUELOS; COMO INSTRUMENTO ORIENTADOR PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS FUTUROS PROYECTOS QUE SE EMPRENDAN EN EL ÁREA	64
5.1	Población.....	64
5.2	Instalaciones Estratégicas	65
5.2.1	<i>Transporte y Vialidad</i>	65
5.3	Riesgo por Inundaciones y Sismos	67
5.4	Establecimientos de Salud.....	67
5.5	PARÁMETROS URBANOS.....	78
6	DOCUMENTO PROPUESTA DE EXPEDIENTE TÉCNICO DE MÓDULOS DE VIVIENDAS CON CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ACORDE A LOS DIVERSOS TIPOS DE SUELOS IDENTIFICADOS	83
6.1	Memoria Descriptiva Arquitectura.....	83
6.2	Memoria Descriptiva Estructuras.....	83



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES



6.3	Memoria Descriptiva Instalaciones Sanitarias	85
6.4	Memoria Descriptiva Instalaciones Electricas	87
7	REFERENCIAS	89



1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Con fecha 23 de febrero de 2010, el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento y la Universidad Nacional de Ingeniería, suscribieron un Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional con la finalidad de promover acciones de mutua colaboración en lo referido a brindarse cooperación técnica en materia de estudios, elaboración, supervisión, ejecución y evaluación de proyectos y obras de ingeniería y arquitectura, así como la prestación de servicios compatibles con la finalidad de ambas entidades.

En fecha 15 de abril de 2010, el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento y la Universidad Nacional de Ingeniería, suscribieron un Convenio Específico, cuya finalidad fue prestar apoyo para la realización del Estudio de Microzonificación Sísmica y de Vulnerabilidad para la ciudad de Lima, cuyo objetivo fue analizar el riesgo de la ciudad de Lima y Callao, con énfasis en seis distritos representativos de la zona urbana: San Juan de Lurigancho, Villa El Salvador, Puente Piedra, Chorrillos, La Molina y Comas. Este estudio fue ejecutado por el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) que dio como resultado una valiosa información referente al cálculo del costo de reparación y reposición de viviendas e infraestructura de saneamiento.

En fecha 22 de Julio de 2011, el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento y la Universidad Nacional de Ingeniería, suscribieron un Convenio Específico, cuya finalidad es fue el Estudio de Estimación de Costos de Reparación y Reposición de Vivienda e Infraestructura de Saneamiento frente a un evento sísmico severo en algunas ciudades del País. En este estudio se obtuvo como resultado una herramienta para el cómputo de Costos de Reparación y Reposición de Vivienda e Infraestructura de Saneamiento, para ser utilizado en ciudades intermedias, cuyo diagnóstico es dependiente de la calidad de información suministrada al modelo.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, a través del Programa de Gestión Territorial (PGT) del Viceministerio de Vivienda y Urbanismo, se encarga de la gestión de riesgo de desastres en zonas urbanas, a través del diseño de un sistema de gestión integral de riesgo de desastres naturales que comprenda las acciones de prevención y mitigación. Actualmente tiene una gran preocupación, debido a que según estudios realizados por distintas instituciones nacionales e internacionales, el principal riesgo que enfrenta el país es el sísmico. El escenario catastrófico prominente para el país sería un eventual sismo que afectara ciudades ubicadas sobre el Pacífico. Además del impacto sobre la población, tanto la infraestructura de servicios públicos como las viviendas serían los sectores más afectados y que generarían las mayores pérdidas económicas demandando sustanciales recursos financieros para la posterior rehabilitación y reconstrucción.



En fecha 19 de Diciembre de 2011, el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento y la Universidad Nacional de Ingeniería, suscribieron un Convenio Especifico, con la finalidad de iniciar el desarrollo de información, en aquellas zonas que han sufrido mayor afectación como consecuencia de los sismos del 15 de agosto de 2007. En ese sentido, se ha previsto realizar el “Estudio de Microzonificación Sísmica para el ámbito Pisco, San Clemente, Túpac Amaru, San Andrés y Paracas”.

El presente informe contiene los análisis y recomendaciones correspondientes a los siguientes tópicos:

- Análisis de riesgo de Tsunami para las costas del ámbito de estudio y medidas de prevención y mitigación.
- Estudio hidrológico y evaluación del estado situacional del sistema de drenes de aguas subterráneas.
- Localización y evaluación de los suelos de relleno (escombros y residuos sólidos domésticos) para elaboración de propuesta de recomendaciones técnicas para uso de este tipo de suelo.
- Documento propuesta de parámetros urbanísticos, utilizando la información de geotecnia y de dinámica de los suelos; como instrumento orientador para el diseño estructural de los futuros proyectos que se emprendan en el área.
- Documento propuesta de expediente técnico de módulos de viviendas con características técnicas acorde a los diversos tipos de suelos identificados.

1.2 Objetivo Principal

El objetivo principal de la consultoría es el desarrollo de la microzonificación sísmica en ámbitos de Pisco, San Clemente, Túpac Amaru, San Andrés y Paracas, según el área definida por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

1.3 Objetivos Complementarios

- Desarrollar el estudio de microzonificación basado en el Peligro Sísmico, la Geotecnia y la Dinámica de los Suelos en las ciudades ámbito del estudio.
- Realizar el diagnóstico de los peligros (hidrológicos, tsunamis, licuación de suelos) existentes para el ámbito de estudio y representarlos en mapas de peligros.
- Análisis de riesgo de tsunami para las costas del ámbito de estudio.
- Realizar un diagnóstico del estado de los drenajes de las zonas próximas a la costa, donde existe evidencia que los drenajes de la napa freática se hayan colmatado u obstruido.

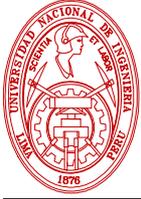


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

**CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES**



- Determinar el grado de vulnerabilidad en áreas de ocupación urbana, material de la edificación, número de pisos, sistema estructural predominante y otros. Análisis del riesgo sísmico en las ciudades involucradas en el estudio.
- Estudio de zonas de relleno de escombros (desmonte de demoliciones) y ubicación de botaderos (de construcción y residuos sólidos domésticos),
- Expediente técnico de módulos de viviendas con características técnicas que vayan de acuerdo al tipo de suelo sobre el cual se construirían.



2 ANÁLISIS DE RIESGO DE TSUNAMI PARA LAS COSTAS DEL ÁMBITO DE ESTUDIO Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

2.1 Antecedentes

2.1.1 Objetivo

Analizar el riesgo de tsunami para las aéreas costeras de Pisco, San Clemente, Túpac Amaru, San Andrés y Paracas, las que cuales define el ámbito de estudio, estimando las alturas máximas de ola y el tiempo de llegada desde el epicentro hasta la costa, a partir de un escenario sísmico más crítico y finalmente determinar las zonas susceptibles a sufrir inundación debido al tsunami.

2.1.2 Sismicidad en el Perú

El Perú está ubicado en una zona altamente sísmica, donde la principal fuente de está es la interacción de la Placa de Nazca y la Placa Suramericana, como resultado de esta interacción el Perú ha experimentado numerosos terremotos a lo largo de su historia. La Figura 1 muestra los sismos históricos alrededor del Perú con magnitudes mayores a 4, desde el año 1973 al año 2010 según la base de datos de la United States Geological Survey (USGS, disponible en la página web: [www.http://earthquake.usgs.gov](http://earthquake.usgs.gov)) esta figura muestra que la zona sísmicamente más activa en el Perú es la que corresponde a la zona sur entre Lima y Tacna donde se observa que la mayoría de los sismos tienen una profundidad focal que varía entre 0 km a 40 km, de acuerdo a su profundidad estos sismos están definidos como sismos superficiales los cuales presentan un alto potencial para la generación de tsunamis.

Por otro lado, la zona centro-sur del Perú especialmente el área que comprende desde Lima hasta Ica, estaría experimentando el fenómeno llamado Silencio Sísmico, que es la falta de eventos sísmicos de considerable magnitud en una zona sísmicamente activa, esto significa que la energía que se debería estar liberando a través de eventos sísmicos o terremotos periódicos de baja magnitud se estaría acumulando. Entonces, de acuerdo a este concepto, la probabilidad de que ocurra un sismo de gran magnitud frente a las costas sur del Perú es muy alta.

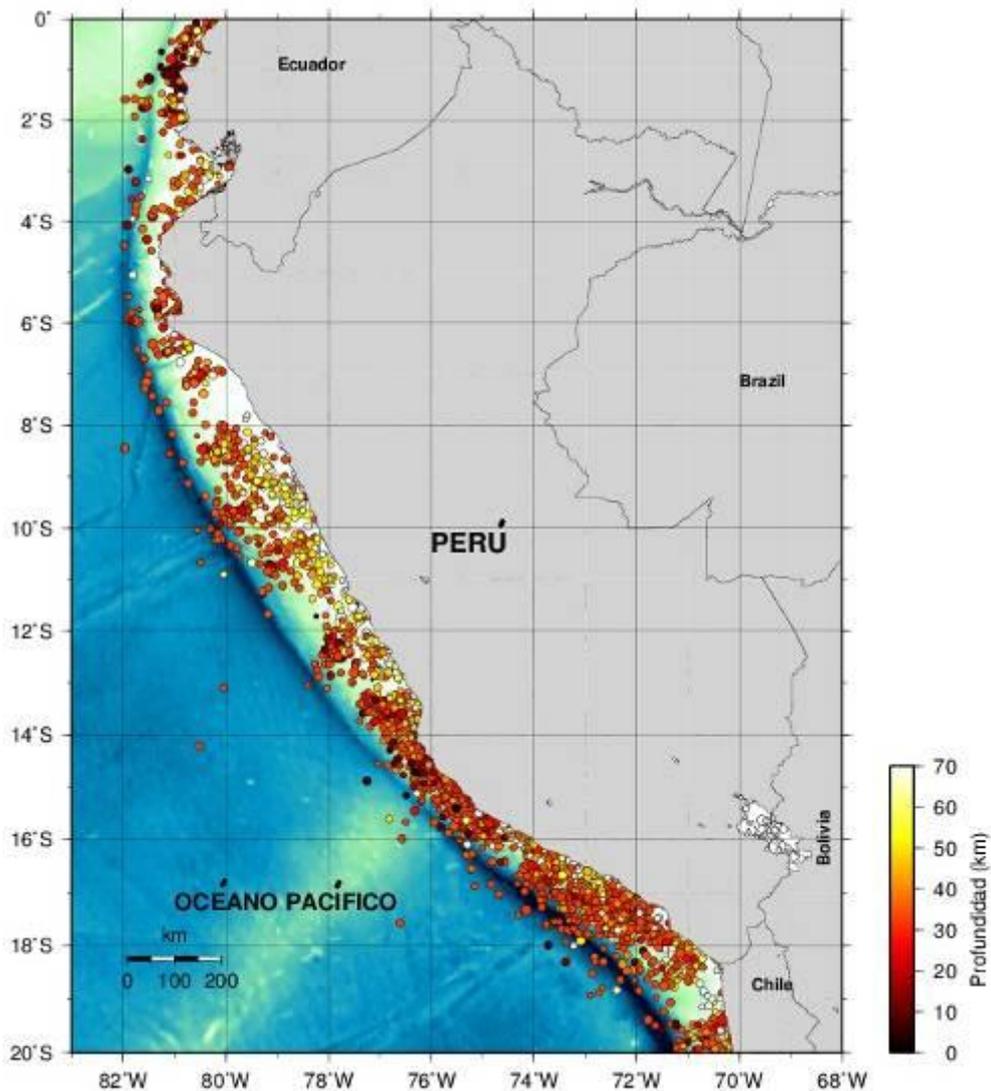
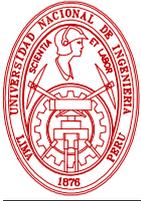


Figura 1. Sismos ocurridos en el Perú desde el año 1973 al año 2010 con magnitudes mayores a 4, base de datos USGS.

Un fundamento más analítico se puede observar en [5], donde se presenta una evaluación de los terremotos históricos de gran magnitud ocurridos en el Perú, la Figura 2 2, modificada de [5], muestra los sismos de gran magnitud o terremotos ocurridos en el Perú a lo largo del tiempo, donde las líneas continuas representan terremotos que causaron tsunamis así como la longitud aproximada del área de ruptura, mientras que las líneas punteadas representan terremotos que no produjeron tsunamis. Teniendo en cuenta que las provincias de Lima e Ica se encuentran ubicadas aproximadamente entre las latitudes 12°S y 14°S, el último terremoto de gran magnitud ocurrido en esta zona fue en 1974, lo que significa 37 años con ausencia de eventos sísmicos de gran magnitud o 37



años de energía sísmica acumulada, por lo tanto estas condiciones hacen suponer la ocurrencia de un terremoto que libere toda esta energía acumulada que estaría afectando en mayor magnitud a las provincias de Lima e Ica.

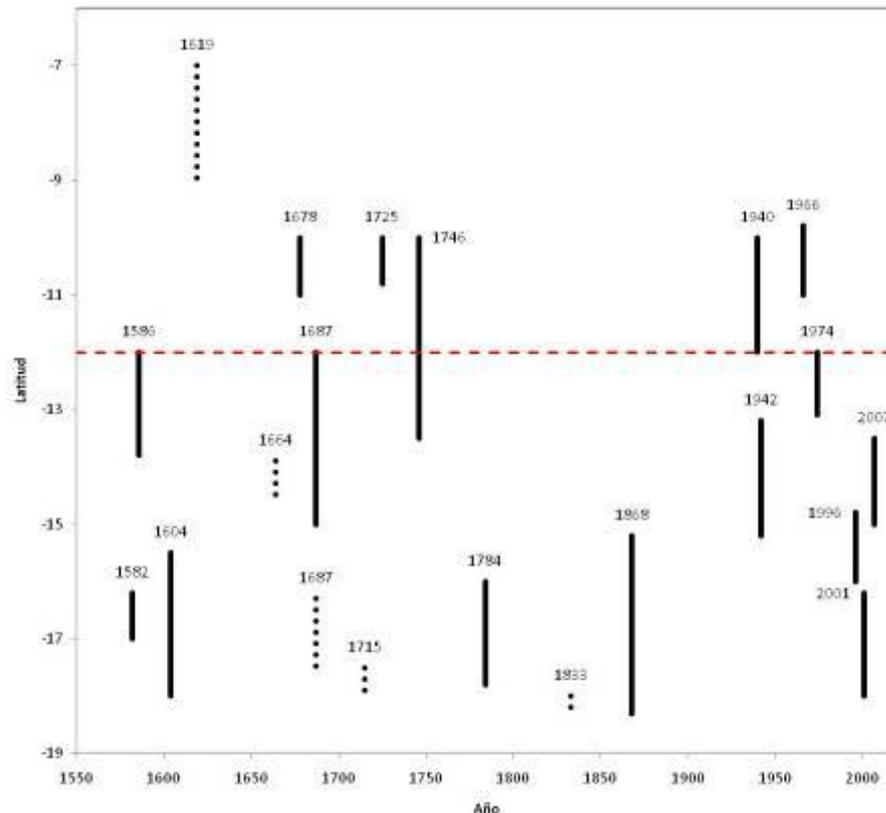


Figura 2. Zona de ruptura de los terremotos históricos ocurridos en el Perú. Las longitudes de las barras representan la longitud de ruptura, las barras con líneas punteadas representan los terremotos que no han producido tsunami y la línea roja muestra la ubicación de la Ciudad de Lima. (Figura original de [5]).

2.1.3 Tsunamis históricos en Lima

Debido su ubicación en el hemisferio terrestre el Perú ha experimentado algunos de los tsunamis más grandes que han ocurrido en el mundo, de acuerdo con la base de datos de tsunami tomada de la National Geographic Data Center (NGDC) Tsunami Database, son 4 los tsunamis de considerable magnitud que han afectado las cosas peruanas y que también han sido registrados en otros países (Tabla 1 y Figura 3).

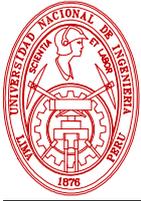


Tabla 1. Tsunamis históricos que han afectado las costas del Perú de acuerdo a NGDC Tsunami Database.

Fecha	Magnitud (M_w)	Área afectada
21/02/1996	7.5	Chimbote, Callao
12/11/1996	7.7	Chincha alta, Arica, Nazca, Marcona
23/06/2001	8.4	Camaná, Moquegua, Tacna,
15/08/2007	8.0	Nazca, Pisco, Lima

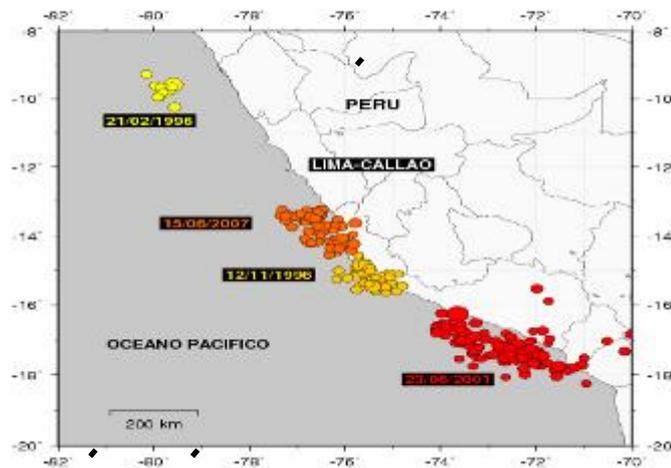
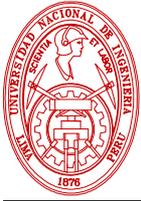


Figura 3. Ubicación de los terremotos que produjeron los cuatro tsunamis que afectaron al Perú y otros países según NGDC Tsunami Database.

Como ejemplo de los últimos tsunamis que han afectado a las costas sur de Perú están, el tsunami que ocurrió el 23 de Junio del año 2001 que fue generado por un sismo de magnitud M_w 8.4 con epicentro $16.26^{\circ}S$ $73.64^{\circ}O$. De acuerdo al reporte publicado por USGS al menos 75 personas fallecieron, donde 26 a causa del tsunami producido, 2687 personas heridas, 17510 viviendas fueron destruidas y 35549 viviendas fueron afectadas en las aéreas de Arequipa, Camaná y Tacna, por otro lado en Camaná se entrevistó a los pobladores en las cercanías a las zonas costeras afectadas, quienes manifestaron que 20 minutos después de ocurrido el sismo, arribaron a la costa una serie de olas que inundaron sus viviendas. Otro ejemplo más reciente es el tsunami que ocurrió el 15 de Agosto del año 2007, donde las áreas costeras de Chincha y Paracas fueron las más afectadas, según el reporte de Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN), las olas alcanzaron alturas máximas



de inundación (run-up) de hasta 2.91m y distancias de 102.7m. (¡Error! No se encuentra el rigen de la referencia.).



Figura 4. La erosión producto del tsunami del 23 de Junio del año 2001 en la playa la Punta-Camaná, la altura máxima de ola en esta zona fue hasta de 7.5m (izquierda) [2]. Un bote pesquero arrastrado 1.3km en la zona donde la inundación llegó a 2km producto del tsunami del 15 de Agosto de 2007 (derecha) [3].

2.1.4 *Ámbito de Estudio*

El ámbito de estudio para análisis de amenaza frente a tsunami cubre las zonas costeras de los distritos de San Clemente, Pisco, San Andrés y Paracas, teniendo como límite por el norte la zona sur de Lima y por el sur el área que corresponde a la reserva natural de Paracas, exclusivamente en lo que corresponde a las áreas que se determinen como zonas inundables. EL ámbito de estudio para el análisis de amenaza frente a tsunami es mostrado en la Figura 5.

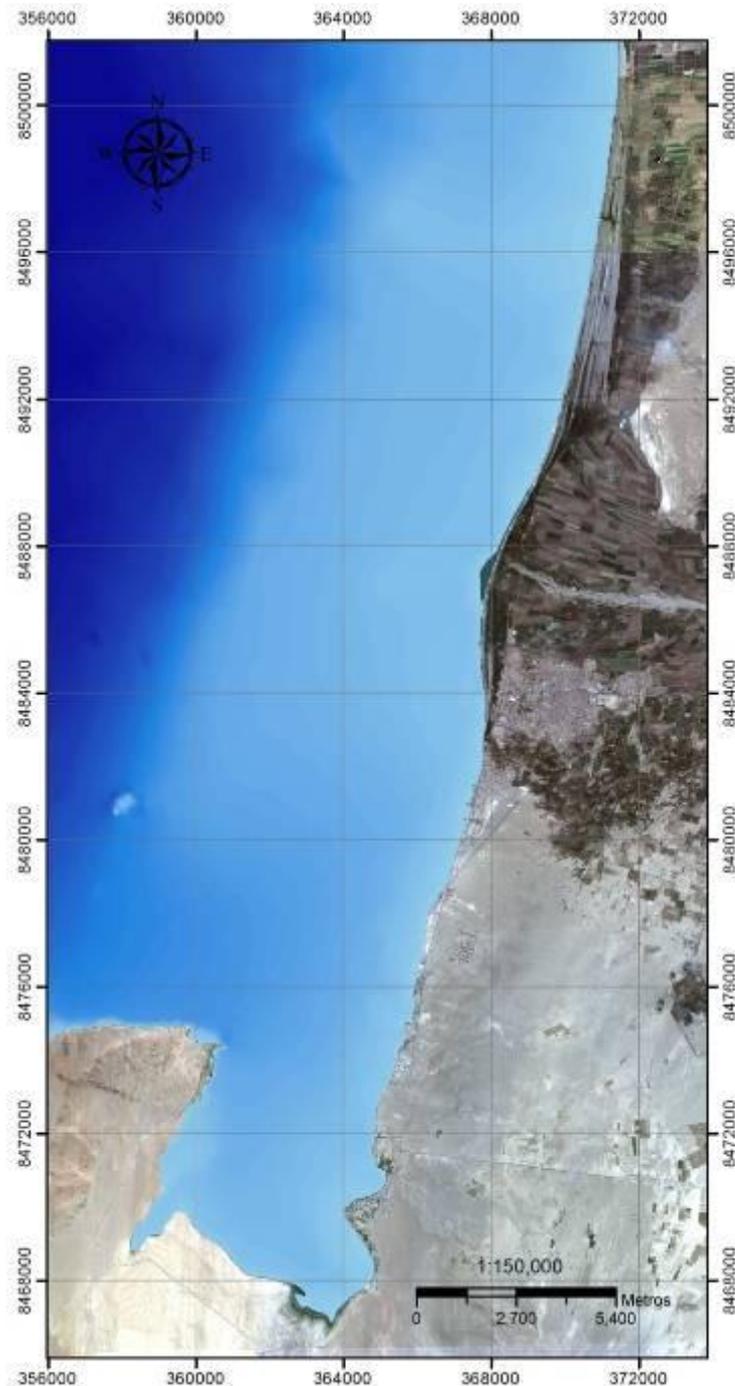


Figura 5. **Ámbito de estudio para el análisis de la amenaza frente a tsunami.**

Las áreas costeras correspondientes a los distritos de San Clemente, Pisco, San Andrés y la zona norte de Paracas, presentan predominantemente una superficie topográfica regular de baja pendiente que se extiende aproximadamente 2 km tierra adentro desde la línea de



costa, con la presencia de dos aéreas donde terreno se eleva hasta unos 80 m.s.n.m, como se muestra en la Figura 5. Las aéreas pobladas de edificación presentes en el ámbito de estudio son principalmente el distrito de Pisco, ubicada en la zona central del ámbito de estudio con aproximadamente 7 km de extensión a lo largo de la línea de costa y el balneario de Paracas, ubicada en la zona sur del ámbito de estudio con una línea de costa en forma de bahía que se extiende aproximadamente 5 km. El resto del área costera en el ámbito de estudio está conformado principalmente por playas y pequeñas caletas para la pesca artesanal.

2.2 Procedimiento de Análisis

En este estudio para determinar la amenaza frente a tsunami para ámbito de estudio, se realiza una revisión de la sismicidad histórica con el fin de determinar el escenario sísmico más crítico. Con esta información se establecen los parámetros de la fuente sísmica para calcular la deformación inicial de la superficie del océano la cual corresponde a la fase de deformación. Seguidamente, se realiza la simulación numérica del tsunami que correspondiente a la fase de propagación y la fase de inundación. Como resultado de este análisis se obtendrían el tiempo de arribo de la primera ola y las alturas máximas de estas en la línea de costa del ámbito de estudio. Estos modelos numéricos se basan principalmente en dos teorías, la primera es la deformación estática del fondo marino debido a un fallamiento de subducción de las placas tectónicas y la teoría de aguas poco profundas. Con el análisis de los resultados estos modelos numéricos se proponen mapas de inundación para el área costera del ámbito de estudio y la estadística de las zonas urbanas afectadas por el tsunami.

2.3 Consideraciones Teóricas

2.3.1 Conceptos Básicos

➤ Tsunami

Un tsunami es generado por perturbaciones de un volumen de agua en el mar, asociadas en la mayoría de los casos, con la ocurrencia de violentos sismos cuyos epicentros están en el lecho del océano o cerca de él. En el caso que un tsunami sea producido por un terremoto, éste producirá un levantamiento o hundimiento abrupto de un gran sector del fondo marino, lo que generará desplazamientos verticales repentinos de grandes volúmenes de agua. Esta alteración del nivel del mar, posteriormente al tender al equilibrio, generará una serie de ondas en todas direcciones a través del océano.

Existen otros tipos de perturbaciones del fondo del mar causadas por erupciones volcánicas, derrumbes o avalanchas submarinas y derrumbes costeros, los cuales podrían transmitir energía al océano y de esta forma generar ondas de tsunami. De todos estos fenómenos, los más frecuentes en nuestro país, son los sismos submarinos, y por lo demás, son los únicos que provocan extensos desplazamientos del fondo del mar, lo que se traduce en una mayor energía cinética en el tsunami generado. Por esta razón, los



efectos de este último tipo de tsunami son los más espectaculares y catastróficos, ya que ellos afectan a extensas áreas costeras.

➤ Tipos de Tsunami

Según la distancia desde el punto de generación a la zona de interés, se tienen dos tipos de tsunami:

- Tsunami Local o Regional., Mucho de los más destructivos y frecuentes tsunamis pueden ser clasificados con locales o regionales, es decir que sus efectos destructivos se limitan a las áreas costeras cercanas a la fuente y a 100 Km de distancia desde la fuente generadora. Este tipo de tsunamis es generado usualmente por sismos. Entre 1975 y 2009 han ocurrido 34 tsunamis locales o regionales, donde 23 ocurrieron en el Océano Pacífico y mares adyacentes y resultaron en numerosas pérdidas de vidas humanas y daños materiales.
- Teletsunamis o Tsunamis distantes. Tsunami originado por una fuente distante, generalmente a distancias de más de 1,000 km y a más de 3 horas de tiempo de viaje de las ondas de tsunami desde su origen. Mucho menos frecuentes, pero con un potencial de amenaza más alto que los locales o regionales son los tsunamis distantes que afectan toda la cuenca del Pacífico. Normalmente empiezan como un tsunami local que causa destrucción extensa cerca de la fuente, estas ondas continúan viajando por toda la cuenca del océano con energía suficiente para causar víctimas adicionales y destrucción en las costas ubicadas a más de mil kilómetros de la fuente.

➤ Características

Las características comunes a las ondas son aplicables a las presentadas por las olas pertenecientes a un tsunami. Estas características son:

- Período, tiempo que sucede entre el paso de dos ondas sucesivas.
- Longitud de Onda, distancia entre dos crestas sucesivas.
- Altura de Onda, distancia vertical entre el seno o valle y la cresta.

2.3.2 Teoría de Aguas Poco Profundas

Para el modelamiento numérico de tsunamis se usa la teoría de aguas poco profundas, esta teoría considera que la profundidad característica es mucho menor que la longitud de onda de las olas en el mar, teniendo en cuenta esta asunción y considerando el agua de mar como un fluido incompresible de densidad ρ la ecuación de continuidad (Eq. 3.1) y las ecuaciones de cantidad de movimiento (Eq. 3.2 y Eq. 3.3) describe cómo las velocidad y la presión de un fluido en movimiento están relacionadas. Estas ecuaciones son resueltas Imamura (1995 referencia [4]). Las dos básicas expresiones son mostradas a continuación. La ecuación de continuidad puede ser expresada como:



$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (3.1)$$

Donde,

η : amplitud de la onda
 M y N : flujo de descarga en las direcciones x y y ,
 t : tiempo,

La ecuación de momento incluyendo la fricción en el fondo puede ser expresada como:

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) = -gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} \quad (3.2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) = -gD \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} \quad (3.3)$$

$$M = \int_{-h}^{\eta} u dz = \bar{u} (\eta + h) \quad (3.4)$$

$$N = \int_{-h}^{\eta} v dz = \bar{v} (\eta + h) \quad (3.5)$$

$$D = \eta + h \quad (3.6)$$

Donde,

$\frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2}$, $\frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2}$: Fricción en el fondo de océano,

D : profundidad total del océano
 n : coeficiente de rugosidad de Manning
 u y v : vector de velocidad en las direcciones x e y
 \bar{u} y \bar{v} : velocidad promedio en las direcciones x e y
 g : aceleración de la gravedad
 h : profundidad del mar

La estabilidad numérica es definida como el tiempo que asegura que la velocidad de propagación numérica no exceda a la velocidad de propagación del medio físico o velocidad del tsunami, esta condición se define con la ecuación Eq. 3.7.

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{\sqrt{2gh_{\max}}} \quad (3.7)$$

Donde,

- Δt : intervalo de tiempo para la simulación,
- Δx : resolución espacial de la batimetría,
- g : aceleración de la gravedad.

2.3.3 *Parámetros de Fuente Sísmica*

La fuente sísmica del evento para el cálculo de la deformación del fondo marino la cual es asumida como condición inicial del tsunami o conocida también como la deformación inicial de la superficie del océano, puede describirse teóricamente usando nueve parámetros los cuales son mostrados en la Figura 6.

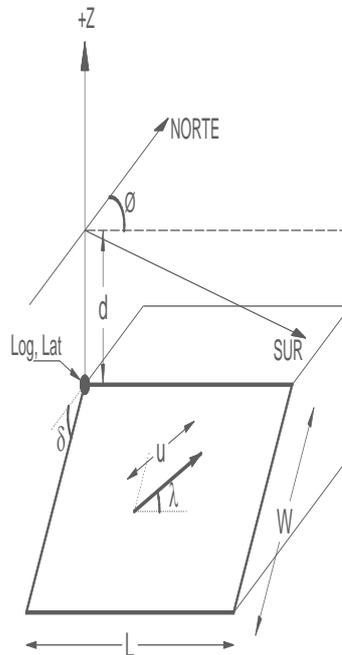


Figura 6. Parámetros de fuente sísmica para la generación de la condición inicial del tsunami.



Donde,

Log, Lat : Ubicación en el plano de la esquina superior izquierda del área de la falla,
 d : Profundidad de la esquina superior izquierda del área de la falla,
 L : Longitud del área de la falla,
 W : Ancho del área de la falla,
 Φ : Dirección (Azimut) de la falla,
 λ : Ángulo de deslizamiento,
 δ : Ángulo de inmersión de la falla,
 u : Dislocación,

2.4 Escenario Sísmico

En este estudio el escenario sísmico para la generación del tsunami se basa en el análisis de la información histórica sísmica del Perú desde 1973 hasta 2010 (ver Figura 1). Los parámetros sísmicos utilizados para el modelamiento numérico se describen a continuación.

2.4.1 Magnitud

De lo discutido en el punto 1.2, se esperaría un evento sísmico de gran magnitud que afectaría la zona centro-sur del Perú, principalmente los departamentos de Lima e Ica. Considerando el previo análisis, en el presente estudio se asumen un probable escenario sísmico con una magnitud de $M_w 8.5$, este escenario estaría dentro de nuestra realidad sísmica. Por ejemplo, el ultimo evento de considerable magnitud el del 15 de agosto, 2007 que de acuerdo con USGS en zona sur del Perú ocurrió un terremoto de $M_w 8.0$ que afecto las zonas costeras de Pisco, Chincha, Tambo de Mora y Paracas, por otro lado, haciendo referencia a Dorbath (1990)^[5], donde se hace una evaluación de los sismos históricos de gran magnitud que han afectado al Perú, describe que en 1746 ocurrió un terremoto de $M_w 8.6$ en la zona centro-sur del Perú y en 1868 ocurrió un terremoto de $M_w 8.8$ en la zona sur del Perú, como se mostro anteriormente en la Figura 2.

2.4.2 Ubicación del Epicentro

La Figura 7 (parte superior) muestra la sismicidad histórica entre la zona sur de Lima y el departamento de Ica así mismo el epicentro del evento sísmico que es usado como escenario para el presente estudio, la ubicación del epicentro se fija siguiendo el área de mayor densidad en la distribución de los sismos históricos ocurridos frente a la costa del ámbito de estudio (parte superior de la Figura 7), de acuerdo a este análisis la ubicación escogida del epicentro es: Latitud $13.50^\circ S$ y Longitud $76.75^\circ W$.

2.4.3 Profundidad Epicentral

La profundidad epicentral es asumida siguiendo la tendencia de los eventos históricos, analizando la profundidad de los sismos históricos alrededor del ámbito de estudio (parte inferior izquierda de la Figura 7) y al número de sismos ocurridos según la profundidad

(figura inferior derecha de la Figura 7) la profundidad epicentral probable es asumida igual a 25 Km por debajo de la superficie del fondo del océano.

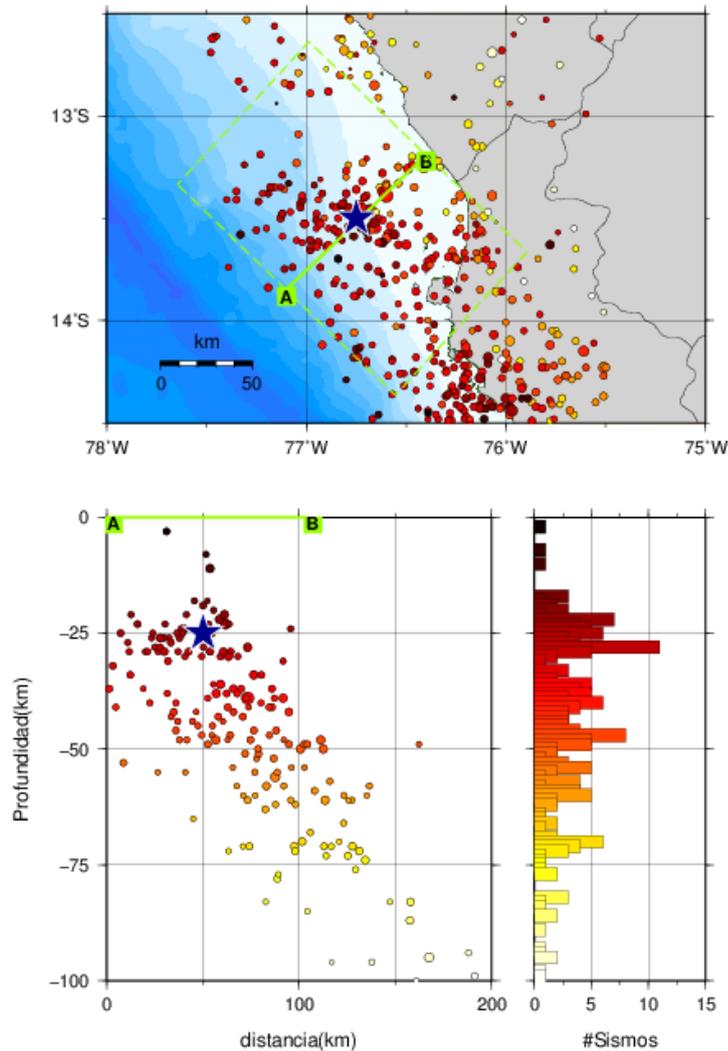


Figura 7. Sismicidad alrededor de los departamento de Lima e Ica (parte superior), sección transversal a lo largo del eje AB (parte inferior izquierda) y número de eventos sísmicos en la sección transversal AB (parte inferior derecha).

El ángulo de inmersión de la fuente sísmica es fijado en 22° , este valor sigue aproximadamente el ángulo de inmersión de la fosa de la Nazca, que en la zona frente a las costas del departamento de Ica varía aproximadamente entre 16° y 24° , esto último se

puede observar en la sección transversal AB (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). La dirección o azimut de la fuente sísmica es fijado de acuerdo a la dirección de la fosa de Nazca, que en la zona de estudio varía aproximadamente entre 310° y 320° , el ángulo de deslizamiento de la fuente sísmica es fijado en 90° esto corresponde a la falla inversa de ángulo crítico entre la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana.

2.5 *Análisis del Tsunami para el Ámbito de Estudio*

2.5.1 *Fase de la Deformación Inicial de la Superficie del Océano*

El área de la falla y el deslizamiento son calculados usando las relaciones propuestas por Papazacho y colaboradores 2004, donde se estudia la relación entre los parámetros de fuente sísmica y la magnitud del correspondiente evento sísmico.

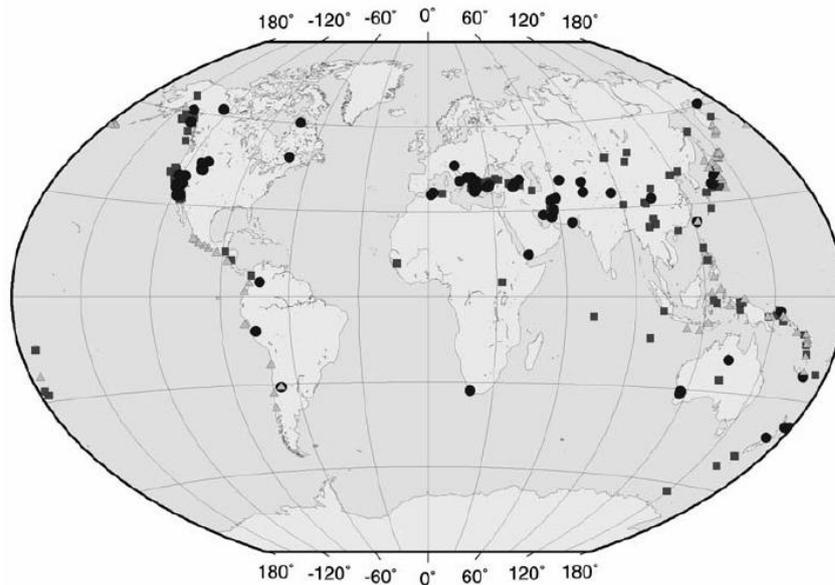


Figura 8. Mapa índice de los epicentros de los terremotos usados por Papazacho y colaboradores 2004. Rectángulos, círculos y triángulos muestran los terremotos con fallamiento de rumbo, fallamiento en pendiente en áreas continentales y fallamiento en pendiente en zonas de subducción.

Ellos analizaron los datos de parámetros sísmicos más confiables disponibles, producidos por otros investigadores en todo el mundo, y propusieron relaciones empíricas (Eq. 5.1, Eq. 5.2 y Eq. 5.3) para las fallas sísmicas de tipo pendiente en zonas de subducción. Estas relaciones pueden aplicar para los sismos que se generan frente a la costa peruano por ser producto del movimiento de subducción de la Placa de Nazca debajo la Placa sudamericana (Falla inversa tipo pendiente). La Figura 8 muestra la ubicación de los datos usados por Papazacho y colaboradores 2004.



$$\log L = 0.55M - 2.19 \quad (6.7 \leq M \leq 9.3) \quad (5.1)$$

$$\log W = 0.31M - 0.63 \quad (6.7 \leq M \leq 9.3) \quad (5.2)$$

$$\log u = 0.64M - 2.78 \quad (6.7 \leq M \leq 9.3) \quad (5.3)$$

Donde:

- L : Longitud de la falla en km,
W : Ancho de la falla en km,
u : Desplazamiento de la falla en cm,
M : Magnitud de momento del terremoto,

Los parámetros de fuente sísmica para este estudio, calculados usando las Eq. 5.1, Eq. 5.2 y Eq. 5.3, son mostrados en la Figura 6.

En la simulación numérica de las fases de propagación e inundación del tsunami, la línea costera es redefinida de acuerdo a la condición inicial del tsunami (Figura 9). Esto significa, de acuerdo a nuestro análisis, que el nivel de la marea en la costa estaría descendiendo o común mente llamado “el retroceso del mar”, como condición inicial del tsunami y como una señal de alerta a la venida del tsunami. Adicionalmente se observa que la deformación inicial tiene un valor máximo aproximado de 2.9 m (deformación vertical positiva) y un deformación negativa de 0.75 m (hundimiento vertical).

El desplazamiento inicial de la superficie del océano o condición inicial del tsunami es determinado calculando la deformación de la estructura del fondo del océano basado en relaciones propuestas en Okada, 1985. En este artículo se proponen ecuaciones para el cálculo del desplazamiento, esfuerzos e inclinación productos de la dislocación que sufre la estructura del fondo del océano durante un evento sísmico. Estas ecuaciones se basan en estudios previos, en un modelo realístico de la estructura de la tierra. Estos previos estudios revelan que el efecto de la curvatura de la tierra es depreciable para eventos a poca profundidad y a distancias menores a 20°, pero las capas verticales pueden algunas veces causar considerables efectos en los campos de deformación.

Entonces, el desplazamiento $u_i(x_1, x_2, x_3)$ debido a la dislocación $\Delta u_j(\xi_1, \xi_2, \xi_3)$ a través de la superficie Σ en un medio isotrópico es dado por:

$$u_i = \frac{1}{F} \iint_{\Sigma} \Delta u_j \left[\lambda \delta_{jk} \frac{\partial u_i^n}{\partial \xi_n} + \mu \left(\frac{\partial u_i^j}{\partial \xi_k} + \frac{\partial u_i^k}{\partial \xi_j} \right) \right] v_k d \Sigma \quad (5.4)$$

Donde:



δ_{jk} : Kronecker delta,

λ y μ : Constantes de Lamé,

v_k : Dirección coseno de la normal al elemento de superficie $d\Sigma$,

u_i^j : Componente "i" del desplazamiento en el punto (x_1, x_2, x_3) debido a la fuerza de magnitud "F" en la dirección "j" en (ξ_1, ξ_2, ξ_3) ,

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Figura 9 muestra el resultado de la condición inicial del tsunami para el escenario sísmico, calculado usando las ecuaciones Eq. 5.1, Eq. 5.2, Eq. 5.3 y Eq. 5.4 y con los datos de entrada mostrados en la Tabla 2. Donde las líneas rojas continuas representan el desplazamiento vertical positivo (levantamiento) y las líneas azules punteadas representan el desplazamiento vertical negativo (hundimiento), ambas dibujadas a cada metro de elevación o hundimiento vertical.

En la simulación numérica de las fases de propagación e inundación del tsunami, la línea costera es redefinida de acuerdo a la condición inicial del tsunami (Figura 9). Esto significa, de acuerdo a nuestro análisis, que el nivel de la marea en la costa estaría descendiendo o comúnmente llamado "el retroceso del mar", como condición inicial del tsunami y como una señal de alerta a la venida del tsunami. Adicionalmente se observa que la deformación inicial tiene un valor máximo aproximado de 2.9 m (deformación vertical positiva) y un hundimiento negativo de 0.75 m (hundimiento vertical).

Tabla 2. Parámetros de fuente sísmica para el cálculo de la deformación inicial de la superficie del océano, definidos en la Figura 5.

Parámetro (M_w 8.5)	
Longitud	-76.75°
Latitud	-13.50°
Profundidad	25 km
Longitud	324 km
Ancho	101 km
Dirección (Azimut)	324°
Ángulo de Inmersión	22°
Ángulo de deslizamiento	90°
Dislocación	4.6 m

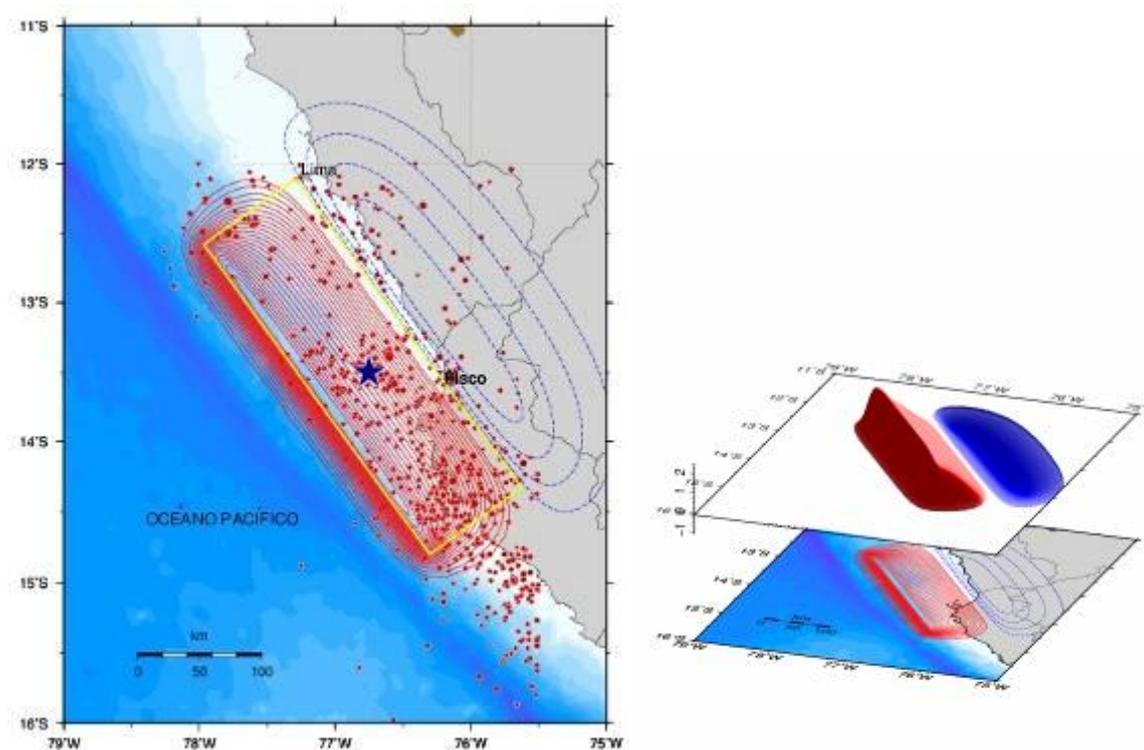


Figura 9. Deformación inicial de la superficie del océano para el sismo de Mw 8.5. Los puntos rojos representan la sismicidad histórica. La estrella en color azul muestra la ubicación del epicentro.

2.5.2 Fase de la Propagación e Inundación del Tsunami

La simulación numérica del tsunami es realizada usando TUNAMI-N2 (Tohoku University's Numerical Analysis Model for Investigation of Near-field Tsunami No.2) el código fuente está basado en la teoría de aguas poco profundas y fue desarrollado por el Disaster Control Research Center (DCRC – Tohoku University, Japan).

Para la simulación del tsunami la batimetría fue tomada de General Bathymetric Chart of the Ocean (GEBCO) con una resolución espacial de 30 segundos de arco, que para nuestra ubicación geográfica es aproximadamente 900 m y la batimetría proporcionada por DHN con una resolución espacial de 30 m la cual fue interpolada a 15 m en todo el ámbito de estudio. El tiempo total de simulación es de 3 horas (180 minutos) y el intervalo de tiempo para la simulación, con el fin de satisfacer la estabilidad numérica, es de 1 segundo. Los detalles sobre la configuración del modelo numérico y los arreglos en los dominios de cómputo son descritos con mayor detalle en [11].

Las Figura 10, Figura 11, Figura 12, Figura 13 y Figura 14 muestran las capturas instantáneas de la propagación para los tiempos 0, 30, 60, 90, 120 minutos. Estas figuras

muestran en la parte izquierda la fase de propagación del tsunami y en la parte derecha la fase de inundación. Donde las zonas en color rojo indican la deformación vertical positiva y las zonas en color azul la deformación vertical negativa de la superficie del mar.

Las Figura 10 muestra la captura instantánea del modelamiento a los 0 minutos de iniciado el proceso, en la parte izquierda (a) se observa la fase de propagación del tsunami la cual corresponde a la condición inicial de la superficie del océano después de ocurrido el evento sísmico y en la parte derecha (b) la fase de inundación para el minuto 0, En (b) se observa que de acuerdo al escenario sísmico asumido el balneario y la península de Paracas presentan un incremento del nivel de mar en sus costas (zona roja de deformación), esto estaría indicando que para esas zonas costeras el retiro del mar (disminución del nivel del mar) no estarían indicando el ataque del tsunami.

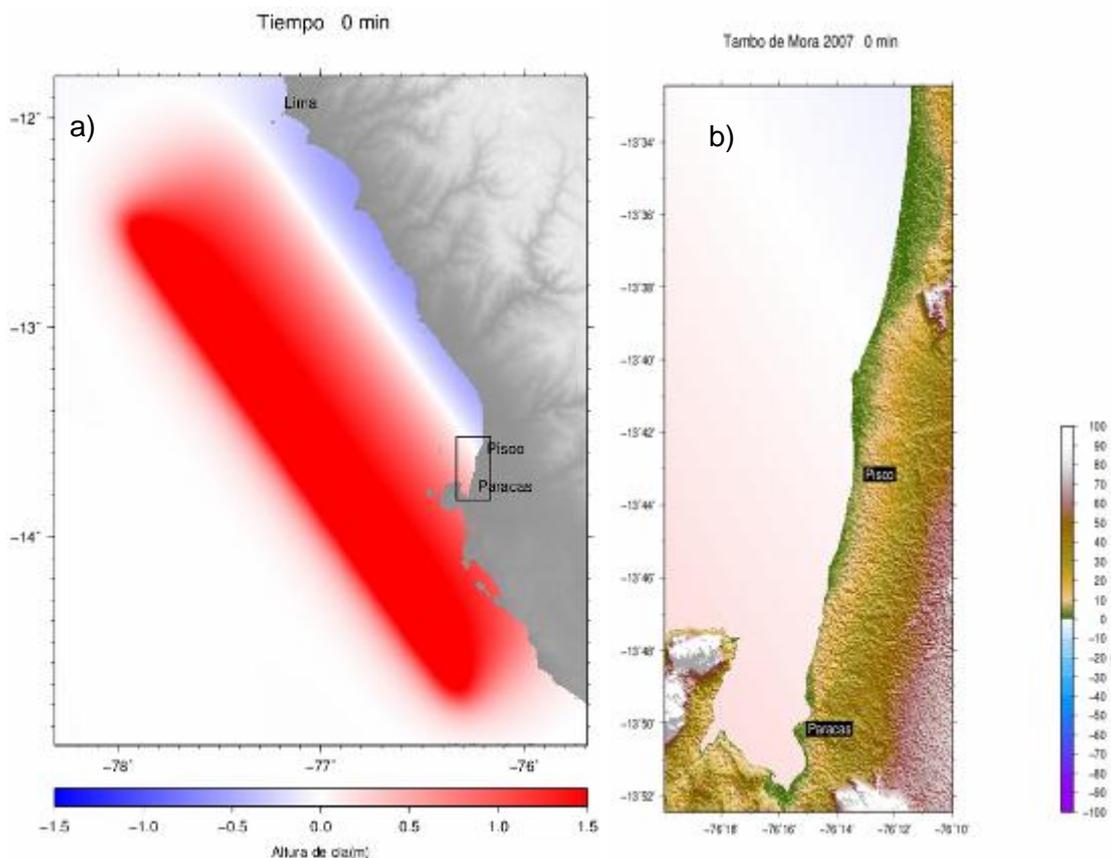


Figura 10. Capturas instantáneas de la propagación del tsunami, donde el color rojo representa el desplazamiento vertical positivo y el color azul desplazamiento vertical negativo de la superficie del mar para el escenario Mw 8.5 y en el minuto 0.

Las Figura 11 muestra la captura instantánea del modelamiento numérico a los 30 minutos de iniciado el evento, en la parte izquierda (a) se observa la fase de propagación del tsunami la cual muestra la propagación de la deformación en todas las dirección, resaltando el área en color rojo que se dirige hacia la costa, está es la primera ola del tsunami que atacaría las zonas costeras. En la parte derecha (b) se observa la fase de inundación para el tiempo 30 minutos, en (b) se observa como el nivel del mar a lo largo de la línea de costa del ámbito de estudio se esta incrementando incrementado repentinamente a la llegada de la primera ola del tsunami.

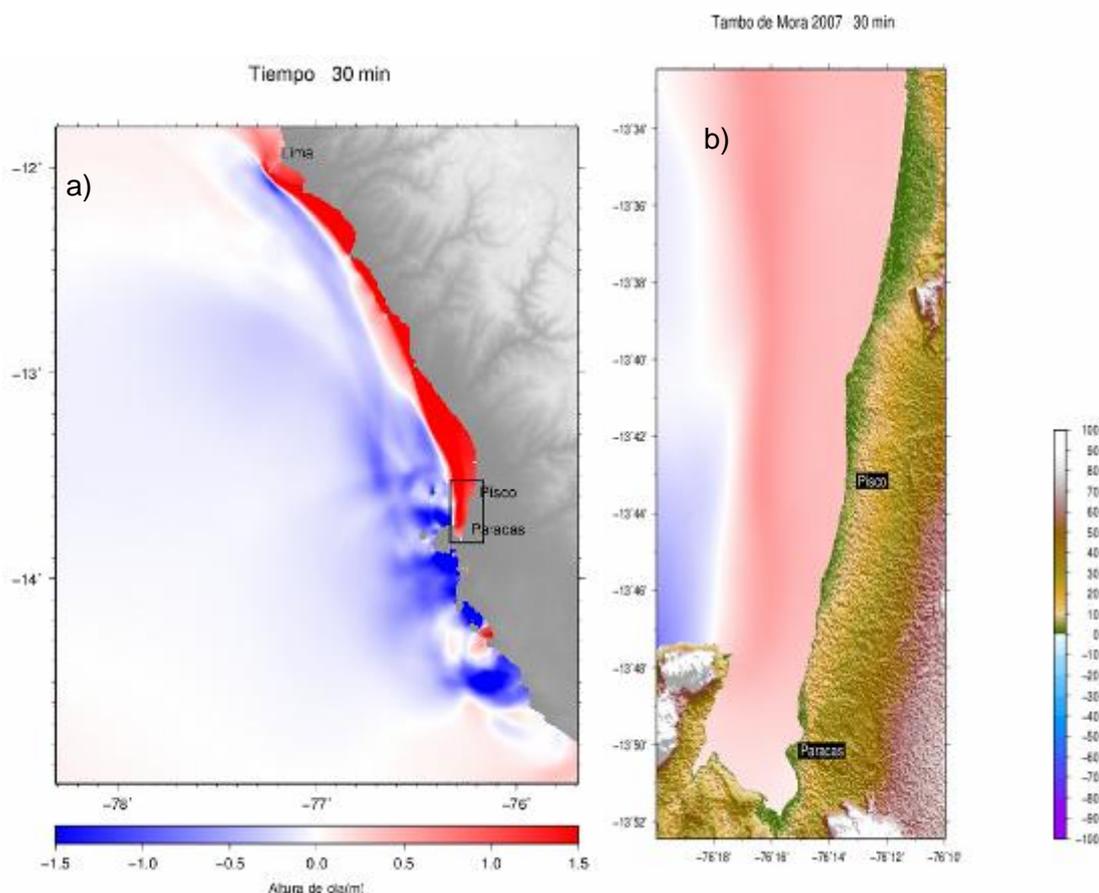


Figura 11. Capturas instantáneas de la propagación del tsunami, donde el color rojo representa el desplazamiento vertical positivo y el color azul desplazamiento vertical negativo de la superficie del mar para el escenario Mw 8.5 y en el minuto 30.

Las Figura 12 muestra la captura instantánea del modelamiento a los 60 minutos o la primera 1 hora después de ocurrido el evento sísmico, en la parte izquierda (a) se observa la fase de propagación del tsunami la cual presenta una gran propagación de las olas después de la deformación inicial, resaltando el área en color azul que se dirige hacia la

costa, está indica una disminución en el nivel de mal después del ataque de la primera ola. En la parte derecha (b) muestra las primeras áreas inundadas, resaltando la zona al norte de la ciudad de Pisco, lo sería el área costera del distrito de San Clemente, está área inundada se extiende aproximadamente 500 m desde la línea de costa. Además, en (b) se puede observar la próxima llegada de la segunda ola del tsunami.

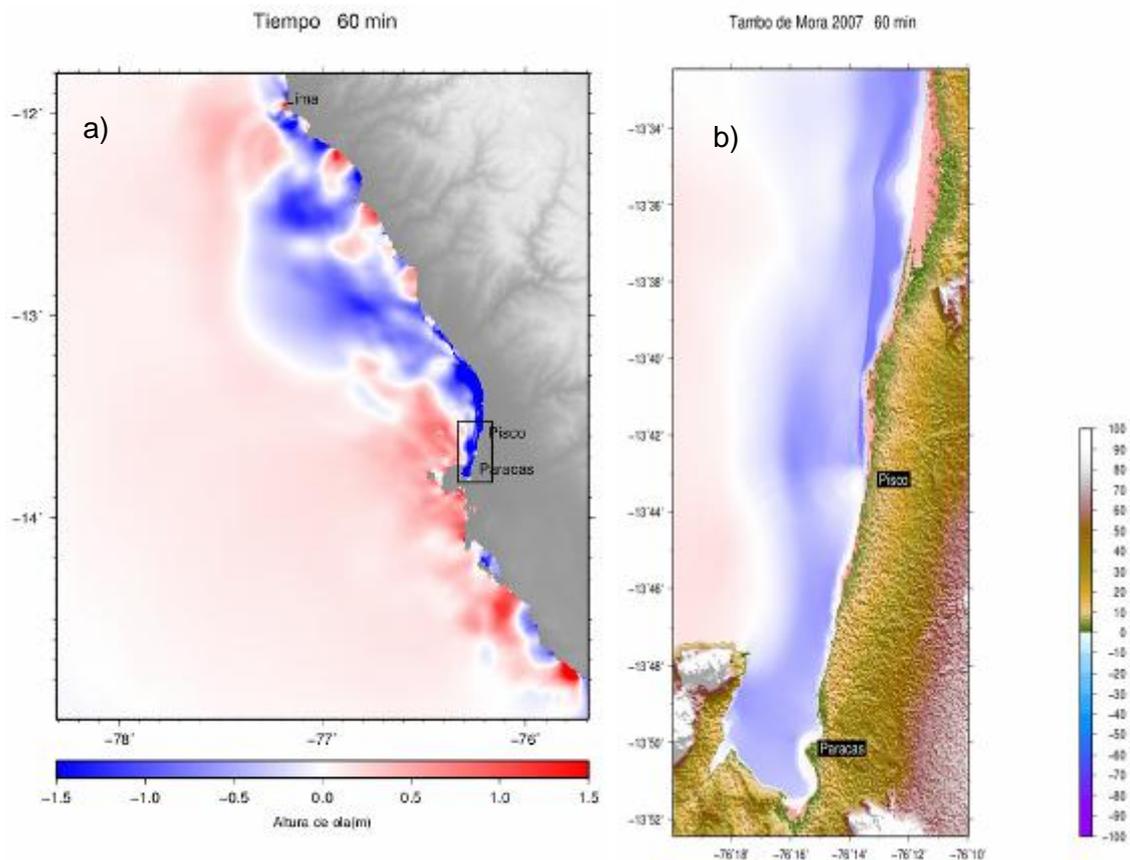


Figura 12. Capturas instantáneas de la propagación del tsunami, donde el color rojo representa el desplazamiento vertical positivo y el color azul desplazamiento vertical negativo de la superficie del mar para el escenario Mw 8.5 y en el minuto 60.

Las Figura 13 muestra la captura instantánea del modelamiento a los 90 minutos de iniciado el proceso, en la parte izquierda (a) se observa la fase de propagación del tsunami la cual presenta la superficie del mar completamente distorsionada. En la parte derecha (b) se observa la fase de inundación para el tiempo 90 minutos, (b) muestra que la zona de la ciudad de Pisco y el balneario de Paracas presentan un nivel de inundación

aproximadamente de 1 m además se observa que el mar continua aun embravecido después del tiempo transcurrido lo cual estaría indicando el ataque de una tercera ola.

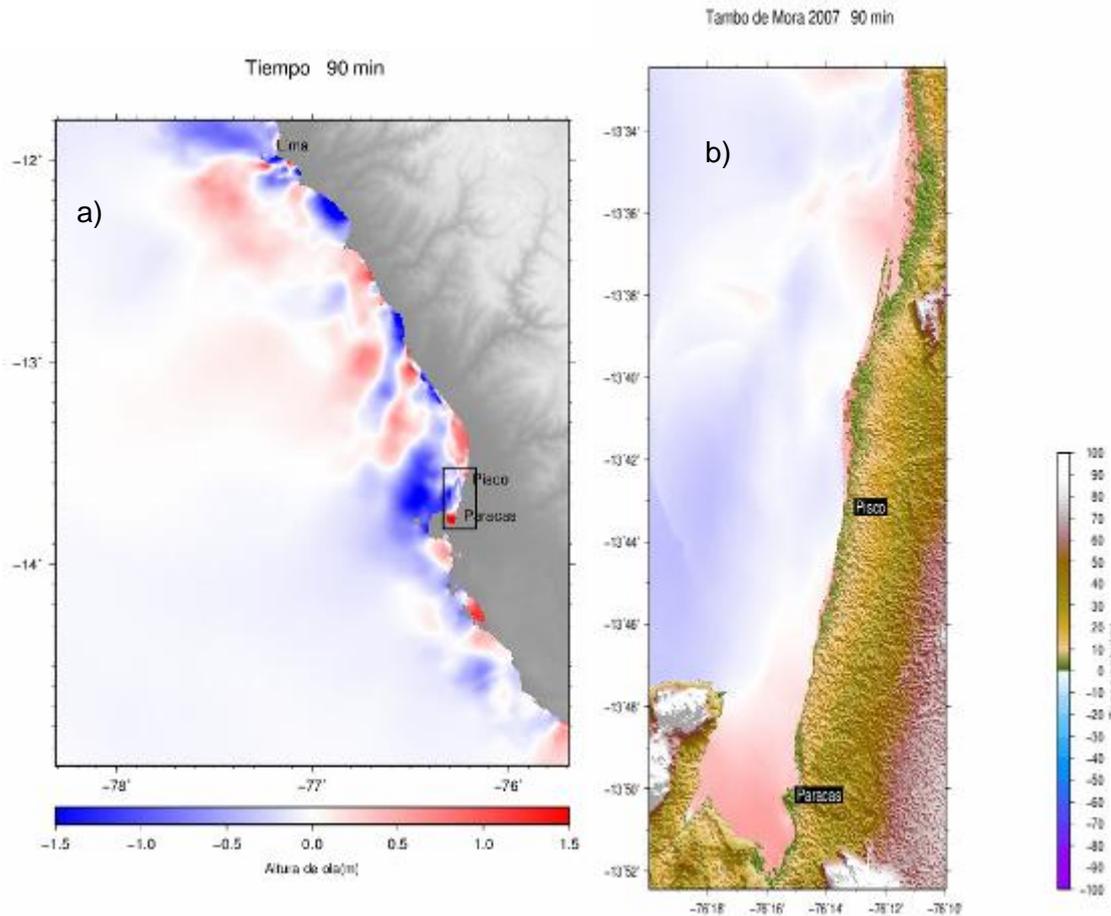


Figura 13. Capturas instantáneas de la propagación del tsunami, donde el color rojo representa el desplazamiento vertical positivo y el color azul desplazamiento vertical negativo de la superficie del mar para el escenario Mw 8.5 y en el minuto 90.

Las Figura 14 muestra la captura instantánea del modelamiento a los 120 minutos o 2 horas después de iniciado el proceso, en la parte izquierda (a) se observa la fase de propagación del tsunami en la cual se puede apreciar que el mar aun continua embravecido, resaltando en área en color rojo que se dirige hacia la costa, esta sería la tercera ola del tsunami que atacaría la costa. En la parte derecha (b) se observa la fase de inundación después de 2 horas de ocurrido el evento sísmico, en (b) se observa como el nivel de inundación en el ámbito de estudio ha incrementado principalmente en la zona de Pisco, la bahía de Paracas y al sur de está, además se puede apreciar claramente la

llegada de la tercera ola del tsunami la cual produciría un incremento aun mayor en el nivel de inundación.

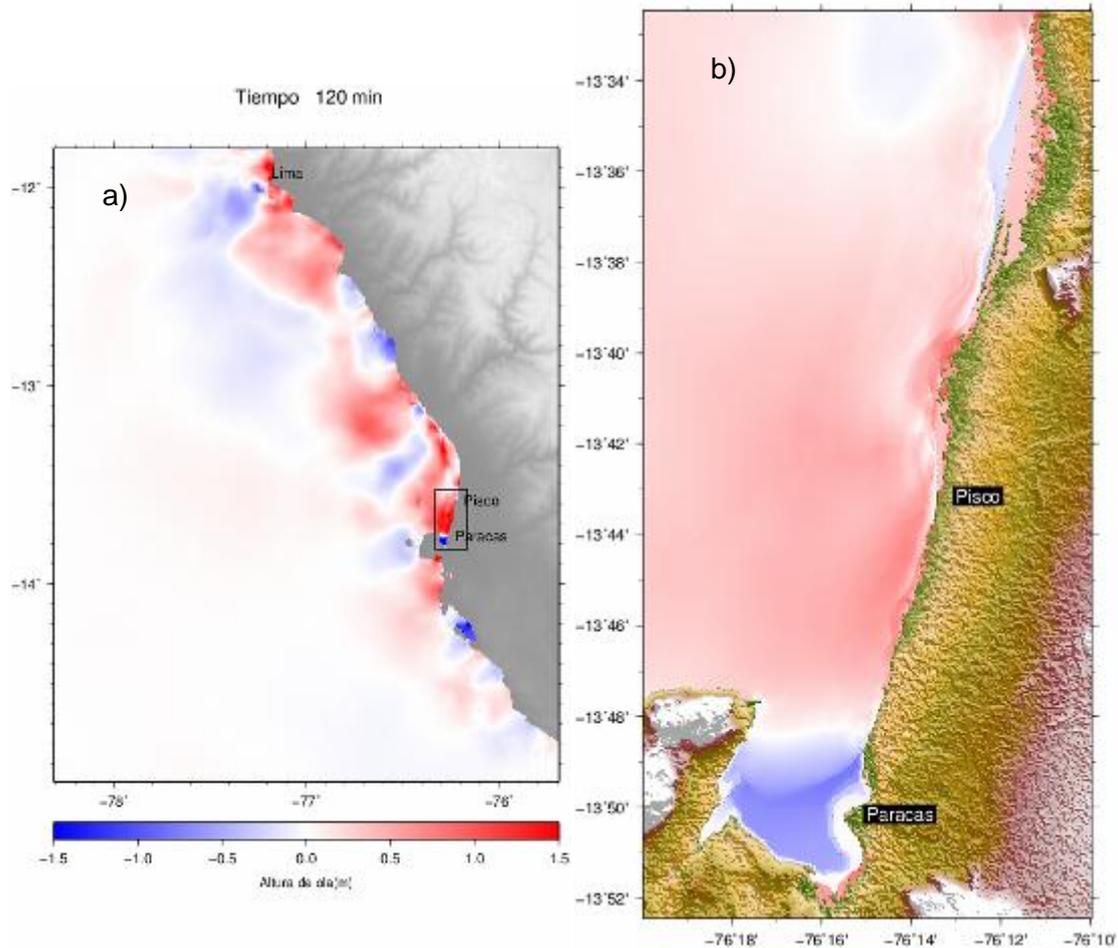


Figura 14. Capturas instantáneas de la propagación del tsunami, donde el color rojo representa el desplazamiento vertical positivo y el color azul desplazamiento vertical negativo de la superficie del mar para el escenario Mw 8.5 y en el minuto 120.

La Figura 15 muestra el resultado final del modelamiento numérico del tsunami donde se observa que la máxima inundación (a) en el ámbito de estudio es aproximadamente 3.5 m. Adicionalmente se muestra la distribución de las alturas máximas de ola registradas en la línea de costa a lo largo del ámbito de estudio (b)

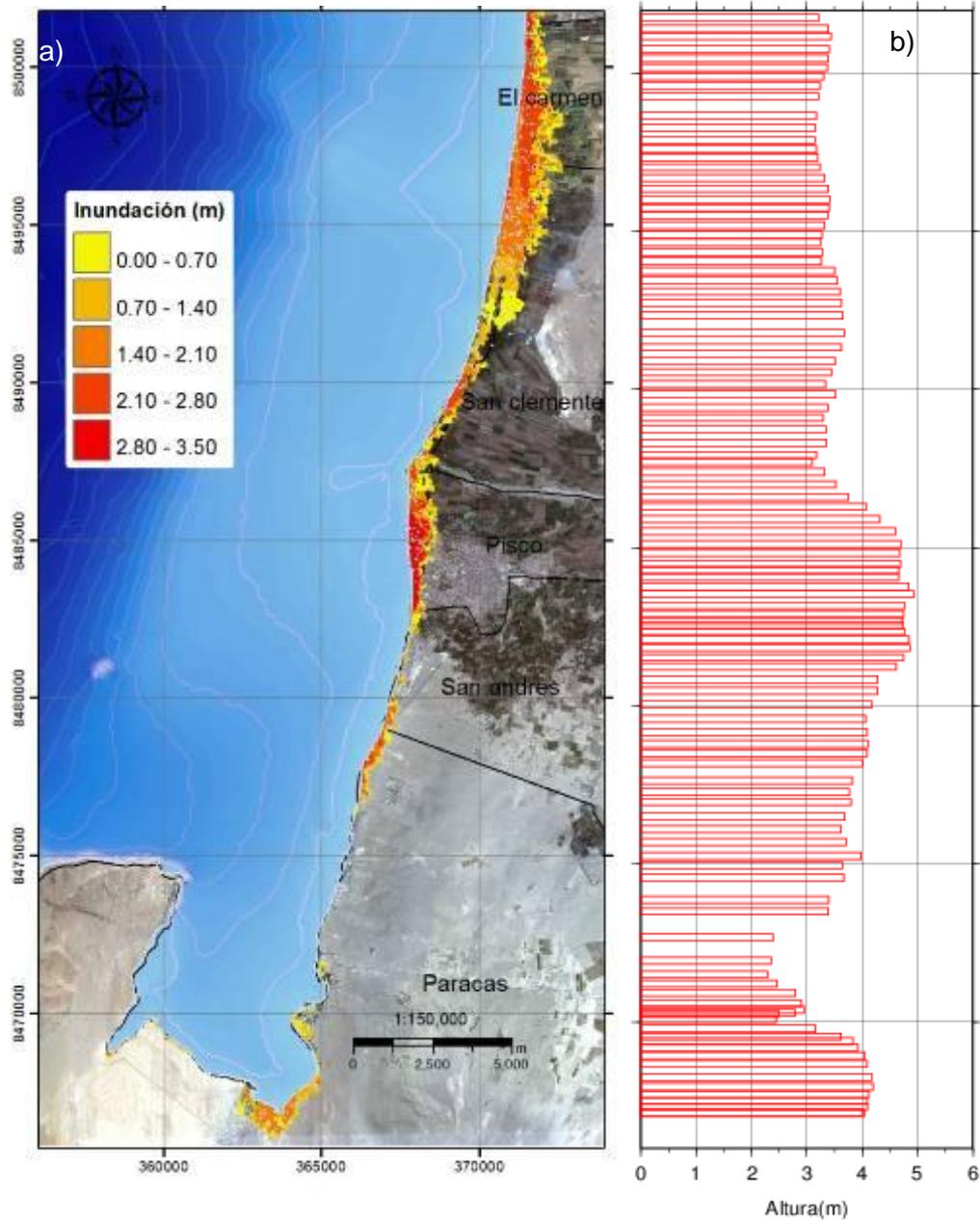


Figura 15. Mapa de inundación por tsunami para el ámbito de estudio y los valores de alturas máximas de ola a lo largo de la línea de costa en el ámbito de estudio.

De la figura anterior (parte izquierda a) se observa que el área donde la inundación se extiende una mayor distancia, alrededor de la cota 5m.s.n.m, se localiza en la zona norte del ámbito de estudio, lo que corresponde a las playas del distrito de San Clemente y El



Carme, donde la altura de inundación predominante es alrededor de 3 m. Sin embargo la zona donde las alturas de inundación superan los 3.5 m se localiza en los alrededores de la ciudad de Pisco cuya área de inundación se extiende aproximadamente en promedio 500 m desde la línea de costa, alrededor de la cota 7 m.s.n.m. El balneario de Paracas presenta una inundación con alturas de 2.50 m y esta se extiende aproximadamente 370 m desde la línea de costa, alrededor de la cota 6 m.s.n.m. De la Figura anterior (parte derecha b) también se observa la distribución de las alturas máximas de las olas registradas en la línea de costa, esta gráfica indicaría las zonas donde las alturas de inundación alcancen valores máximos. En esta gráfica se observa claramente que las zonas donde la ola en la línea de costa alcanza valores máximos corresponden a los alrededores de la ciudad de Pisco, con alturas de ola de hasta 5 m y la bahía de Paracas con alturas de ola de hasta 4.5 m. Estos valores de alturas máximas de ola en la línea de costa son calculados para todo el intervalo de tiempo del modelamiento numérico.

2.6 *Análisis de Resultados*

Después del cálculo del área de inundación y las alturas de inundación para el ámbito de estudio, mediante el modelo numérico, debido a un evento sísmico de Mw8.5 con epicentro en 13.5°S y 76.75°W y analizar los resultado se tiene:

- La deformación inicial de la superficie del océano calculado con el modelo de fuente sísmica, muestra una deformación vertical positiva máxima de 2.9 m la cual es uniforme a lo largo de toda el área de falla del evento sísmico, 305 x101 Km² (ver Figura 9).
- En el modelo de propagación del tsunami el tiempo de arribo de la primera ola es varia en promedio desde 25 - 30 minutos para toda la línea de costa. De acuerdo las Figura 10, Figura 11, Figura 12, Figura 13 y Figura 14 las olas del tsunami estarían llegando primero a la zona norte (áreas costeras de El Carmen y San Clemente) del ámbito de estudio y con un intervalo promedio de 5 minutos a la zona sur (bahía de Paracas)
- En los resultados del modelo numérico de inundación para el ámbito de estudio, las alturas de inundación presentan valores máximos de 3.50 m y las distancias de inundación presentan valores máximos de 1500 m en la zona norte y 350 m en la sur, las cuales se extienden en promedio hasta la cota 6 m.s.n.m.

2.7 *Recomendaciones*

Si bien el objetivo de los mapas de inundación es para proporcionar guías para la previsión y la evaluación del riesgo durante un posible evento, estos también ofrecen un punto de inicio para la planificación del uso del suelo y para la definición de medidas de mitigación. Básicamente existen dos enfoques para reducir el riesgo por tsunami, estos son:

1. La construcción de obras de ingeniería que bloqueen y/o retarden el paso de olas del tsunami.



2. Proponer políticas del gestión del riesgo frente a tsunamis diseñadas para el control del peligro atreves una planificación del uso del suelo.

El Primer enfoque pretende proveer protección a las viviendas costeras mediante estructuras como muros de defensa, diques, etc. Entre las principales medidas estructurales tenemos:

Refugios de Emergencia, El refugio debe ser capaz de resistir el sacudimiento sísmico del suelo y evaluarse para casos de resistencia a fallas estructurales, fallas de cimentación producto de licuefacción de suelos. El refugio debe resistir las fuerzas inducidas por tsunami, incluyendo los impactos de escombros de arrastre. Por otro lado, este debe proveer suficiente espacio para las personas evacuadas, en los pisos por encima de la elevación de inundación y debe ser a prueba de incendios.



Figura 16. Torre de evacuación prefectura de Mie, Japón.

Muros de Defensa, La construcción de muros frente a industrias e instalaciones importantes cercanas a la línea costera, es la mejor manera de prevenir la acción dinámica de un tsunami. Aun cuando la altura de un muro no sea suficiente para detener completamente la invasión de un tsunami, los daños pueden ser reducidos en forma apreciable.



Figura 17. Muro de defensa en uso como protección frente a tsunamis en las costas de Japón.

Rompe olas, conocidas en el idioma ingles como “breakwaters”, estas son estructuras fuera de la línea de costa, estas estructuras deberían resistir el ataque del tsunami y tormentas dentro de las bahías reduciendo la entrada de las olas Figura 18.

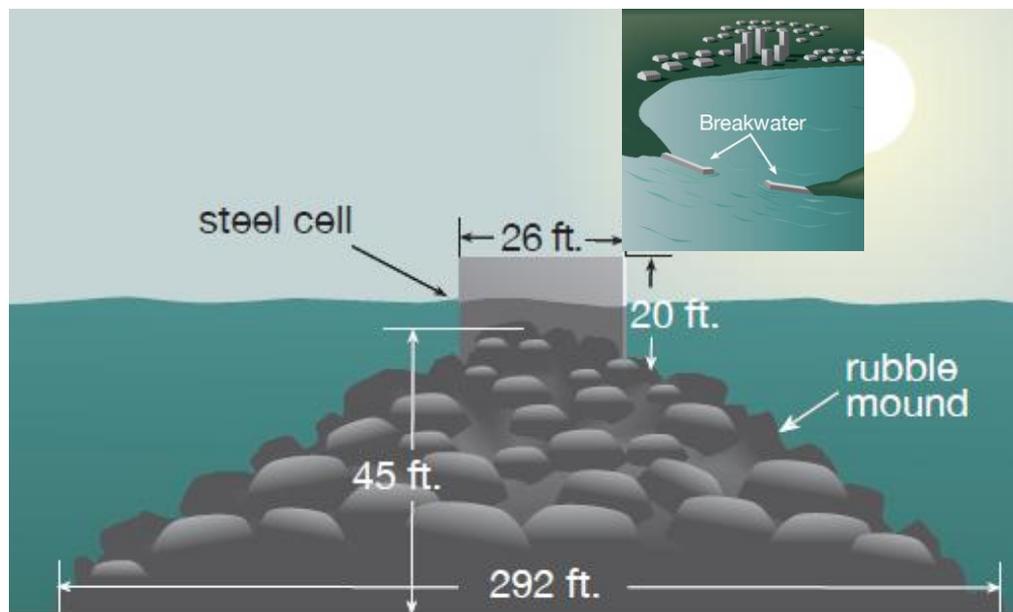


Figura 18. Esquema del Rompe olas (breakwaters).

Control forestal para tsunamis, Se puede hacer planificación para la siembra de arboles en las zonas costeras frente a las ciudades o comunidades (Figura 19), usando estos como un amortiguador al ataque del tsunami lo que ayudaría a disipar la energía que traen las olas del tsunami al entrar a las costas, disminuyendo así las zonas inundables y los niveles de inundación.



Figura 19. Esquema del control forestal frente a las ciudades.

El segundo enfoque se recomienda basado en el principio que los posibles efectos del tsunami pueden ser mitigados con provención, autoprotección y medidas prudentes. El plan de gestión del riesgo debe clasificar y delimitar las áreas para la construcción de las medidas de acuerdo con el uso de suelo, el tipo y la importancia de las estructuras y las actividades propuestas, y poner en funcionamiento a través de un sistema de información geográfica (SIG). Se debe delimitar las posibles alturas de inundación futuras; proteger las áreas ya existentes a través de un proceso de redesarrollo y esto deben tomar precauciones especiales en la localización de la infraestructura, las instalaciones esenciales y líneas de vida.

A continuación se proponen recomendaciones para mitigar el impacto de tsunamis. La efectividad de estas medidas recae en organismos técnicos y oficiales del Estado como a las autoridades civiles a quienes corresponda velar por la seguridad de las personas y bienes públicos.

- Identificar del riesgo de inundación por tsunami.
- Identificar el daño esperado, según el tipo de instalaciones y edificaciones.
- Proponer una planificación urbana a largo plazo, considerando el riesgo de inundación.
- Reforzar estructuras vulnerables, disponer arboledas y zanjas de protección, etc.
- Efectuar un plan de educación sistemático orientado a la comunidad.

En la Tabla 3 se presentan causas, efectos y medidas de mitigación que debieran adoptarse tanto en la planificación y diseño de futuras estructuras como en la actualización de las instalaciones costeras en operación.



Tabla 3. Matriz Causa-Efecto-Medidas de mitigación antes un tsunamis.

CAUSA	EFEECTO	MEDIDA DE MITIGACIÓN
INUNDACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Cimentación y pisos inferiores inundados. • Fallas en sistemas mecánicos, eléctricos y comunicación. • Contaminación con materiales de alto contenido salino. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicar edificaciones sobre el nivel de Inundación. • Instalar equipamientos importantes en piso altos. • Evaluar capacidad de soporte del suelo y usar materiales resistentes.
	Fuerzas hidrostáticas: Diferencias de niveles de agua a ambos lados de un muro	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicar edificaciones sobre el nivel de Inundación • Diseñar muros para soportar fuerzas hidrostáticas
	Flotación	Ubicar las edificaciones en suelos altos y utilizar anclaje.
	Disminución de la capacidad del suelos	Evaluar la condición del suelo inundado.
CORRIENTES	Fuerzas hidrodinámicas de impacto y de arrastre	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicar edificaciones sobre el nivel de Inundación • Diseño considerando fuerzas hidrodinámicas y usar anclajes.
	Impactos de escombros	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicar edificaciones sobre el nivel de Inundación • Diseño considerando fuerzas hidrodinámicas e impacto.
	Socavación	Utilizar cimentaciones profundas
ROMPIMIENTO	Fuerzas hidrostáticas	Diseño para oleaje rompiente
	Impacto de escombros	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicar edificaciones sobre el nivel de Inundación Diseño considerando fuerzas hidrodinámicas e impacto.
INCENDIO	Ignición de materiales inflamables	Ubicar contenedores en zonas seguras y usar materiales resistentes al fuego



3 ESTUDIO HIDROLÓGICO Y EVALUACIÓN DEL ESTADO SITUACIONAL DEL SISTEMA DE DRENES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

3.1 Introducción.

3.1.1 Antecedentes.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) encargó a la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) la elaboración del "*Estudio de Microzonificación Sísmica Para el Ámbito Pisco, San Clemente, Túpac Amaru, San Andrés y Paracas*".

El Centro de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), ente de la UNI encargado del estudio, encargó al Ing. Roberto Campaña, Profesor Asociado de la Facultad de Ingeniería Civil, la realización de las componentes hidrológicas del estudio contempladas en los términos de referencia. Estas componentes son:

- Diagnóstico de los peligros hidrológicos existentes para el ámbito del estudio y representarlos en un mapa de peligros.
- Diagnostico del estado de los drenajes de las zonas próximas a la costa, donde existe evidencia que los drenajes de la napa freática se hayan colmatado u obstruido.

3.1.2 Objetivos.

El objetivo del presente informe es:

- Analizar las características hidrológicas e hidrogeológicas en el ámbito de estudio.
- Realizar el diagnóstico de los peligros hidrológicos existentes para el ámbito del estudio y representarlos en un mapa de peligros.
- Realizar un diagnostico del estado de los drenajes de las zonas próximas a la costa, donde existe evidencia que los drenajes de la napa freática se hayan colmatado u obstruido.



3.2 Caracterización del Área de Estudio

3.2.1 Ubicación

El área de estudio se ubica en los distritos de Pisco, San Clemente, Túpac Amaru, San Andrés y Paracas del departamento de Ica, el área de estudio tiene una extensión de 326 km² y comprende una franja litoral de aproximadamente 44 km de longitud y un ancho que varía entre los 3 y 16 km. En la Figura H-1 se presenta la vista general del área de estudio.

3.2.2 Fisiografía

El área de estudio presenta por lo general un relieve suave con una pendiente descendiente en dirección hacia el Océano Pacífico. Las altitudes varían desde 0 a 180 msnm.

Fisiográficamente, el área de estudio está constituido principalmente por el llano aluvial y el abanico fluvial del río Pisco, así como el paisaje eólico y marino.

3.2.3 Climatología

La zona de estudio presenta un clima árido, semicálido de escasa precipitación (alrededor de 2.5 mm/año) y de humedad relativa alta, de acuerdo a la Clasificación Koppen le corresponde la clasificación climática BW, BSs (desértico marino).

La media anual de temperatura máxima y mínima para el periodo 1950-1991 es de 23.7 °C y 15.8 °C respectivamente.

3.2.4 Peligros de Origen Hídrico

La zona de estudio de acuerdo a la caracterización fisiográfica y climática realizada está expuesta a los peligros de origen hídrico tanto del agua superficial como debido al agua subterránea, los cuales se listan a continuación.

- ✓ Inundación de áreas agrícolas y urbanas por el efecto de las avenidas que ocurren en el río Pisco.
- ✓ Inundación de áreas agrícolas y urbanas por la sobre elevación de la napa freática.
- ✓ Salinización de suelos por la sobre elevación de la napa freática.
- ✓ Colmatación de los drenes que evacuan los excedentes del agua de filtración.
- ✓ Contaminación del agua subterránea por el efecto del lavado de silos y pozos sépticos.



3.3 Hidrología del Área de Estudio

3.3.1 Fisiografía de la Cuenca del Río Pisco

La cuenca del Río Pisco tiene forma alargada con dirección Nor Este a Sur-Oeste, esta cuenca cubre una extensión de 4 376 km² de los cuales el 63% está situada por encima de los 2 400 msnm y corresponde a la cuenca húmeda. Una cadena de montañas con dirección Sur-Este a Nor-Oeste separa a la cuenca del río Pisco de la cuenca del río Mantaro (Divisoria continental).

Geográficamente, los extremos de la cuenca del río Pisco se encuentran entre los meridianos 12° 52' y 13° 47' de latitud Sur y los paralelos 75°02' y 76°13' de longitud Oeste. Hidrográficamente la cuenca del río Pisco limita por el Norte con las cuencas del río San Juan y Mantaro, por el Sur con la cuenca del río Ica y la inter cuenca del río Seco, por el Este con las cuencas de los ríos Mantaro, Pampas e Ica y por el Oeste con el Océano Pacífico.

Altitudinalmente, la cuenca del río Pisco se extiende desde el nivel del mar hasta la Cordillera Occidental de los Andes, que constituye la divisoria continental de las aguas y cuyo punto más alto corresponde al cerro San Juan de Dios (5 218 msnm).

3.3.2 Hidrografía del Río Pisco

El río Pisco tiene su origen en la laguna regulada Pultoc, a una altitud de 4 850 msnm en la divisoria de cuencas con el río Pampas. Luego de recorrer 179 km, y con una pendiente promedio de 2.01% desemboca en el Océano Pacífico.

El río Pisco presenta un desarrollo longitudinal aproximado de 179 km desde su nacimiento hasta la desembocadura considerando su nacimiento en las cercanías de la localidad de Huáncano; hasta este punto presenta un curso moderadamente sinuoso.¹

Los principales ríos tributarios del río Pisco son el río Luicho, la quebrada Chaupivado, el río Santuario, el río Huaytará y la quebrada Veladero, todos estos tributarios se encuentran ubicados aguas arriba de la estación Letrayoc, por tanto dicha estación registra el efecto integrado de las descargas de casi toda la cuenca del río Pisco.

3.3.3 Información Hidrometeorológica Existente

En el ámbito de la cuenca del río Pisco se dispone de alrededor de 20 estaciones pluviométricas, de las cuales ocho estaciones están ubicadas en la cuenca del río Pisco, las estaciones restantes están ubicadas en las cuencas vecinas: Mantaro, Pampas, Ica y San Juan.

¹ INRENA, Diagnóstico de la calidad del agua, Pág. 440.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES



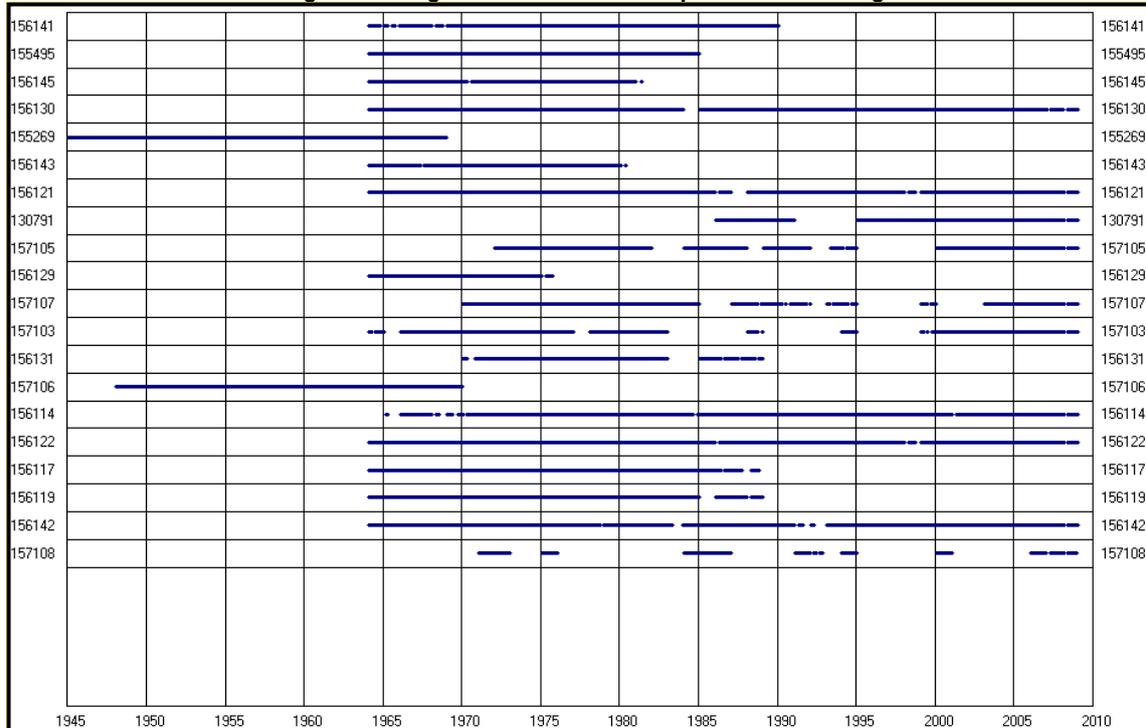
En el Cuadro 1, se muestra la relación de estaciones en el ámbito de la cuenca del río Pisco, en tanto que en el Gráfico 1 se muestra el periodo y la longitud de la información pluviométrica disponible.

Cuadro 1.- Estaciones Pluviométricas en el ámbito de la cuenca el río Pisco.

Nº	ESTACIÓN	CÓDIGO	ALTITUD (msnm)	CUENCA	TIPO	LONGITUD DEL REGISTRO HISTÓRICO
1	Agnococha	156141	4650	Pampas	PLU	1964-1989
2	Astobamba	155495	4500	Mantaro	PLU	1964-1984
3	Hda. Bernales	157105	250	Pisco	PLU	1972-1981, 1984-1987, 1989, 1991, 1993, 1994, 1999-2008
4	Castrovirreyna	156145	3956	Pisco	PLU	1964-1980
5	Choclococha	156130	4550	Pampas	PLU	1964-1983, 1985-2008
6	Cocas	156143	3246	Pisco	PLU	1964-1979
7	Cusicancha	156121	3550	Pisco	PLU	1964-1986, 1988-2008
8	Fonagro	130791	50	San Juan	PLU	1986-1990, 1995-2008
9	San Genaro	156129	4570	Pampas	PLU	1964-1975
10	Huamani	157107	800	Ica	PLU	1970-1984, 1987-1991,1993,1994,1999-2008
11	Huancano	157103	1006	Pisco	PLU	1964,1966-1976,1978-1982,1994,1999-2008
12	Pariona	156131	4240	Ica	PLU	1970-1982
13	Pisco	157106	7	Pisco	PLU	1948-1969
14	Tambo	156122	3080	Ica	PLU	1964-1988, 2000-2008
15	Ticrapo	156117	2174	Pisco	PLU	1964-1984, 1986-1988
16	Tотора	156119	3900	Pisco	PLU	1964-1984,1986-1988
17	Tunel Cero	156142	4425	Pampas	PLU	1964-2008
18	Pampa de Villacuri	157108	430	Ica	PLU	1971,1972,1975,1984-1986,1991, 96,97, 2006-2008



Gráfico 1.- Longitud de registro de información pluviométrica según estación.

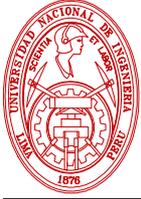


3.3.4 Régimen Pluviométrico

En el Cuadro 2, se muestra el resumen de la precipitación media mensual y media anual que ocurre en el ámbito de la cuenca del río Pisco, se observa que en las estaciones cercanas al litoral han registrado precipitaciones casi nulas comparadas con respecto a toda la cuenca.

Cuadro 2.- Precipitación Media Mensual de las Estaciones Pluviométricas.

Estacion	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Anual	Media	Altitud (m.s.n.m.)
Agnocha	136.39	142.04	128.49	55.42	18.13	8.56	6.63	13.10	21.11	46.05	49.11	90.71	715.75	59.65	4650
Astobamba	136.13	146.40	131.62	59.86	17.34	8.94	5.09	13.64	37.31	52.95	67.63	98.44	775.36	64.61	4500
Bernales	0.40	0.94	0.05	0.05	0.10	0.02	0.08	0.10	0.00	0.00	0.03	0.04	1.82	0.15	250
Castrovirreyña	135.20	138.53	154.43	32.25	5.60	1.04	0.60	0.86	6.48	19.73	19.31	67.42	581.45	48.45	3965
Choclococha	162.76	174.40	167.35	89.46	28.71	13.43	9.84	22.12	38.05	68.17	73.71	114.12	962.12	80.18	4550
Cocas	108.42	102.72	137.82	36.54	6.29	0.80	0.47	1.69	7.38	18.36	18.43	43.65	482.57	40.21	3246
Cusicancha	75.32	90.84	107.04	34.78	2.15	0.01	0.01	0.69	3.43	4.46	11.90	37.89	368.52	30.71	3550
Fonagro	0.46	1.30	0.44	0.00	0.48	2.69	1.24	1.17	0.75	0.28	0.18	0.61	9.60	0.80	50
San Genaro	153.39	145.22	164.64	84.92	29.33	15.85	20.22	12.03	44.16	64.67	45.71	113.31	893.45	74.45	4570
Huamani	5.14	2.64	4.14	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.12	12.27	1.02	800
Huancano	4.77	7.93	5.17	0.57	0.01	0.00	0.00	0.00	0.26	0.56	0.41	1.00	20.68	1.72	1006
Pariona	151.57	157.99	146.90	65.11	18.13	2.86	4.10	3.90	16.00	29.69	56.37	85.96	738.60	61.55	4240
Pisco	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.06	0.18	0.00	0.00	0.04	0.00	0.49	0.04	7
Tambo	84.90	115.99	116.98	26.00	4.46	0.00	0.12	0.49	0.80	10.59	10.36	37.04	407.74	33.98	3080
Ticrapo	56.26	74.95	72.59	15.47	0.45	0.30	0.00	0.53	1.11	4.57	6.40	24.59	257.22	21.44	2174
Totora	125.61	130.38	106.35	45.59	17.08	5.11	4.76	7.67	23.86	36.61	44.57	80.67	628.25	52.35	3900
Tunel Cero	146.88	148.90	140.86	70.92	22.75	6.77	7.07	13.67	30.37	51.83	61.77	109.75	811.53	67.63	4425
Papma de Villacuri	0.48	0.80	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.18	1.96	0.16	430



3.3.5 Régimen Hidrométrico

Similar al resto de los ríos de la costa peruana, el río Pisco tiene un comportamiento fluvial de extrema escasez en los meses de estiaje en los meses de abril a diciembre y un régimen intenso de máximas avenidas en los meses de enero a marzo.

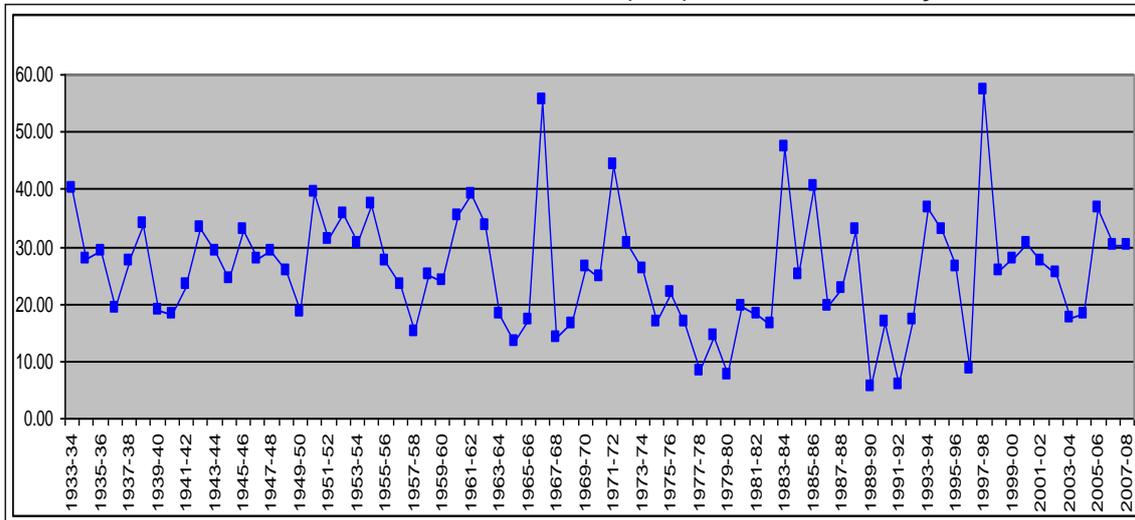
La estación hidrométrica Letrayoc controla las descargas de una extensión de cuenca de 3 496 km², que incluye la totalidad de la “cuenca húmeda”, es decir todas las zonas con una altitud mayor a los 2 500 msnm y cuya extensión es de 2 736 km².²

El régimen de descargas del río Pisco es una consecuencia directa del comportamiento estacional de las precipitaciones que se presentan en su cuenca húmeda. La fisiografía escarpada de la cuenca receptora, así como su bajo poder de retención debido a la escasa cobertura vegetal, determinan que la precipitación se convierta en forma casi inmediata en descarga superficial.

3.3.5.1 Registro Histórico de Caudales

El registro histórico de caudales medidos en la estación hidrométrica Letrayoc va desde el año 1933 al 2010. En el Gráfico 2 se presenta el histograma de caudales medios anuales de la estación Letrayoc³.

Gráfico 2. Caudales medios anuales (m³/s) en la estación Letrayoc.



² INGEMET, INDECI Y CESEL, Mapa de peligros Pisco y San Andrés, Pág. 59.

³ GORE Ica, Estudio hidrológico del proyecto: Afianzamiento hídrico en la cuenca del río Pisco, Pág. 27.



En el periodo comprendido entre los años 1926 a 1974 la máxima descarga mensual del río registrado en la estación de Letrayoc ha sido de 536.6 m³/s y la mínima de 0.55 m³/s, la descarga media anual ha sido calculada en 25.61 m³/s.

3.3.5.2 Caudales Máximos Instantáneos

Los caudales máximos o descargas excepcionales del río coinciden con los años en que se ha producido el Fenómeno El Niño, como el ocurrido en el año 1998 donde llegó hasta una descarga máxima estimada de 800 m³/s.

En el cuadro 3 se presenta los caudales máximos instantáneos para diferentes periodos de retorno estimados a la altura de la estación hidrométrica Letrayoc.

Cuadro 3. Caudales máximos instantáneos (m³/s) en la estación Letrayoc para diferentes periodos de retorno.

PERIODO DE RETORNO (años)	CAUDAL MÁXIMO INSTANTÁNEO (m ³ /s)
100	1625
200	1869
300	2012
400	2114
500	2193
1000	2437

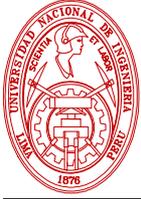
Fuente: Mapa de peligros de Pisco y San Andrés - INGEMET, INDECI y CESEL (Pág. 61).

3.4 Hidrogeología del Área de Estudio

3.4.1 Hidrogeología

La caracterización de los niveles freáticos en el área de estudio se ha realizado a partir de calicatas y sondajes (ensayos SPT) realizados y recopilados por el CISMID. Para el año 1999 se cuenta con la recopilación de información de 17 sondajes y 25 calicatas, para el año 2007 se cuenta con la información obtenida en campo de 8 sondajes y 25 calicatas y para el año 2012 se cuenta con la información obtenida en campo de 13 sondajes y 89 calicatas.

De la información obtenida se encuentra que es posible encontrar agua subterránea a menos de 5.0 m de profundidad, en algunos casos a menos de 0.25 m de profundidad.



3.4.2 Caracterización de Niveles Freáticos

3.4.2.1 Información Disponible

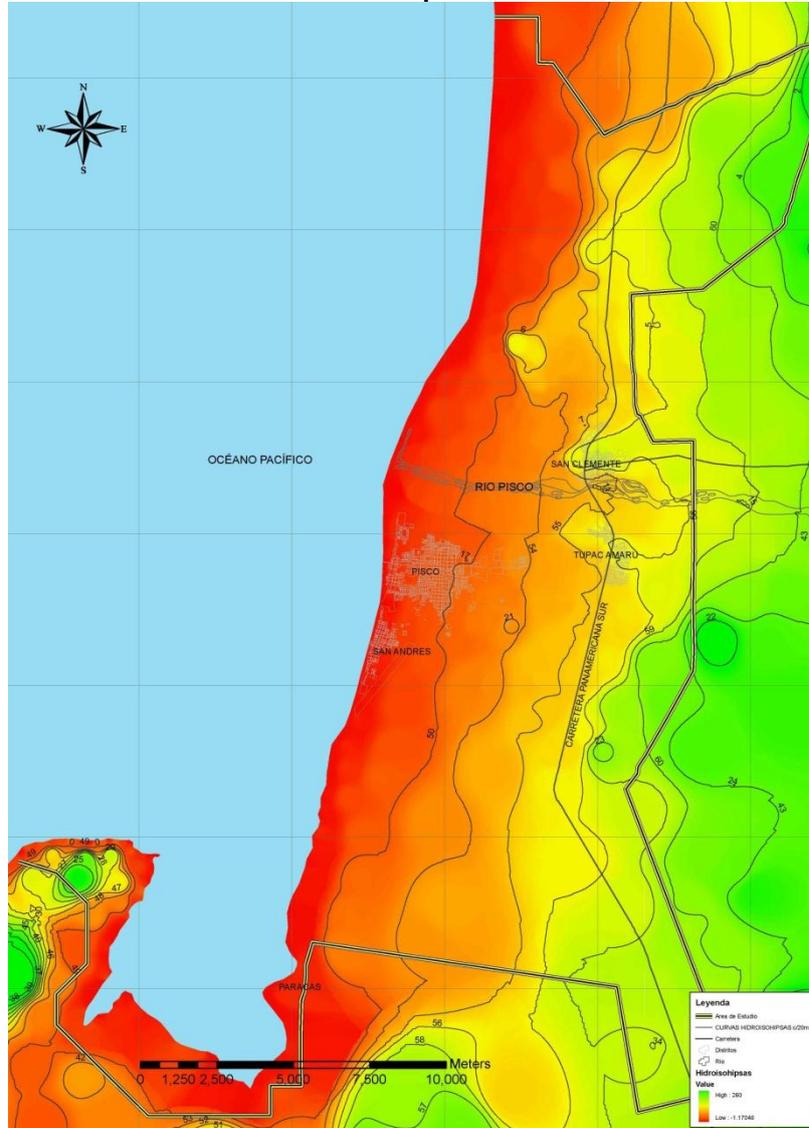
Se cuenta con información de niveles de agua obtenidos a partir de calicatas y sondajes (ensayos SPT) realizados y recopilados por el CISMID dentro del área de estudio. Para el año 1999 se cuenta con la recopilación de información de 17 sondajes y 25 calicatas, para el año 2007 se cuenta con la información obtenida en campo de 8 sondajes y 25 calicatas, para el año 2012 se cuenta con la información de campo de sondajes y calicatas. Asimismo se empleó información obtenida en la Autoridad Nacional del Agua consistente en el estudio: "Diagnostico del aprovechamiento de agua subterránea del valle de Pisco".

En el Anexo V se presenta la información correspondiente a la profundidad de la napa freática realizada y recopilada por el CISMID registrados en los sondajes y calicatas.

3.4.2.2 Mapa Piezométrico

A partir de la información de la profundidad de la napa freática obtenida de los sondajes y calicatas en el área de estudio se ha elaborado el mapa piezométrico, en el cual mediante líneas y curvas se unen los puntos de igual altitud de la napa freática, tal como se muestra en el Gráfico 3. En la Figura H-4 se observa la distribución de las curvas piezométricas en el área de estudio.

Gráfico 3.- Distribución de las curvas piezométricas en el área de estudio.



El mapa piezométrico muestra una morfología de la napa relativamente uniforme. Se observa que en la zona norte del área de estudio las curvas piezométricas se hallan menos espaciadas que las curvas piezométricas ubicadas en la zona sur, esto podría ser un indicativo de la menor permeabilidad del acuífero en la zona norte en comparación con el acuífero de la zona sur.

En la zona sur del proyecto la dirección del flujo subterráneo es aproximadamente de Sur- Este a Nor-Oeste con una gradiente hidráulica media de 1.41%. En la zona norte del proyecto la dirección del flujo subterráneo es de Nor-Este a Sur-Oeste con una gradiente hidráulica media de 0.45%.



La distribución espacial de curvas piezométricas nos da una idea de la dirección de flujo subterráneo por lo que representa de algún modo un mapa de escorrentía subterránea, sin embargo no se podría aún determinar la velocidad o la cantidad de dicho flujo puesto que no se conoce la distribución espacial de permeabilidades en el área de estudio.

3.4.2.3 Mapa de Isoprofundidad

A partir de la información de los sondajes y calicatas se ha elaborado el mapa de isoprofundidad en el área del proyecto, en dicho mapa mediante líneas y curvas se unen los puntos de igual profundidad de agua subterránea respecto a la superficie. En la Figura H-3 se puede observar el plano de la distribución de curvas de isoprofundidad, se observa que en un gran porcentaje del área de estudio (alrededor del 30%) la napa freática se encuentra a profundidades inferiores a 1.0 m. En este sector están comprendidas una gran parte de los sectores agrícolas y urbanos de los distritos de San Andrés, Pisco, Túpac Amaru y San Clemente.

3.5 Evaluación de Peligro de Desbordamiento de Río Pisco

3.5.1 Metodología de Evaluación.

El peligro de desbordamiento del río Pisco será evaluado realizando la simulación de los niveles de agua que podrían ocurrir ante eventos extremos de diferente periodo de recurrencia.

3.5.2 Análisis de inundación con el modelo HEC RAS.

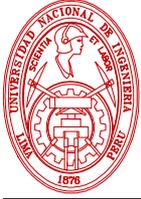
3.5.2.1 Objetivo.

Delimitar las áreas inundables del río Pisco que se producirían como consecuencia de la ocurrencia de avenidas de 100, 200, 300, 400, 500 y 1000 años de periodo de retorno.

3.5.2.2 Modelo Matemático.

La determinación de los niveles de agua correspondientes a los escenarios de avenidas se realizó mediante simulación numérica, empleando el modelo HEC-RAS versión 4.1.0 del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos (USACE).

El modelo HEC-RAS realiza cálculos hidráulicos de cursos naturales o artificiales en una dirección (unidimensional) y cuenta además con procedimientos de cálculo para simular los efectos



hidráulicos debido a estructuras ubicadas en el cauce del río (Puentes, vertederos, alcantarillas, etc.).

El modelo matemático utilizado representa a un flujo unidimensional, no uniforme, permanente y de lecho fijo. El modelo se basa en la aplicación de la Ecuación de la Energía:

$$Z_2 + Y_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} + \Delta E_{12} \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Donde:

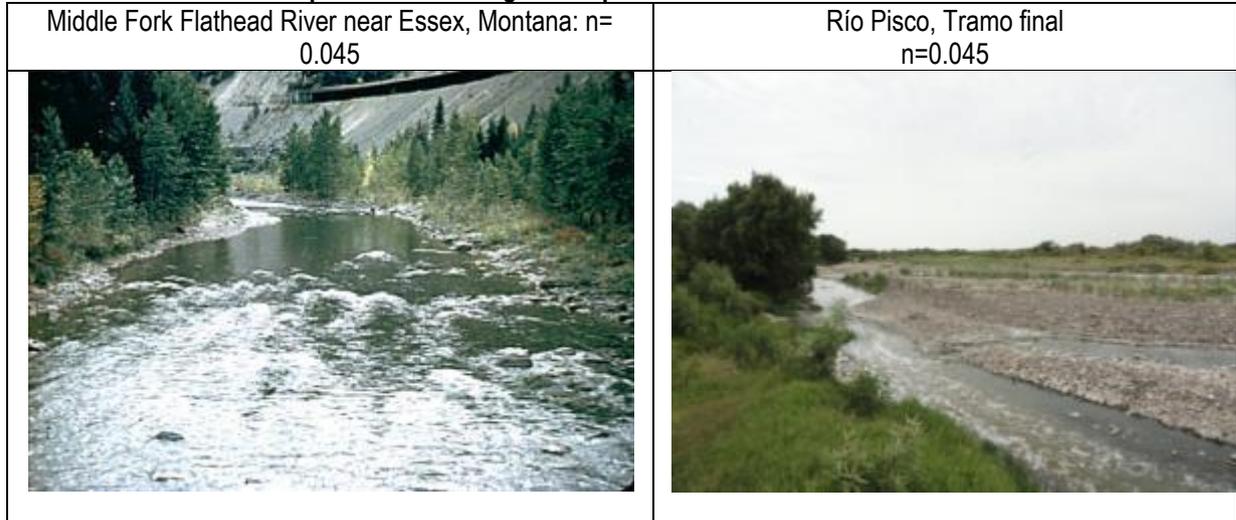
- $Z + Y$: Nivel del pelo de agua en la sección analizada (m).
 V : Velocidad media en la sección analizada (m/s).
 α_1, α_2 : Coeficientes de la no-uniformidad de distribución de las velocidades en la sección húmeda.
 $g = 9.81$: Aceleración de la gravedad (m/s²).
 ΔE_{12} : Total de pérdidas de energía en el tramo de longitud L del curso de agua considerado en el cálculo.

3.5.2.3 Condiciones de Simulación Hidráulica

El **tramo simulado** tiene una longitud total de 10.5 km y una pendiente media de 0.78%. Presenta una morfología ramificada y el lecho está compuesto por gravas medianas a grandes. En la Figura H-2 se presenta la vista en planta de la distribución de secciones transversales consideradas en el análisis hidráulico.

Los **coeficientes de Manning** en el lecho del cauce se adoptaron en base a la comparación con casos similares reportados por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) y en base a la experiencia del Consultor. En el Gráfico 4 se compara las situaciones del modelo con el caso del río Pisco.

Gráfico 4.- Comparación de la rugosidad para el cauce del río Pisco en el tramo final.



Para dicho tramo se observa que las planicies están compuestas principalmente por vegetación de poca altura, empleando los rangos de rugosidad recomendados en el Texto Hidráulica de los Canales Abiertos de Ven Te Chow se adoptó el valor de 0.045 para el coeficiente de Manning.

En el Cuadro 4 se resumen los valores de coeficientes de Manning adoptados para los diferentes tramos analizados.

Cuadro 4.- Valores del Coeficiente de Manning para el análisis hidráulico.

Descripción	Margen Izquierda	Cauce Principal	Margen Derecha
Río Pisco	0.045	0.045	0.045

En cuanto al **cálculo de las pérdidas locales** de carga hidráulica por contracción o expansión del cauce del río Pisco se empleó los coeficientes de pérdidas mostrados en el Cuadro 5.



Cuadro 5.- Coeficientes de pérdidas locales.

Secciones	Flujo Subcrítico		Flujo Supercrítico	
	Contracción	Expansión	Contracción	Expansión
Secciones comunes	0.1	0.3	0.05	0.1

Los valores han sido adoptados del Manual de Referencias Técnicas del Programa HEC RAS.

Se adopto como **condición de borde** el régimen de flujo uniforme tanto aguas arriba como aguas abajo, dado que no se conoce a priori el régimen de flujo del río; la simulación se realizó para la condición de flujo mixto (sub-crítico y super-crítico).

3.5.2.4 Resultados de la Simulación Hidráulica

Los resultados obtenidos de la simulación hidráulica han sido calculados para caudales correspondientes a 100, 200, 300, 400, 500 y 1000 años de periodo de retorno. De los resultados se puede observar que el tirante promedio es de 3.65 m para una avenida de retorno de 1000 años, mientras que para una avenida de 100 años de periodo de retorno el tirante promedio alcanza 3.0 m de altura.

En cuanto al régimen de las velocidades para el tramo simulado se obtiene que la velocidad promedio es de 3.46 m/s para una avenida de retorno de 1000 años, mientras que para una avenida de 100 años de periodo de retorno la velocidad promedio del flujo alcanza un valor de 3.14 m/s.

De la geometría del terreno se observa que la zona en que se ubica el actual puente Huamaní se encuentra la sección más estrecha del río Pisco, lo cual ocasiona una obstrucción hidráulica. Para este tramo la simulación hidráulica indica que ocurre un remanso en la dirección aguas arriba del puente, lo que es ocasionado por la disminución de velocidad del flujo y por ende favorece la ocurrencia de tirantes de agua más altos.

En los Gráficos 5 y 6 se muestra el resumen ilustrativo del régimen de velocidades y tirantes de agua obtenido a partir de la simulación hidráulica, en tanto que el listado completo de resultados se presentan en el Anexo IV.



Gráfico 5. Tirante de flujo para avenidas con diferentes periodos de retorno.

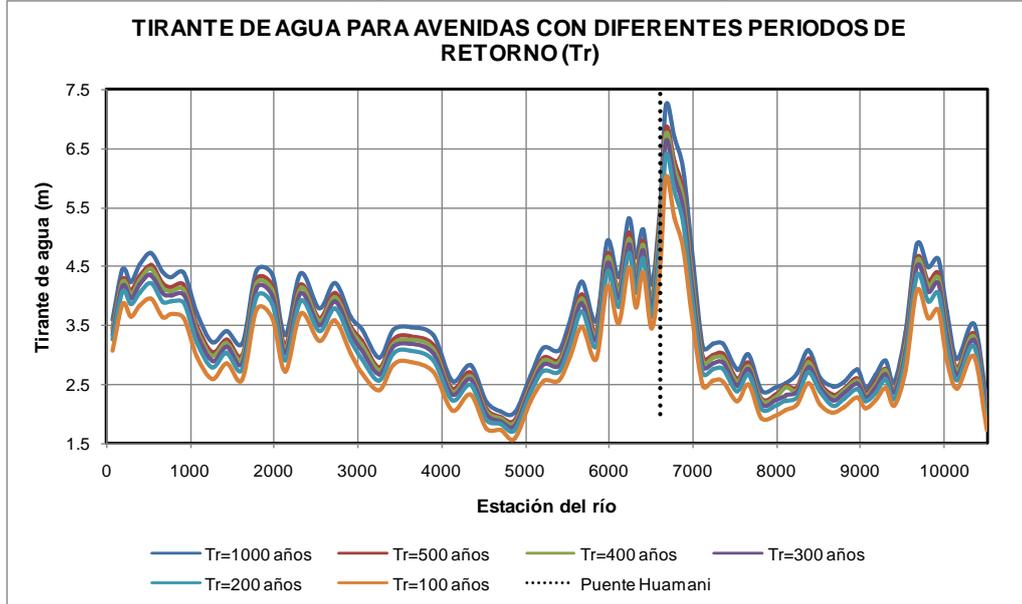
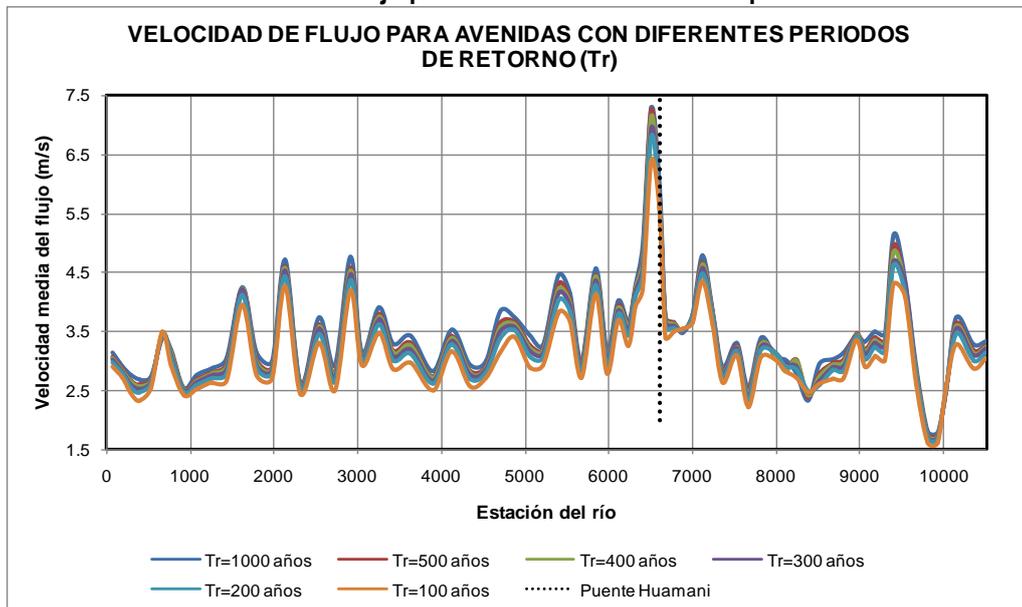


Gráfico 6. Velocidades de flujo para avenidas con diferentes periodos de retorno.





3.6 Evaluación de Peligros Asociados al Flujo Subterráneo

3.6.1 Metodología de Evaluación

La evaluación de peligros asociados al flujo subterráneo será realizada caracterizando los niveles freáticos en el área del proyecto. Para tal fin se utilizará la información levantada en campo y la información recopilada por el CISMID durante el periodo comprendido entre los años 1999, 2007 y la información obtenida de la visita de campo realizada en Febrero del 2012.

3.6.2 Identificación de Peligros de origen hídrico

3.6.2.1 Salinidad de Suelos

Se ha observado que en el área de estudio el nivel freático se encuentra muy próximo al terreno superficial, según los reportes de monitoreo realizados y recopilados en los años 1999, 2007 y 2012 se puede observar que la napa freática se encuentra a menos de 4.5 m por debajo del terreno superficial.

La presencia del agua subterránea muy cerca a la superficie incrementa el nivel de salinidad de los suelos, puesto que el agua es un buen disolvente y siempre lleva en solución sales y nutrientes que el agua subterránea a su paso disuelve y transporta, al estar próximo a la superficie el agua está sujeta a evaporarse dejando las sales en la superficie. Es así que se ha podido observar en algunas zonas del área de estudio la presencia de costras de sal en la superficie, lo que limita la posibilidad de uso de dichos suelos para las actividades agrícolas.

Los drenes que evacuan el agua subterránea, evitan que la napa freática alcance niveles muy elevados, en la zona de estudio los drenes han sido construidos muy próximos al litoral y por lo general no son revestidos, son de características muy similares a los canales de regadío; sin embargo la función de un dren es diferente al de un canal, puesto que su función es captar, conducir y evacuar las aguas. El funcionamiento adecuado de los drenes permite aplacar el proceso de salinización de suelos, puesto que limita el ascenso de la napa freática hasta la superficie, sin embargo estos drenes deben tener un mantenimiento regular.

3.6.2.2 Contaminación de Aguas Subterráneas

Dentro del área de estudio se debe hacer un inventario de los sistemas de agua y alcantarillado, puesto que en las zonas habitadas que no cuentan con un sistema eficiente de evacuación de aguas servidas y donde el uso de silos y pozos sépticos forman parte de la cultura sanitaria diaria, el agua subterránea podría estar siendo contaminado, debido a la interferencia del agua subterránea y los precarios sistemas de alcantarillado.



El nivel freático elevado puede interferir con las estructuras mencionadas y se estarían contaminando progresivamente con residuos fecales mediante el lavado de los silos y pozos sépticos, lo cual merma la calidad del agua subterránea que es una de las más importantes fuente de agua de la ciudad de Pisco, al mismo tiempo que esta contaminación se extendería a los humedales más cercanos.

3.6.2.3 Intrusión Marina

Debe plantearse un aprovechamiento conjunto de agua subterránea y agua superficial, del tal forma de alternar los periodos secos y húmedos del agua superficial con los correspondientes periodos de aprovechamiento y recarga del agua subterránea. Lo que exige una implementación de un nuevo enfoque del sistema gestión del recurso hídrico en la zona de Pisco.

Los estudios correspondientes deberían tomar en cuenta la mejor modalidad y la tasa de extracción a fin de evitar la intrusión del agua salina marina al acuífero.

3.7 Evaluación de Sistema de Drenaje en la Zona Próxima a la Costa

3.7.1 Sistema de Drenes Existente

El sistema de drenaje del área de estudio está conformado por una red de drenes de 232 km de longitud de los cuales 191.5 km son de tajo, zanja abierta o canal y 40.7 km son de drenes entubados.

En la Figura H-1 y H-5 se presenta el sistema de drenes actualmente existente en el ámbito del área de estudio. Se observa que el sistema de drenes se extiende a lo largo de las zonas agrícolas y urbanas de la zona de estudio.

3.7.2 Relación entre Sistema de Drenaje y Profundidad Freática

En la Figura H-5 se ha superpuesto la ubicación de los drenes existentes con el Mapa de Isopropfundidades. Se observa que gran parte de los drenes existentes se ubican en los sectores de menor profundidad freática, por tanto los drenes siempre estarían expuestos a captar y conducir los excedentes de las filtraciones y evacuarlas hacia el mar.



3.7.3 Problemática Existente

3.7.3.1 Colmatación de Drenes

Dentro del área de estudio se han identificado 85 drenes, los cuales corresponden a tres sectores de riego, los cuales son: Murga, Independencia y Pisco. Los drenes por lo general están contruidos en tierra, no poseen revestimiento, la profundidad media que alcanzan es de 1.0 m y tiene por objetivo: captar, conducir y evacuar el agua proveniente de las filtraciones afin de evitar el afloramiento superficial del agua subterránea. La lista completa del inventario de drenes se presenta en el Anexo III del presente informe.

De los drenes inventariados se ha observado que tienen capacidad de evacuación desde 20 L/s; los drenes de mayor capacidad de evacuación son los drenes Lozano II y Castillo, los cuales tienen capacidad hidráulica de 1000 L/s.

Según el inventario de drenes realizado se observa que el estado de conservación es moderado, sin embargo estos están expuestos a la colmatación de su cauce ya sea por el arrojoprogresivo de basura y desmonte, o también por el crecimiento de vegetación en las proximidades de la caja del dren, tal como se muestra en la foto siguiente.

Foto 1.- Disminución de la sección útil de un dren por el crecimiento de vegetación.

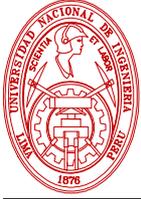




Una objeción adicional al sistema de drenes, es que se debe mejorar las condiciones de la caja principal del dren, puesto que en zonas donde se interceptan con vías de tránsito, los drenes no tienen una adecuada canalización y terminan evacuando sus aguas en puntos intermedios de su recorrido y en algunos casos en los caminos, tal como se ve en la foto siguiente:

Foto 2.- Inundación parcial de un camino de acceso debido a la descarga de un dren.





3.8 Conclusiones

1. El mapa de peligros de inundación del río Pisco indica que en caso de desbordamientos originados por eventos extremos, las zonas urbanas de Pisco y San Clemente no se verán inundadas. Esto se debe a la marcada diferencia de cotas existente entre el lecho del río Pisco y las zonas urbanas de Pisco y San Clemente.
2. El mapa de isopropundidades de las aguas subterráneas en el entorno del proyecto indica que en un gran porcentaje del área de estudio (alrededor del 30%) la napa freática se encuentra a profundidades inferiores a 1.0 m. En este sector están comprendidas una gran parte de los sectores agrícolas y urbanos de los distritos de San Andrés, Pisco, Túpac Amaru y San Clemente.
3. El mapa piezométrico muestra una morfología de la napa freática es relativamente uniforme. Se observa que en la zona norte del área de estudio las curvas piezométricas se hallan menos espaciadas que las curvas piezométricas ubicadas en la zona sur. Esto podría ser un indicativo de la menor permeabilidad del acuífero en la zona norte en comparación con el acuífero de la zona sur. En la zona sur del proyecto la dirección del flujo subterráneo es aproximadamente de Sur-Este a Nor-Oeste con una gradiente hidráulica media de 1.41%. En la zona norte del proyecto la dirección del flujo subterráneo es de Nor-Este a Sur-Oeste con una gradiente hidráulica media de 0.45%.
4. El sistema de drenaje existente se halla ubicado principalmente en los sectores con poca profundidad de napa freática. Una expansión urbana en la zona sur del proyecto requerirá la implementación de un sistema de drenaje que ayude a deprimir los niveles freáticos existentes a lo largo del litoral.

3.9 Recomendaciones

1. El elevado nivel freático en diversos sectores del área de estudio sugiere que se plantear el aprovechamiento del aguas subterránea para fines poblacionales en sectores de escasez como el distrito de Paracas. Sin embargo esta situación debe estudiarse realizando estudios de la calidad de las aguas y la factibilidad de su extracción mediante bombeo. Estos estudios deberían tomar en cuenta la mejor modalidad y la más adecuada tasa de extracción, a fin de evitar una intrusión del agua salina marina.
2. Proveer drenaje adecuado en sectores de napa freática poco profunda tanto en zonas de potencial desarrollo urbano como de potencial desarrollo agrícola.



4 LOCALIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS SUELOS DE RELLENO (ESCOMBROS Y RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS) PARA ELABORACIÓN DE PROPUESTA DE RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA USO DE ESTE TIPO DE SUELO

4.1 Objetivo

Ubicación y delimitación de las áreas de suelos de rellenos que han sido utilizados como botaderos de escombros y depósitos de residuos sólidos de manera informal y no planificada, y propuesta de tratamiento de éstas áreas.

4.2 Ubicación y Delimitación de las Áreas de Suelos de Rellenos

Se identificó la ubicación de zonas que actualmente cumplen la función de botaderos de escombros, los cuales en su mayoría no cuentan con ningún tipo de control para la disposición de escombros de trabajos de construcción y demolición. La mayor parte de estos residuos provienen de los escombros producto del colapso o la demolición de viviendas y otras edificaciones, generados por el terremoto de Pisco (Agosto del 2007), los cuales fueron depositados en esas zonas, cercanas al área de desastre, como respuesta inmediata a la emergencia. Sin embargo se observa que hasta la fecha muchos de estos depósitos de escombros aún siguen siendo utilizados como botaderos por la población actual.

En el área urbana de San Andrés, cerca al Aeropuerto Internacional de Pisco, se han identificado puntos de acumulación de escombros y restos de demolición generados por el terremoto de Pisco, como lo constatan las imágenes satelitales del 2007 y 2010 (Foto 1). A finales del 2007 se observa que estas zonas de botaderos clandestinos aun no existían, sin embargo para mediados del 2010 ya se observa la acumulación de estos depósitos de escombros y residuos sólidos recientes. Asimismo, al costado de la carretera de acceso hacia San Andrés, se ha identificado un botadero abierto de dimensiones considerables, el cual llega a alcanzar una altura de más de 3 metros (ver Foto 2). Se observa en la Foto 04, residuos provenientes de paredes de concreto, ladrillos, cimientos, etc.



(a)



(b)



(c)



(d)

Foto 1. (a) Imagen satelital tomada el año 2007 después que el terremoto de Pisco ocurriera. (b) Imagen satelital tomada el año 2010, el cual evidencia que después del terremoto de Pisco en la zona demarcada de color rojo ha sido zona destinada a depositar escombros y restos de demolición. (c) y (d) muestran estos residuos clandestinos.



Foto 2. Frente a la carretera de acceso a la ciudad de San Andrés se observa un depósito de escombros de las obras de construcción y demolición.

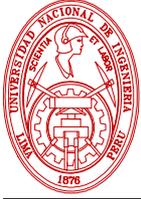
En la ciudad de Pisco, se observa acumulaciones de escombros, materiales y elementos de construcción a lo largo del litoral marino, siendo el de mayor volumen el que se muestra en la Foto 3, localizado en el sector noroeste de la ciudad. Este sector se encuentra conformado por un suelo pantanoso con nivel freático superficial, y se presume que debido a que no posee las condiciones para su habilitación urbana, por presentar condiciones desfavorables para su uso urbano, está siendo utilizado como depósito informal de residuos de construcción y material de demolición. Asimismo, parte de estos residuos de construcción arrojados frente al litoral marino están siendo también dispuestos en el área pantanosa con el fin de ganar terreno, como lo evidencia la Foto 6, cuyo fin se desconoce.



Foto 3. En el distrito de Pisco frente al litoral marino, se observa acumulaciones de escombros producidos por el terremoto de Pisco (Agosto del 2007), así como también restos de demolición generados por la población actual.



Foto 6. Escombros y materiales dispuestos frente al litoral marino de la ciudad de Pisco con el fin de ganar terreno al suelo pantanoso.



Además, a lo largo de la vía de acceso a la ciudad de Pisco, en la avenida principal Túpac Amaru, se ha identificado varias áreas que sirven como botaderos temporales de escombros y restos de demolición; se presume que debido a su cercanía a la zona urbana, este acopio temporal de escombros al costado de la avenida principal es conveniente para los pobladores pisqueños (ver Foto 7). Asimismo, parte de estos escombros han provenidos del colapso o la demolición de viviendas y otras edificaciones generados por el terremoto de Pisco (Ver Foto 8), los cuales fueron dispuestos en tales áreas como respuesta inmediata a la rápida remoción de la mayor cantidad de residuos en la zona de desastre - el área urbana de la ciudad de Pisco -, sin embargo cabe resaltar que hasta la fecha dichas áreas siguen siendo utilizados como botaderos temporales sin un adecuado manejo de ellos.



Foto 7. Dentro del área de estudio en la ciudad de Pisco, se han identificado varias zonas de botaderos temporales a lo largo de la avenida Tupac Amaru, los cuales pueden ser fácilmente identificados por la gente local o que procedan de otros lugares.



Foto 8. Con el fin de restablecer de la mejor manera posible y rápida los servicios básicos en el área urbana de Pisco después del terremoto de Pisco, parte de los escombros y materiales de demolición han sido dispuestos al costado de la avenida Túpac Amaru.

Por otro lado, en la periferia de la ciudad de Pisco dos zonas de suelo de relleno han sido identificadas. La primera zona ubicada como a casi 350 m entre la intersección de la Av.

Túpac Amaru y la Av. Las Américas, esta zona (ver Foto 9) está conformada en su mayor parte por escombros de materiales de construcción. Sin embargo, en la segunda zona localizada en la intersección entre la Av. Abraham Valdelomar y la carretera de Acceso a San Andrés se encuentra un botadero conformado tanto por desechos sólidos y escombros (como se aprecia en la Foto 10). La Foto 10 además muestra que los residuos están siendo arrojados en una zona de humedales donde varios animales silvestres habitan, sin ningún tipo de control y tratamiento, el cual obviamente genera un impacto ambiental. La visita de campo que se hizo a esta zona de rellenos confirma que esta área tiende a futuro a ocupar una mayor extensión y por ende afectar y alterar la vegetación y el hábitat de los animales nativos.



Foto 9. Botadero temporal ubicado a casi 350 m entre la intersección de la Av. Túpac Amaru y la Av. Las Américas.





Foto 10. Botadero temporal donde se arroja residuos sólidos y escombros, esta zona está actualmente ocupando una zona de humedales, por ende dañando la vegetación y alterando el hábitat de los animales nativos.

En el área urbana de la ciudad de San Clemente, se han identificado varios puntos de acumulación de escombros y restos de demolición. De acuerdo a la Foto 11, al suroeste del distrito de San Clemente, se observa sobre los suelos conformados por diatomitas, depósitos recientes de escombros de trabajo de construcción y demolición, los cuales actualmente forman hileras a lo largo del camino, sin embargo se prevé que con el tiempo estos depósitos tenderán a convertirse en botaderos de dimensiones considerables.



Foto 11. Al suroeste del distrito de San Clemente se ha identificado puntos de acumulación de escombros y restos de demolición, el cual probablemente con el tiempo tendera a convertirse en un botadero abierto de dimensiones considerables.

Al norte del área urbana de San Clemente (ver Foto 12), se ha identificado acumulaciones de materiales de escombros, tales como basura, materiales de demolición de construcciones, etc., las cuales alcanzan una altura mayor a un metro y medio. Lo más preocupante de estos depósitos, es que actualmente existen viviendas de material noble que yacen sobre ellos, como lo muestra la Foto 12, pues estos rellenos antrópicos son



susceptibles de producir grandes amplificaciones ante la ocurrencia de eventos sísmicos de considerable magnitud.



Foto 12. Al norte del área urbana de San Clemente se han identificado rellenos antrópicos que alcanza una altura de más de 1 m de espesor.

Al este del área urbana de San Clemente (ver Foto 13) presencia de descargas clandestinas de escombros y materiales de construcción se encuentran frente al cementerio de la ciudad, parte de estos residuos yacen sobre el área pantanosa ubicado junto a este cementerio (ver Foto 13), se prevee que con el tiempo tenderán a ocupar una mayor extensión por lo tanto llegando a cubrir toda el área pantanosa.



Foto 13. Botadero clandestino localizado frente al cementerio de la ciudad de San Clemente, parte de estos residuos yacen sobre un área pantanosa.

Al oeste del área urbana de San Clemente (ver Foto 14) punto de acumulación de escombros que yacen sobre los depósitos de Diatomitas han sido identificados en la salida de campo para este estudio, aun cuando sus volúmenes no son considerables las autoridades competentes y la población deben ser conscientes que estos botaderos clandestinos tenderán a aumentar en volumen y extensión con el tiempo.



Foto 14. Puntos de acumulación de escombros identificados al oeste de la ciudad de San Clemente.

Por último, acumulaciones de escombros de volumen de pequeño a mediano también se han identificado frente al litoral marino de los distritos de Paracas y San Andrés.

El Mapa M-01 muestra la distribución de los depósitos de escombros y suelos de rellenos identificados en el área de estudio.

4.3 Recomendaciones para el Tratamiento y Uso de los Suelos de Rellenos

Como es de conocimiento general, la Norma de Suelos y Cimentaciones E-050 del Reglamento Nacional de Construcciones, especifica que los suelos de rellenos heterogéneos no pueden ser utilizados para cimentar ningún tipo de estructura, recomendándose su remplazo con un suelo de relleno de material seleccionado y adecuadamente compactado. En consecuencia, las áreas donde se encuentran localizados estos depósitos de materiales de rellenos, escombros, residuos sólidos, etc. No deberán ser habilitados para fines de uso urbano.

La experiencia del terremoto de Pisco del 2007 nos muestra que los terrenos pantanosos que han sido rellenos con materiales heterogéneos (suelo, escombros, desmonte, residuos sólidos, etc.) y que luego fueron habilitados para la construcción de viviendas, han sido las zonas en que se presentaron los mayores daños a estas construcciones (CISMID, 2007), como evidencia de ello la Foto 15 muestra los escombros que aún permanecen en la zonas conformado por rellenos heterogéneos, definidas por el estudio de microzonificación sísmica de la ciudad de Pisco realizado por el CISMID en el 2007. Por lo tanto, para evitar que las áreas identificadas con estos tipos de depósitos de rellenos, posiblemente sean utilizadas para uso urbano de manera informal, es necesario que la autoridad local declare estas áreas como zonas intangibles, no aptas para uso urbano.



Foto 15. Viviendas que colapsaron durante el terremoto de Pisco (Agosto del 2007) fueron cimentadas en zona de rellenos heterogéneos, parte de sus escombros aún pueden ser vistos en la actualidad.

Las zonas conformadas por terrenos competentes para la habilitación urbana y que en la actualidad están siendo utilizados como áreas de botaderos de escombros, como es el caso del sector suroeste del distrito de San Clemente (Foto 11) y al oeste del área urbana de San Clemente (Foto 14), podrían ser habilitadas siempre y cuando el material de relleno heterogéneo sea removido en su totalidad. Caso contrario ocurre en el sector noroeste de la ciudad de Pisco, donde el material de escombros ha sido depositado sobre los suelos pantanosos y por lo tanto no es factible su remoción para el mejoramiento del suelo (Foto 6). En consecuencia, en este caso se deberá declarar su intangibilidad para el uso urbano.



5 DOCUMENTO PROPUESTA DE PARÁMETROS URBANÍSTICOS, UTILIZANDO LA INFORMACIÓN DE GEOTECNIA Y DE DINÁMICA DE LOS SUELOS; COMO INSTRUMENTO ORIENTADOR PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LOS FUTUROS PROYECTOS QUE SE EMPRENDAN EN EL ÁREA

5.1 Población

Del total de la población de la Región Ica, la Provincia de Pisco concentra el 17.3%⁴; mientras que en el año 1993 representó el 19.1%⁵. Con lo cual podríamos afirmar que su presencia en la estructura demográfica de la Región ha ido disminuyendo en los últimos 15 años. La tasa de crecimiento de la Provincia 2007-1993, es una de las más bajas de la Región, se ubica después de las Provincias de Ica (1.9) y Chincha (1,8).

CUADRO
TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL: PERIODO 1961 – 2007
TASA DE CRECIMIENTO MEDIA- ANUAL
URBANA

	61 – 72	72 – 81	81 – 93	2007-1993
DPTO. ICA	3.1	3.1	2.5	1.6
PROVINCIA PISCO	3.5	2.4	2.3	1.3

FUENTE: INEI- COMPENDIO ESTADÍSTICO ICA 2008-2009

CUADRO
POBLACIÓN ESTIMADA POR GRUPOS DE EDAD,
SEGÚN PROVINCIA Y DISTRITO

DEPARTAMENTO DE ICA - AÑO 2011	
PROVINCIA / DISTRITO	TOTAL
PISCO	132,018
PISCO	55,236
HUANCANO	1,695
HUMAY	5,718
INDEPENDENCIA	13,498
PARACAS	5,341
SAN ANDRES	13,519
SAN CLEMENTE	20,753
TUPAC AMARU INCA	16,258

FUENTE: Ministerio de Salud - Oficina General de Estadística e Informática

⁴ Compendio Estadístico ICA 2008-2009. INEI.

⁵ Proyecciones del Plan de Desarrollo Provincial 1998. Municipalidad de Pisco.



La población de la zona de estudio que comprende los distritos de Pisco, Paracas, San Andrés, San Clemente y Túpac Amaru representa el 84.2% de la población total de la Provincia. El distrito de Pisco el que presenta mayor población de la Provincia con un crecimiento poco significativo. En 1993 registró una población de 52,019 habitantes que representó el 49.8% de la población total de la provincia; en el año 2011 registró una población de 55,236 habitantes que representa el 41.8% de la población provincial. En 18 años la población de este distrito se ha incrementado en 3,307 habitantes, por lo cual podríamos afirmar que la población se ha desplazado a otro territorio después del terremoto del 2007 o que la dinámica poblacional y la presión inmobiliaria es muy baja.

5.2 Instalaciones Estratégicas

5.2.1 Transporte y Vialidad

La Provincia de Pisco, como las demás provincias y departamentos de la costa sur, está inter- conectada por la carretera Panamericana Sur, que se prolonga desde la ciudad de Tacna hasta llegar a la ciudad de Lima. Esta vía integra principalmente en el ámbito regional a Pisco con las provincias de Lima, Chincha e Ica.

El sistema vial provincial está compuesto por vías de diferente función, las cuales se han agrupado de acuerdo a la siguiente clasificación vial (ver cuadro 3)(ver lamina VP)

Vías Regionales

Forma parte del Sistema Nacional de Carreteras, cruza el área provincial vinculando a todos los distritos con el resto del país. Está destinada fundamentalmente para el transporte inter-provincial y el transporte de carga, y en el área provincial absorbe flujos de transporte urbano.

1. La carretera Panamericana Sur, integra los distritos de San Clemente, Túpac Amaru, ubicados en los cruces de las vías regionales, además de otros pequeños centros poblados, como Pozo Santo y Santa Cruzl.

Vía Sub - Regional

Integra la provincia con distintas Sub - Regiones del país, no recibe grandes flujos vehiculares como la vía regional y absorbe flujos de transporte urbano.

1. La carretera Libertadores - Wari penetra hasta la sierra, se encuentra asfaltada hasta la ciudad de Ayacucho y Castrovirreyna. En el ámbito provincial esta vía permite el acceso a los distritos de Independencia, Humay y Huáncano.



Vías Colectoras

Colectoras interdistritales

1. La Av. Fermín Tangüis, vía de acceso a la ciudad de Pisco, al integrarse con la Av. Las Américas, (vía que bordea la ciudad y que continua paralela al litoral), conforman una vía que integra los distritos de Pisco, San Andrés y Paracas. Actualmente es el acceso principal a la zona industrial pesquera, el puerto San Martín y a la Reserva Nacional de Paracas. (ver lamina VP)
2. La vía que parte del distrito de Túpac Amaru se desarrolla a lo largo de la margen izquierda del río Pisco, integra las áreas agrícolas y los poblados de CAU Paracas y Bernales. Vía sin afirmar que se une al otro margen del río con la carretera Libertadores - Wari por el puente ubicado a la altura del poblado de Santa Isabel en el distrito de Independencia.

Colectoras Distritales

1. La vía que parte de la carretera Panamericana Sur a la altura del poblado de Santa Cruz, cruza longitudinalmente la pampa de Santo Domingo hacia el balneario de Paracas. Esta vía también sirve de acceso a la R.N.P y al litoral de Pisco, actualmente no está afirmada, pero el CTAR de Ica ha presupuestado para el año 1999 su asfaltado, pues a futuro deberá convertirse en acceso directo al litoral de la provincia, a ser usada principalmente por los vehículos de carga que circulan hacia el puerto y la zona industrial. (ver lamina VP)
2. En toda la R.N.P. Solo se permiten trochas carrozables, estas interconectan las playas y sitios arqueológicos de la reserva, siendo el principal acceso por el distrito de Paracas, esta trocha nos lleva a las playas de la Mina, Lagunilla, las Salinas de Otuma y las Playas de Laguna Grande. A estos lugares también se accede directamente desde una trocha que parte desde la panamericana Sur a la altura del poblado de Pozo Santo, cruzando toda la pampa Colorado hasta llegar a las playas de Laguna Grande, existiendo también un desvío que cruza la Pampa Joya grande, Morro Quemado, hasta llegar a la playa el Morro en la Bahía de La Independencia. (ver lamina VP)
3. Existen trochas dentro de los distritos que unen las áreas agrícolas con las vías regionales, la red más importante es la que integra todas las pampas agrícolas de Cabeza de Toro en su parte alta y baja llegando hasta la carretera Panamericana Sur y a la Libertadores Wari. (ver Plano)

Actualmente, de acuerdo a la información del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, PROVIAS tiene en la Provincia de Pisco, un proyecto en mantenimiento periódico: tramo San Clemente- Puente Choclococha; y un proyecto en ejecución: Punta Pejerrey-San



Clemente-Ayacucho. Por otro lado, se encuentra en concesión la Red N°06. Pucusana-Cerro Azul-Ica por un plazo de 30 años iniciado en el 2005. Los dos proyectos estratégicos para el desarrollo de la provincia, el Aeropuerto y el Puerto San Martín se encuentran en concesión. El Aeropuerto ha sido concesionado en el año 2006 por un plazo de 25 años; y el Puerto está en licitación y se espera otorgar la buena pro en el primer trimestre del presente año por un plazo de 30 años. (ver Planos y cuadros)

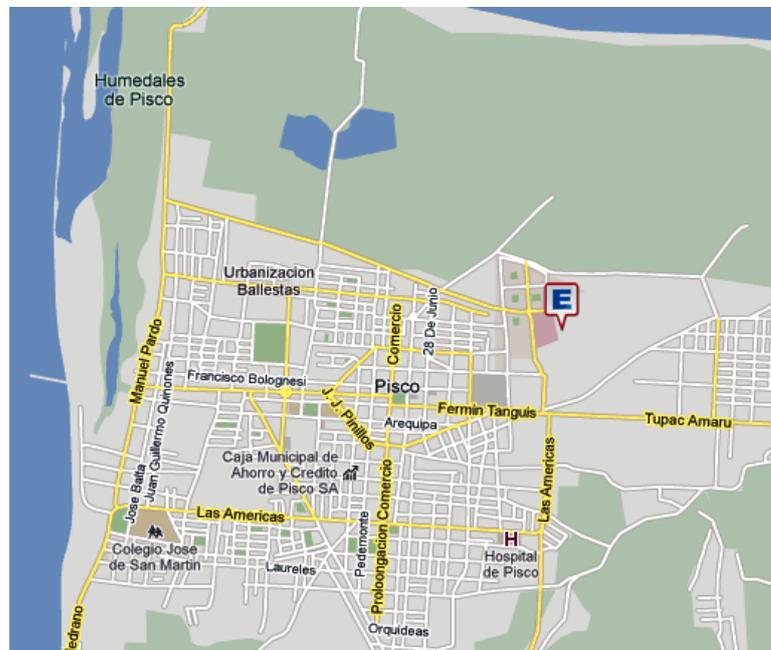
5.3 Riesgo por Inundaciones y Sismos

El acceso de la Provincia de Pisco terrestre desde y hacia el norte y el sur del territorio nacional a través de la Carretera Panamericana y la futura Autopista atraviesan las zonas III y IV del Estudio de Microzonificación Sísmica calificadas de mayor riesgo. Eventualmente y dependiendo de la magnitud de futuros eventos, las vías podrían colapsar y aislar la Provincia. Los medios de comunicación más confiables podrían ser el Aeropuerto y el Puerto San Martín.

5.4 Establecimientos de Salud

PISCO

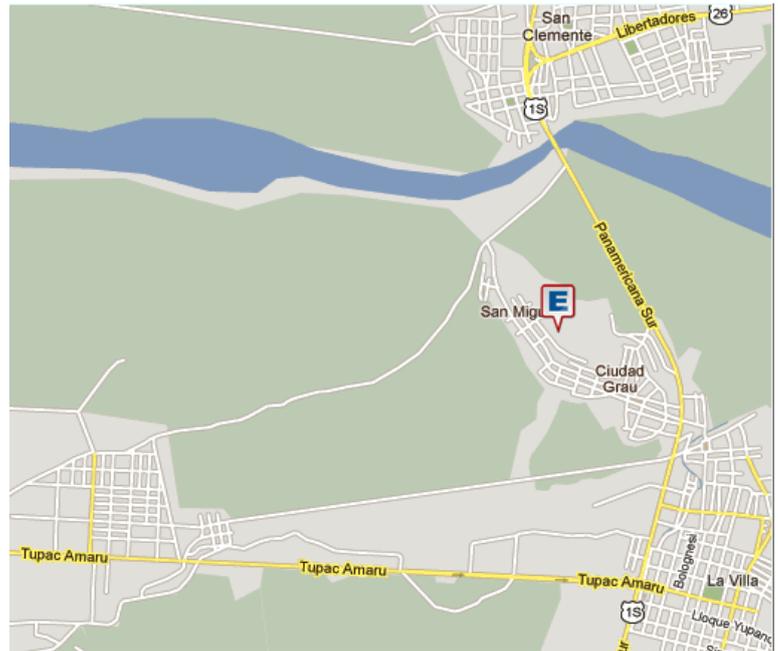
San Juan de Dios
CALLE SAN JUAN DE DIOS N° 350





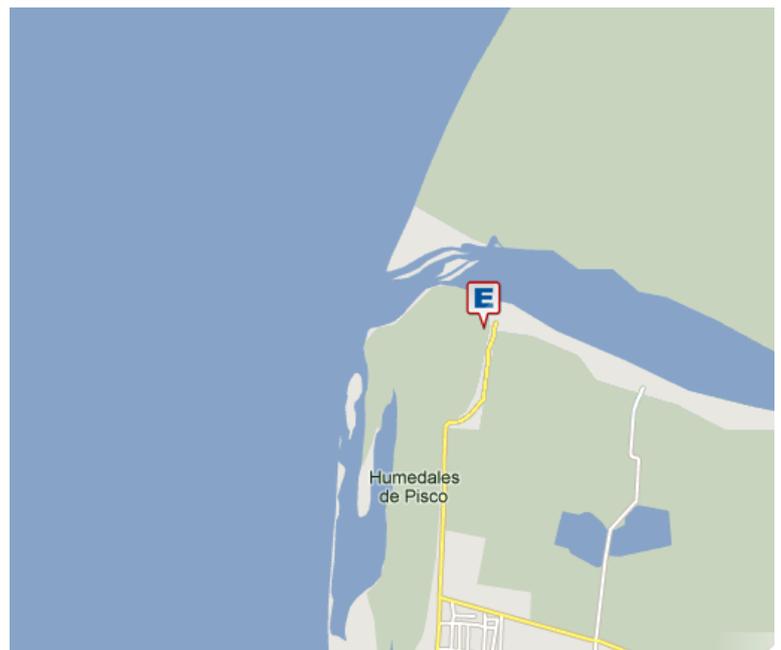
PISCO

San Miguel
AV. SAN MARTIN S/N - FRENTE A
PLAZA DE ARMAS



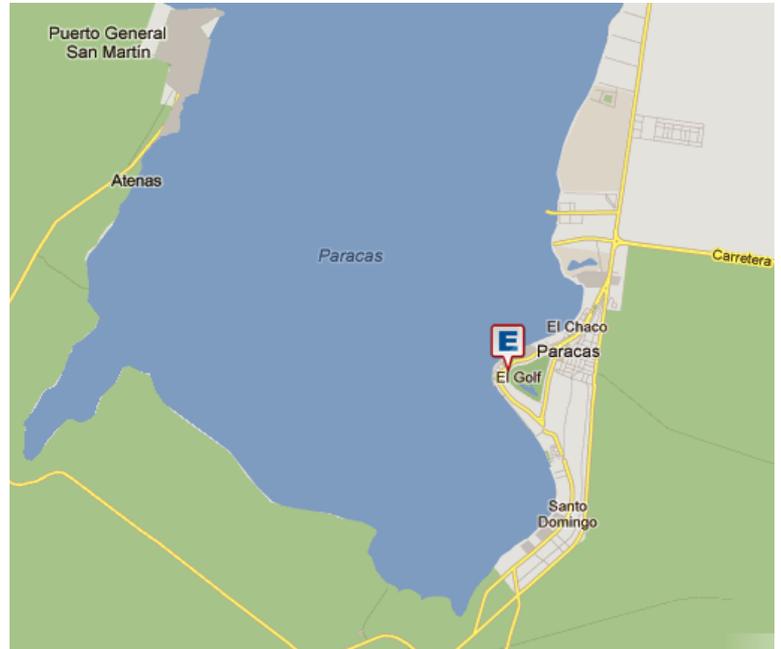
PISCO

San Martín de Porras
AV. LAS AMÉRICAS MZ. F LOTE 2

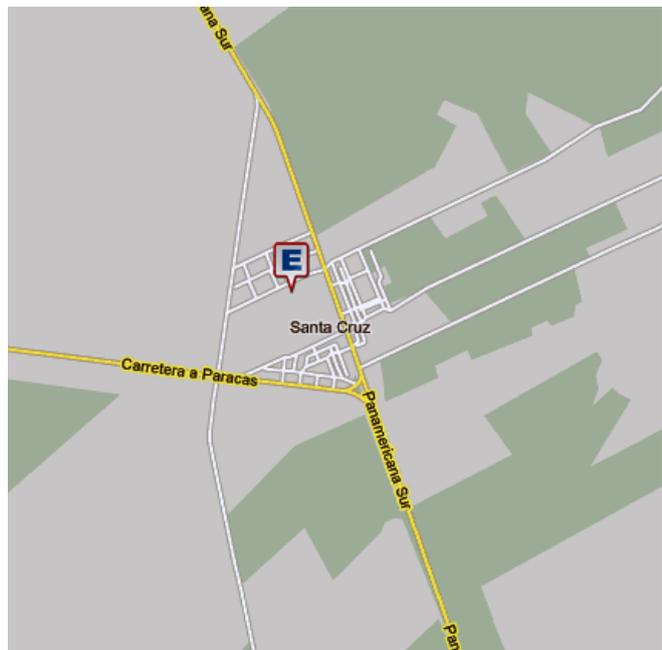




PARACAS
AV. LOS LIBERTADORES MZ. A LT. 2



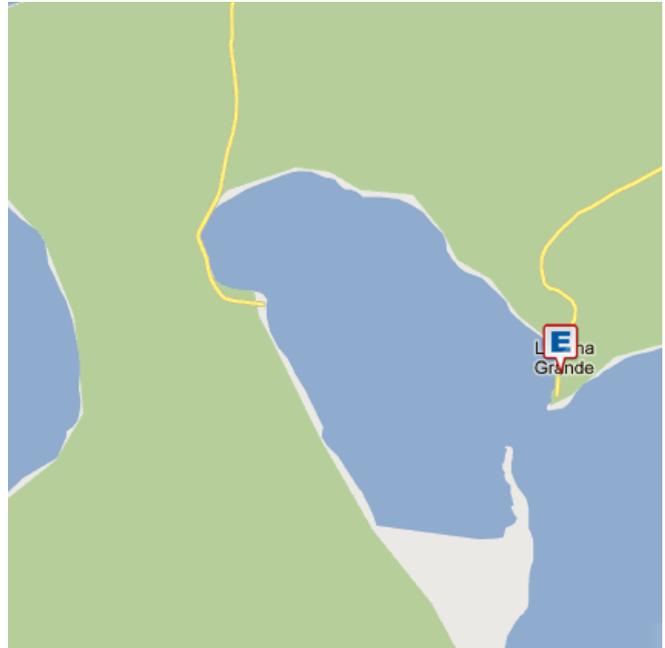
PARACAS
Santa Cruz





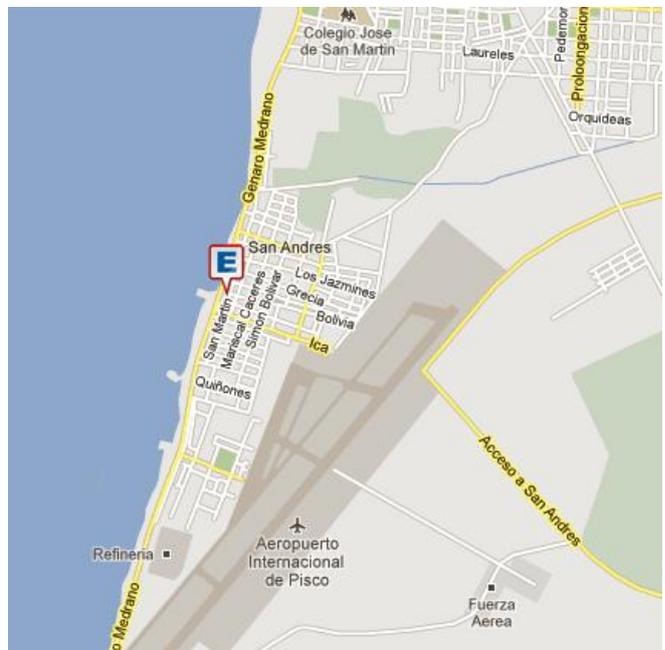
PARACAS

Laguna Grande



SAN ANDRÉS

San Andrés
AV. SIMÓN BOLÍVAR S/N

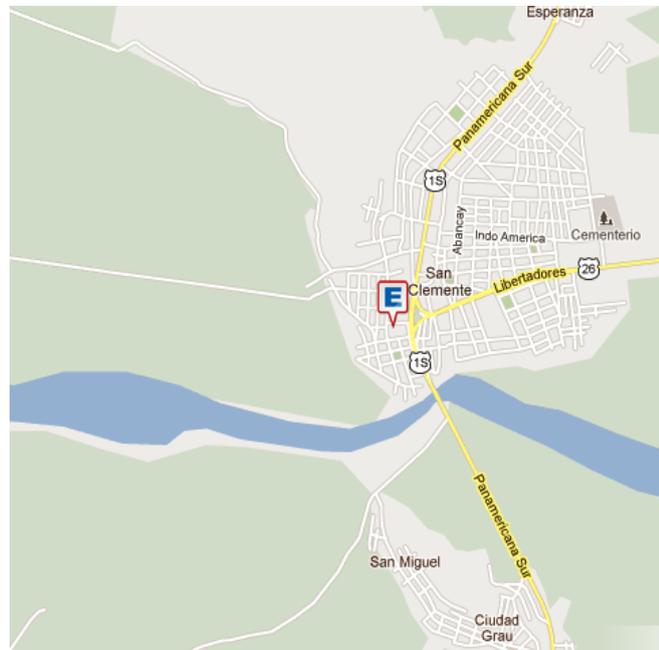




SAN CLEMENTE

San Clemente

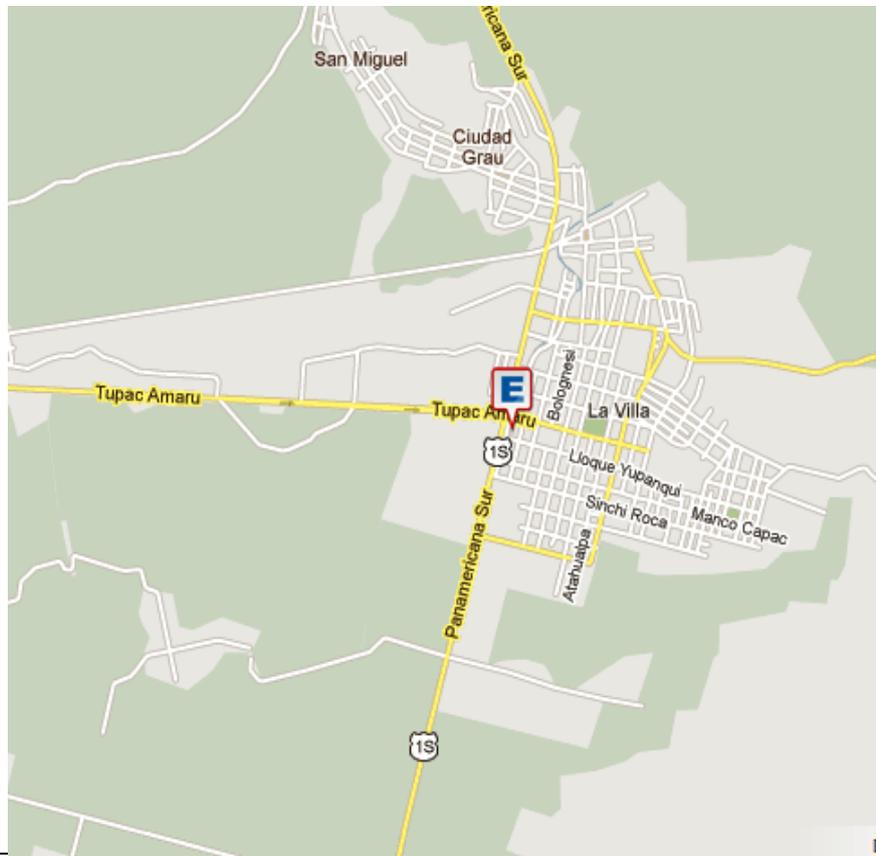
Camacho



TÚPAC AMARU

Túpac Amaru
URB. HUASCAR MZ. 38-A

Casalla
CALLE VICTORIA MZ. 23
LT. 12B





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES



INSTITUCIONES EDUCATIVAS

INSTITUCIONES EDUCATIVAS - ZONA DE TRABAJO EN LA PROVINCIA DE PISCO

PARACAS

Nom. IIEE	Nivel	Dirección	Docentes	Alumnos
205	Inicial Jardín	AVENIDA LOS LIBERTADORES S/N	3	70
210	Inicial Jardín	CALLE JOSÉ GÁLVEZ S/N	3	91
22716 CARLOS NORIEGA JIMÉNEZ	Inicial Jardín	CARRETERA PANAMERICANA SUR KM 244.5	1	26
22769	Inicial Jardín	CARRETERA SANTANA CHIRI KM 4.5	1	18
ANEXO-210	Inicial Jardín	CARRETERA PANAMERICANA SUR KM 244	1	44
22489	Primaria de Menores	AVENIDA LOS LIBERTADORES S/N	7	103
22716 CARLOS NORIEGA JIMÉNEZ	Primaria de Menores	CARRETERA PANAMERICANA SUR KM 244.5	12	292
22769	Primaria de Menores	CARRETERA SANTANA CHIRI KM 4.5	2	40
IEGEMUN LAGUNA GRANDE	Primaria de Menores	LAGUNA GRANDE	1	9
22489	Secundaria de Menores	AVENIDA LOS LIBERTADORES S/N	9	68
22716 CARLOS NORIEGA JIMÉNEZ	Secundaria de Menores	CARRETERA PANAMERICANA SUR KM 244.5	13	152
			53	913

PISCO

Nom. IIEE	Nivel	Dirección	Docentes	Alumnos
PISCO	CETPRO	AVENIDA MCAL CASTILLA CUADRA 4 S/N	13	448
PISCO	Educ. Especial.	CALLE COMERCIO CUADRA 10 S/N	12	54
CEBA - BANDERA DEL PERÚ	Educación Básica alternativa	CALLE RAÚL PORRAS BARRENECHEA CUADRA 1 S/N	9	148



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

**CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES**



PISCO	Educación Superior Tecnológica - IST	AVENIDA LAS AMÉRICAS S/N	11	114
LUISA DE LA TORRE ROJAS	Inicial Cuna - Jardín	CALLE BEATITA DE HUMAY 502	8	179
182	Inicial Jardín	CALLE AREQUIPA 387	20	599
187	Inicial Jardín	CALLE JUAN J MIRANDA 4TA CUADRA S/N	5	133
189	Inicial Jardín	CALLE PROL SAN CLEMENTE S/N	4	115
194	Inicial Jardín	CALLE MANUEL PARDO CUADRA 3 S/N	3	88
195	Inicial Jardín	CALLE ENRIQUE MESTANZA CUADRA 3 S/N	3	83
196	Inicial Jardín	CALLE SAN MARTIN DE PORRAS 310	5	154
197	Inicial Jardín	MZ A LOTE 9	2	56
199	Inicial Jardín	BOCA DEL RIO MZ R LOTE 2 VIVIENDA COOP. DE MIGUEL GRAU	1	37
200	Inicial Jardín	CALLE PROL. CIENEGUILLA CUADRA 5 S/N	2	68
206 MARÍA E. PACHECO DE TIZÓN	Inicial Jardín	AVENIDA ABRAHAM VALDELOMAR S/N	3	79
211	Inicial Jardín	MZ I LOTE 29	2	67
22459 JULIO C. TELLO	Inicial Jardín	CALLE JUAN JOSÉ PINILLOS 301	1	35
22460	Inicial Jardín	CALLE FRAY RAMÓN ROJAS 178	2	53
22464 REPUBLICA ARGENTINA	Inicial Jardín	CALLE RAÚL PORRAS BARRENECHEA 200	1	36
22469 SAN MIGUEL	Inicial Jardín	CALLE SAN JOSÉ 275	1	28
22488 JORGE CHÁVEZ DARTNELL	Inicial Jardín	CALLE 04 DE JULIO 461	2	68
22695	Inicial Jardín	CALLE PROL. FERMÍN TANGUIS S/N	1	38
22777 NUESTRA SEÑORA DE LAS AMÉRICAS DE COPRODELI	Inicial Jardín	LAS AMÉRICAS EX FUNDO NAVARRO	5	57



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES



JOSÉ DE SAN MARTIN	Inicial Jardín	CALLE JOSÉ BALTA 769	2	66
SANTA LUISA DE MARILLAC	Inicial Jardín	AVENIDA BOLOGNESI 428	1	38
22454 MIGUEL GRAU SEMINARIO	Primaria de Menores	AVENIDA GARCILAZO DE LA VEGA 144	11	224
22455 JOSÉ DE LA TORRE UGARTE	Primaria de Menores	AVENIDA MARISCAL CASTILLA 310	32	785
22459 JULIO C. TELLO	Primaria de Menores	CALLE JUAN JOSÉ PINILLOS 301	31	800
22460	Primaria de Menores	CALLE FRAY RAMÓN ROJAS 178	11	208
22462 HILDA BRINGAS QUINTANILLA	Primaria de Menores	CALLE ÁNGEL ASTENGO 118	23	543
22463 RICARDO PALMA	Primaria de Menores	CALLE SÁNCHEZ CERRO 210	7	77
22464 REPUBLICA ARGENTINA	Primaria de Menores	CALLE RAÚL PORRAS BARRENECHEA 200	24	632
22469 SAN MIGUEL	Primaria de Menores	CALLE SAN JOSÉ 275	11	271
22478	Primaria de Menores	BOCA DE RIO MZ D LOTE 16	1	13
22488 JORGE CHÁVEZ DARTNELL	Primaria de Menores	CALLE 04 DE JULIO 461	14	289
22540 NUESTRA SEÑORA DE GUADALUPE	Primaria de Menores	AVENIDA SAN MARTIN 594	14	293
22544 PEDRO P. CASTRO PELÁEZ	Primaria de Menores	AVENIDA SAN MARTIN 604	7	151
22646 CARLOS M. MEDRANO VÁSQUEZ	Primaria de Menores	CALLE LOS ÁLAMOS S/N	7	151
22695	Primaria de Menores	CALLE PROL. FERMÍN TANGUIS S/N	3	77
22777 NUESTRA SEÑORA DE LAS AMERICAS DE COPRODELI	Primaria de Menores	LAS AMÉRICAS EX FUNDO NAVARRO	12	174
JOSÉ DE SAN MARTIN	Primaria de Menores	CALLE JOSÉ BALTA 769	14	331
SANTA LUISA DE MARILLAC	Primaria de Menores	AVENIDA BOLOGNESI 428	14	441
22454 MIGUEL GRAU SEMINARIO	Secundaria de Menores	AVENIDA GARCILAZO DE LA VEGA 144	21	372
22469 SAN MIGUEL	Secundaria de Menores	CALLE SAN JOSÉ 275	12	200
BANDERA DEL PERÚ	Secundaria de Menores	CALLE RAÚL PORRAS BARRENECHEA S/N	91	1701



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES



JOSÉ DE SAN MARTIN	Secundaria de Menores	CALLE JOSÉ BALTA 769	58	1113
RAÚL PORRAS BARRENECHEA	Secundaria de Menores	CALLE ENRIQUE MESTANZA 5TA CUADRA S/N	40	605
SANTA LUISA DE MARILLAC	Secundaria de Menores	AVENIDA BOLOGNESI 428	18	338
			595	12630

TÚPAC AMARU

Nom. IIEE	Nivel	Dirección	Docentes	Alumnos
22471	Educ. Especial.	AVENIDA TÚPAC AMARU CUADRA 3 S/N	1	13
AUGUSTO SALAZAR BONDY	Educación Básica alternativa	MZ C LOTE 10	7	75
22471	Inicial Jardín	AVENIDA TÚPAC AMARU CUADRA 3 S/N	2	69
190 AMIGOS DE LA PROVINCIA DE SEVILLA	Inicial Jardín	AVENIDA TÚPAC AMARUMZ 25 LOTE 04	4	131
191	Inicial Jardín	CALLE MIGUEL GRAU S/N	4	122
FE Y ALEGRÍA 77	Inicial Jardín	CALLE 06 Y 09 INTERSECCIÓN	4	60
FE Y ALEGRÍA 77	Primaria de Menores	CALLE 06 Y 09 INTERSECCIÓN	6	149
22453 FRANCISCO BOLOGNESI CERVANTES	Primaria de Menores	CALLE FRANCISCO LAZO S/N	12	253
22471	Primaria de Menores	AVENIDA TÚPAC AMARU S/N	34	823
FE Y ALEGRÍA 77	Secundaria de Menores	CALLE 06 Y 09 INTERSECCIÓN	4	79
JOSÉ ABELARDO QUIÑONES GONZALES	Secundaria de Menores	AVENIDA TÚPAC AMARU MZ A LOTE 1	48	986
			126	2760

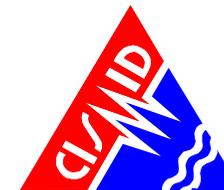
SAN CLEMENTE

Nom. IIEE	Nivel	Dirección	Docentes	Alumnos
SAN CLEMENTE	CETPRO.	AVENIDA LIBERTADORES 719	4	86
22468 MARÍA PARADO DE BELLIDO	Educ. Especial.	AVENIDA MIRAFLORES 609	2	22



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

**CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES**



22517 ROSA DE SANTA MARÍA	Educ. Especial.	CALLE MANUEL SCORZA 2 CUADRA	2	7
CEBA - JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI	Educación Básica alternativa	CALLE JAZMÍN S/N	11	166
CARLOS MEDRANO VÁSQUEZ	Educación Magisterial - ISP	CARRETERA PANAMERICANA SUR KM 227	17	178
22778 VILLA LA ESPERANZA	Inicial Jardín	AGUA SANTA	1	19
183	Inicial Jardín	CALLE SAN CLEMENTE 306	2	53
204 HILDA SALAS DE ASPILCUETA	Inicial Jardín	CALLE MIGUEL GRAU 302	2	61
201 ANGELITOS DE JESÚS	Inicial Jardín	CALLE BARRIOS ALTOS 514	3	141
208 NUESTRA SEÑORA DE CHAPI	Inicial Jardín	CALLE BARRIOS ALTOS 304	3	131
FE Y ALEGRÍA 68	Inicial Jardín	MZ 309MZ 309	3	89
184	Inicial Jardín	CALLE COPACABANA 113	4	98
193 SEMILLITA DE LA VIRGEN MARÍA	Inicial Jardín	CALLE ALFONSO UGARTE 709	6	182
22604 SAN VICENTE DE PAUL	Primaria de Menores	CAMACHO	1	17
22778 VILLA LA ESPERANZA	Primaria de Menores	AGUA SANTA	3	21
FE Y ALEGRÍA 68	Primaria de Menores	MZ 309MZ 309	4	174
22517 ROSA DE SANTA MARÍA	Primaria de Menores	CALLE SÁNCHEZ CERRO 201	7	120
22468 MARÍA PARADO DE BELLIDO	Primaria de Menores	AVENIDA MIRAFLORES 609	18	429
JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI	Primaria de Menores	CALLE JAZMÍN S/N	43	1179
FE Y ALEGRÍA 68	Secundaria de Menores	MZ 309MZ 309	11	190
22468 MARÍA PARADO DE BELLIDO	Secundaria de Menores	AVENIDA MIRAFLORES 609	17	312
JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI	Secundaria de Menores	CALLE JAZMÍN S/N	54	1078
			218	4753



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

**CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES
SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES**



SAN ANDRÉS

Nom. IIEE	Nivel	Dirección	Docentes	Alumnos
VIRGEN DE LORETO	CETPRO.	CARRETERA PARACAS 30	5	85
CEBA - 22472 CAP. FAP RENAN ELÍAS OLIVERA	Educación Básica alternativa	CALLE GRECIA 567	9	105
22472 CAP.FAP RENAN ELÍAS OLIVE	Inicial Jardín	CALLE GRECIA 567	1	25
207	Inicial Jardín	EULOGIA ELÍAS MZ C LOTE 11	3	90
185 TERESA DE GONZALES DE REAL DE FANNING	Inicial Jardín	CALLE ESPAÑA CUADRA 4 S/N	10	240
22479 VIRGEN DEL ROSARIO DE PAMPAS DE OCAS	Primaria de Menores	CARRETERA PANAMERICANA SUR KM. 232.5	2	29
22697	Primaria de Menores	MZ C LOTE 1 CASABLANCA	3	34
22472 CAP.FAP RENAN ELÍAS OLIVE	Primaria de Menores	CALLE GRECIA 567	15	334
22473 SANTÍSIMA VIRGEN INMACULADA CONCEPCIÓN	Primaria de Menores	CALLE GRECIA 511	23	653
SGTO 2DO.FAP LÁZARO ORREGO M.	Secundaria de Menores	BASE AÉREA GRUPO 51	9	161
22472 CAP.FAP RENAN ELÍAS OLIVE	Secundaria de Menores	CALLE GRECIA 567	29	532
Fuente: Estadística de la Calidad Educativa -ESCALE. Ministerio de Educación - 2012.			109	2288



5.5 PARÁMETROS URBANOS

El Modelo de Desarrollo Urbano – Pisco 2012-2021 genera un ámbito de intervención en un área de aproximadamente 27890.80 Has con una estrategia de fortalecimiento de las actividades actuales en las existentes 1978.90 Has y la generación de economías sobre la base de cadenas productivas interregionales.

Usos del suelo

	Zona	Área	
		(Has)	%
ZTE	Zona de tratamiento especial	13596.20	48.7
ZR	Zona reservada	5478.20	19.6
I4	Industria pesada básica	2261.50	8.1
AUA	Área urbana actual	1978.90	7.1
ZHR	Zona de habilitación recreacional	1058.30	3.8
ZTE 1	Zona de tratamiento especial - turismo	842.20	3.0
OU	Otros usos –aéreo-marítimo	812.80	2.9
RDM	Residencial densidad media	800.00	2.9
I2	Industria liviana	572.90	2.1
OU-EQ	Cultural-comercial-industrial	338.60	1.2
I3	Gran industria	151.90	0.5

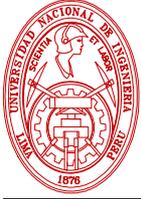
Fuente: Programa Nuestras Ciudades-Modelo de Desarrollo Urbano –Visión Pisco 2012-2021. Enero 2012.

Para la definición de los parámetros urbanos, sobre la base de los estudios de microzonificación geotécnica y el área de tsunami, que orientarían la definición de la vulnerabilidad física del ámbito de intervención, se ha establecido las características de las condiciones de cimentación para el caso de edificaciones de vivienda convencional de albañilería de tres pisos, correspondiente a la vivienda unifamiliar de la zona Residencial de Densidad Media RDM.

ZONA I (en verde) ZG1

En esta zona el suelo de cimentación es competente, la profundidad de cimentación mínima según la norma de suelos y cimentaciones E050 del reglamento nacional de edificaciones, es de 0.80 m. Para el caso de edificaciones indicadas, la capacidad de carga de una cimentación corrida de 0.6 m de ancho es de 2 a 3.5 Kg/cm². Para edificaciones de mayor altura, dependiendo de las cargas que éstas puedan transmitir, se pueden diseñar cimentaciones mediante zapatas cuadradas o rectangulares con mayor capacidad de carga y a profundidades de cimentación de 1.0 a 1.5 m.

En esta zona se puede realizar un desarrollo masivo con edificaciones convencionales (aquellas de uso común que son de mampostería), con una relativa poca profundidad de cimentación, con costo razonablemente económico.



Zona II (en amarillo) ZG2

En esta zona el suelo de cimentación es relativamente competente, la profundidad de cimentación mínima es de 1.50 m. Para el caso de edificaciones indicadas, la capacidad de carga de una cimentación corrida de 0.6 m de ancho es de 1.5 a 2.0 Kg/cm². Para edificaciones de mayor altura, dependiendo de las cargas que éstas puedan transmitir, se pueden diseñar cimentaciones mediante zapatas cuadradas o rectangulares con mayores capacidad de carga y a profundidades de cimentación de 2.0 a 2.5 m.

En esta zona, aun cuando el suelo presenta una buena capacidad de carga, esta se encuentra a profundidades mayores a 1.50 m, lo cual hace que la edificación tenga un mayor costo. Para otro tipo de uso, como por ejemplo hospitales, colegios, centros comerciales, donde se debe realizar una mayor inversión, y donde necesariamente se deba realizar un estudio de suelo específico, esta zona puede ser utilizada también sin restricción.

Zona III (en naranja) ZG3

En esta zona el suelo de cimentación es relativamente desfavorable, la profundidad de cimentación es de 1.50 m a 2.0 m. En esta zona, para el caso de edificaciones de viviendas convencionales de albañilería de hasta 2 pisos, la capacidad de carga de una cimentación corrida de 0.6 m de ancho es de 0.6 a 1.0 Kg/cm². Para edificaciones de mayor altura, se deberá realizar un estudio de mecánica de suelos detallado para el diseño de las cimentaciones y evaluar la necesidad de utilizar cimentaciones profundas.

En esta zona no sería recomendable realizar un desarrollo masivo con edificaciones convencionales, debido al considerable costo que requeriría construir una cimentación adecuada. Sin embargo, se podría hacer uso de este suelo para un desarrollo industrial, en donde la capacidad de inversión es bastante mayor.

Zona IV (en rojo) ZG4

Esta es una zona de tratamiento especial. Comprende depósitos de arenas limpias potencialmente licuables, depósitos marinos, depósitos en zonas de humedales y rellenos antrópicos.

Zona de inundación por tsunami (en achurado) ZTs

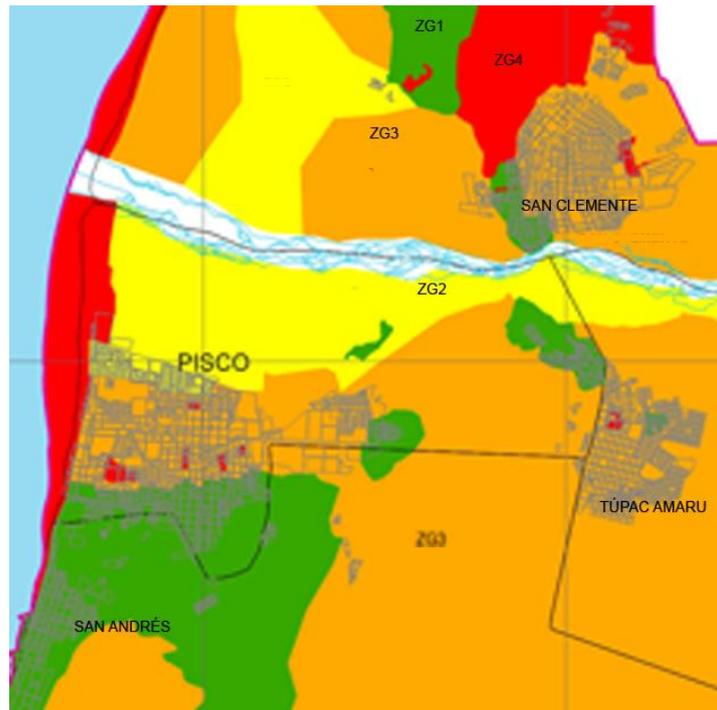


tipo de suelo se hace más extenso, llegando hasta 5000 mts del litoral. Al norte comparte con la ZTE el suelo ZG3.

Las zonas industriales (I2, I3, I4) se ubican en suelo de arenas limosas ZG3, y en menor proporción en suelo de gravas densas ZG1.

Las ciudades de San Clemente y Túpac Amaru, incluyendo al centro poblado de San Miguel y el norte de la ciudad de Pisco, se ubican sobre depósitos de arenas limosas correspondientes a la zona ZG3. El sur de la ciudad de Pisco y la ciudad de San Andrés se ubican sobre depósitos de gravas densas ZG1 y la ciudad de Paracas sobre depósitos eluviales de arenas limosas densas ZG1.

Las ciudades de Túpac Amaru y San Clemente y el asentamiento San Miguel podrían desarrollar un proceso de conurbación sobre suelo catalogado ZG1 (al oeste de San Miguel) y ZG2 en el margen izquierdo del Río Pisco. El posible crecimiento de San Clemente al norte tiene un fuerte límite con la presencia de humedales y suelo potencialmente licuable de alto riesgo catalogado ZG4. La ciudad de San Andrés y parte de Paracas están expuestas a inundación por tsunamis. Al interior de las ciudades de Pisco, San Clemente y Túpac Amaru se ubican áreas de rellenos antrópicos que podrían ser removidos; estas áreas podrían ser tratadas como espacios públicos a fin de evitar su ocupación por edificaciones urbanas.



CONCLUSIONES

El límite más importante para la edificación en el área de intervención son los costos. Por lo cual, la vivienda para sectores socio-económicos de bajos recursos debe ubicarse en la zona ZG1 que ofrece mejores condiciones para una edificación tradicional en albañilería. Sin embargo debemos mencionar que no debería impulsarse la autoconstrucción.



El la zona ZG4 es alto riesgo la edificación debido al comportamiento del suelo. Desde el punto de vista de disponibilidad de técnicas constructivas es posible, pero sus costos y exposición a la pérdida total es alto. Las áreas con esta catalogación ubicadas al interior de las ciudades deberían ser ocupadas por actividades recreativas o paisajísticas a fin de que, dentro de unos años, no aparenten estar disponibles para otro uso urbano.

La accesibilidad del área de intervención con el norte del país podría quedar interrumpida luego de un sismo severo debido a que, tanto la Carretera Panamericana como la Autopista (en trazo) pasan por zonas ZG1. Así mismo, estaría en alto riesgo la pista del Aeropuerto en sus límites sur oeste, ya que estaría en la zona de inundación del tsunami ZTs.

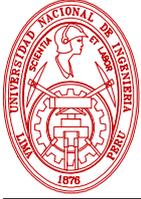
Las áreas de crecimiento urbano para las ciudades, desde el análisis de la vulnerabilidad física, serían las siguientes. Para la ciudad de pisco hacia el sur y sur-este; para San Clemente y Túpac Amaru hacia el área intermedia entre ambas generándose un proceso de conurbación. Para la ciudad de Paracas hacia el norte, al este de la línea de tsunami. San Andrés sería fuertemente afectada por el tsunami.

RECOMENDACIONES

Evaluar la situación de los locales escolares ubicados en la zona ZTs, ya que estarían expuestos a inundación luego de un sismo severo.

A fin de atender la emergencia en posibles cortes del servicio eléctrico de diferentes fuentes, sería adecuado que los locales de salud dispongan de una instalación de celdas fotovoltaicas.

Evaluar la situación de la ciudad de San Andrés ya que es la zona urbana de mayor exposición al tsunami y en la actualidad ocupa suelo potencialmente licuable.



6 DOCUMENTO PROPUESTA DE EXPEDIENTE TÉCNICO DE MÓDULOS DE VIVIENDAS CON CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS ACORDE A LOS DIVERSOS TIPOS DE SUELOS IDENTIFICADOS

6.1 Memoria Descriptiva Arquitectura

GENERALIDADES

El proyecto consiste en el desarrollo de alternativas de vivienda económica para su construcción en distintos tipos de lotes ubicados en la zona urbana de la ciudad de Pisco.

Para el proyecto se han considerado un tipo de lote según el frente mínimo correspondiente a 4.25m. Las dimensiones del fondo es 9.20m.

VIVIENDA UNIFAMILIAR POR ETAPAS EN LOTE DE 4.25M DE FRENTE

Este proyecto consiste en una edificación de dos pisos para una vivienda unifamiliar que crece en dos etapas. En primera etapa con un total de 45m² la vivienda tiene dos pisos y los ambientes básicos necesarios. (sala-comedor, cocina, baño, dormitorio).

La ubicación de los servicios, cerca al ingreso, permite un fácil y económico acceso de las instalaciones de agua desde el exterior. En una etapa inicial la vivienda ocupa el frente de la calle con la altura final de la edificación, lo cual es favorable para una mejor y más rápida consolidación de las fachadas del frente urbano, dando una apariencia de obra concluida desde un inicio. La segunda etapa se desarrolla en la parte posterior del segundo piso sin alterar lo ejecutado en la fachada, con una ampliación de un dormitorio principal sobre el techo de la sala comedor, con un área adicional de 14m².

En total, una vez construidas las dos etapas la vivienda tendría aprox. 60m² y dos dormitorios.

6.2 Memoria Descriptiva Estructuras

Para la vivienda unifamiliar se ha utilizado un sistema estructural clásico de albañilería confinada, con muros portantes de ladrillo macizo en direcciones ortogonales, confinados con vigas y columnas de concreto armado. Los techos son losas aligeradas de 0.20m de espesor y cimientos corridos.

La alternativa básica propuesta está referida a un suelo cuya capacidad portante está entre 2 y 3.5Kg/cm², considerando los resultados descritos en el estudio geotécnico y de



zonificación de la ciudad de Pisco, y está referido al suelo predominante en la zona de expansión propuesta, hacia el Sur de la ciudad (zona I). También se presentan en los planos las alternativas de cimentación correspondiente a los terrenos de menor capacidad portante. El caso básico considera cimiento corrido de concreto simple (ciclópeo), mientras que para los terrenos mas desfavorables se proponen cimientos corridos de concreto armado y vigas de cimentación o sobrecimientos armados.

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LA ESTRUCTURA

GEOMETRÍA:

Dimensiones en planta: frente x fondo: 4.25m x 7.10m

No. de pisos: 2

Altura total: 5.20m + 3.00m (incl. el tanque elevado)

MATERIALES

Concreto: $f'c = 210 \text{Kg/cm}^2$ $E_c = 210 \text{Kg/cm}^2 E_c$

Acero: $f_y = 4200 \text{Kg/cm}^2$

Albañilería: $f_m = 65 \text{Kg/cm}^2$ ladrillo tipo IV

PARÁMETROS SÍSMICOS

Se han considerado los parámetros respectivos de acuerdo a la última versión de la Norma de Diseño Sismorresistente (NTE E.030-2003, MVCS). El espectro inelástico de pseudoaceleraciones (S_a) está definido por:

Donde:

Z : Factor de Zona (Zona 1: Costa)	0.40
U : Coeficiente de Uso (Categoría "Común")	1.00
S : Factor de Suelo (S1: Duro)	1.00
R : Factor de reducción Dirección Global X e Y	6 (Albañilería)
g : aceleración de la gravedad	9.81 m/seg ²
C : Coeficiente de amplificación dinámica	

$$C = 2.5 * \left(\frac{T_p}{T} \right) \quad C \leq 2.5$$

Tp : Periodo Fundamental del suelo (seg.) 0.40 seg.

CARGAS Y COMBINACIONES CONSIDERADAS.

En el análisis se consideró el metrado de cargas vivas y muertas según:

Carga muerta:

Losa aligerada $t = 0.20 \text{m}$ (nuevos pisos) 300 Kg/m²

Acabados y tabiquería 100-150 Kg/m²

Carga viva:



Piso típico 200 Kg/m²
Azotea 100 Kg/m²

Las combinaciones consideradas son:

COMB 1	: 1.5CM + 1.8CV
COMB 2 Y 3	: 1.25 (CM + CV ± Sx)
COMB 4 Y 5	: 1.25 (CM + CV ± Sy)
COMB 6 Y 7	: 0.90CM +1.25 (CV ± Sx)
COMB 8 Y 9	: 0.90CM +1.25 (CV ± Sy)

6.3 Memoria Descriptiva Instalaciones Sanitarias

PROYECTO: VIVIENDA UNIFAMILIAR - N° DE PISOS = 2PISOS
1° y 2° Nivel : 1 Departamento ,NPT +0.00 y NPT +2.60 (de 1 dormitorio)

SOLUCIÓN ADOPTADA:

a) **Agua Potable:** Para la unidad se ha diseñado el sistema directo (Tanque Elevado), debido a la presión que presenta y por prevención de mantenimiento y racionamiento en la red. El sistema comprende a partir de la red pública de agua potable, cuyo ingreso de agua se controlará con el medidor general de consumo, seguido de una tubería de alimentación de ¾" que abastecerá a la vivienda con la presión que presenta y a su vez se espera que debido a la presión de entrada llene el tanque elevado y de ahí por gravedad, en los momentos que no exista presión en la calle, se distribuirá el agua a través de las tuberías ramales de ¾", ½", a la vivienda.

b) **Agua Caliente:** se ha diseñado con el sistema directo, compuesto por; la alimentación a partir de la red interior de agua fría, un calentador eléctrico para la producción requerida del agua caliente y finalmente la red de agua caliente, para entregar a las salidas de cada uno de los aparatos sanitarios comprendidos.

c) **Desagüe**

- Los pisos 1er., 2do. Piso están diseñados con una evacuación por gravedad manteniendo la pendiente establecida de las tuberías y con disposición final a la red pública de alcantarillado (SEDAPAL).

- En el sistema del desagüe, se han proyectado derivaciones de **ventilación**, en las trampas de los aparatos sanitarios como en los terminales de los ramales; para mantener los sellos de agua contenido en los sifones y para descargar los gases producidos dentro de la red interior.



CÁLCULOS:

- a) **Dotación:** Consumo mínimo diario de agua potable, en lt/día. (según S.010.2.2.b).
- 1 Vivienda de 47.40 m² de área = 1,500 lt/día.

- b) **Almacenamiento:** Depósito de agua potable, en M³ (según S.010.2.4).
 V T. ELEVADO = 1.00 m³.

Rebose: Tubería para la evacuación de agua de los tanques, en caso de averías en la válvula flotador, en pulgadas (según S.010.2.4.m)
 Ø Rebose T. Elevado = 2"

- c) **Diámetro de las tuberías de distribución:** Se han calculado por el método de los gastos probables (Hunter) , en U.H., cuyo equivalente se da en lt/seg. (S.010.2.3).

Teniendo presente;

- Inodoro = 3 U.H y las Vmin., Vmax, según sea el Ø de tubería.
- Lavatorio. = 1 U.H
- Ducha = 2 U.H
- Lavadero de cocina = 3 U.H
- Lavadero de ropa = 3 U.H
- Lavadora mecánica = 4 U.H

- d) **Máxima Demanda Simultánea:** Caudal máximo necesario, cuando existe la posibilidad de que todos los aparatos sanitarios de agua estén en funcionamiento a la vez, en U.H (método de Gastos probables - Hunter).

- 1°, 2° Piso:

PISO	APARATOS SANITARIOS	N° APARATOS SANITARIOS	U.H	PARCIAL U.H.	POR PISO U.H.
Primer	Lavadero de cocina	1	3	3	6
	Lavadero de ropa	1	3	3	
Segundo	Inodoro lavatorio	1 1	3 1	3 1	6
	Ducha	1	2	2	
TOTAL				12	12

Que equivale a; Q M.D.S = 0.38 lt/seg.

- e) **Agua Caliente:** (S.010.2.3)

- Dotación : consumo mínimo diario de agua caliente, en lt/día (S.010.a)
 1°, 2° Piso:
 Vivienda Unifamiliar de 1 dormitorios = 150.00 lt/día.



- Capacidad de almacenamiento del Calentador Eléctrico: en lts. (S.010.2.4)
Capacidad C.E = $\frac{150 \text{ lt}}{5} = 30 \text{ lt.}$, adopto Capacidad C.E = 50 lt. (Comercial)

g) **Desagüe y Ventilación:** (S.010.2.6)

Los diámetros de las tuberías de las redes de desagüe y ventilación, se han determinado de acuerdo al número de unidades de descarga de los aparatos sanitarios.

Las dimensiones de las cajas de registro se han obtenido de acuerdo a la profundidad de cada uno de ellos.

6.4 **Memoria Descriptiva Instalaciones Electricas**

ASPECTOS GENERALES

Esta obra trata sobre el proyecto integral de las instalaciones eléctricas interiores de la Vivienda Unifamiliar del Proyecto CISMID, correspondiendo a una vivienda urbana de albañilería.

OBJETIVO DEL PROYECTO

El presente proyecto comprende la dotación de energía eléctrica a la vivienda Unifamiliar para su utilización en Alumbrado, fuerza, comunicaciones y otros.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO:

Ubicación Geográfica: Pisco

ALCANCES:

Comprende el diseño de las instalaciones en:

- Baja Tensión (220 V.)
- Sistema de iluminación.
- Teléfonos, Telecable, Intercomunicador.

SUMINISTRO DE ENERGIA ELÉCTRICA:

La alimentación eléctrica se realiza por la Red Publica de Energías eléctrica el cual suministra una tensión trifásica a 220 V, 60 Hz, al medidor.

POTENCIA INSTALADA Y MÁXIMA DEMANDA:

POTENCIA INSTALADA TOTAL = 10 kW.

MAXIMA DEMANDA TOTAL = 10 kW.



BASES DE CÁLCULO:

De acuerdo al CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD (C.N.E) - UTILIZACION – 2006, REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (RNE) en sus partes aplicables.

PLANO

El proyecto de Instalaciones Eléctricas comprende una lámina IE-01, diseñada para energía en baja tensión (220 Voltios) en la que se precisa:

- La ubicación de tableros generales y cajas de pase
- El alimentador
- La salida para artefactos de alumbrado en el techo, pared y tomacorrientes.
- Trazado para teléfono externo y internos

SISTEMA DE PUESTA A TIERRA:

Se tiene 1 sistema de puesta a tierra mediante 1 varilla de cobre conexión directa como se muestra en los planos con una resistencia eléctrica menor de 25 Ohmios para la protección de equipos eléctricos a instalar y de las personas.

ALCANCE DE LOS TRABAJOS DEL CONTRATISTA GENERAL:

Suministro, instalación y prueba de:

- a) Alimentador desde el punto de alimentación (medidor) hasta el tablero de distribución TG.
- b) Sistema de baja tensión que comprende tuberías, conductores, cajas de pase, cajas de salida de alumbrado, tomacorrientes, interruptores, tablero general, salidas de fuerza, salidas telefónicas, salidas de telecable, salidas de intercomunicadores.
- c) No incluye el suministro, montaje y conexiones de teléfonos, telecable, intercomunicador.



7 REFERENCIAS

- [1]Silgado F., E., (1992). Investigaciones de sismicidad historica en la America del Sur en los siglos XVI, XVII, XVIII y XIX, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnologia, Lima, Peru.
- [2]ITST, 2001a, Report of the June 23, 2001 Peruvian Tsunami Field Survey of the International Tsunami Survey Team (ITST).
- [3]Fritz, H. M., Kalligeris, N., Borrero, J. C., Broncano, P., and Ortega, E., 2008, The 15 August 2007 Peru tsunami run-up observations and modeling, Geophysical Research Letters, vol. 35, L10604, doi: 10.1029/2008GL033494.
- [4]Imamura, F., 1995, Review of the tsunami simulation with a finite difference method, Long Wave Run-up Models, Word Science, 25-42.
- [5]Dorbath L., Cisternas A., y Dorbath C., 1990, Assessment of the Size of Large and Great Historical Earthquakes in Peru, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 80, No. 3, pp. 551-576.
- [6]Okada, Y., 1985, Surface Deformation Due to shear and Tensile Faults in Half-space, Bulletin Seismological Society of America. Vol. 75, No. 4, 1135-1154.
- [7]Papazachos, B, C., Scordilis E. M., Panagiotopoulos D. G., and Karakaisis G. F., 2004, Global Relation Between Seismic Fault Parameter and Moment Magnitude of Earthquake, Bulletin of the Geological Society of Greece Vol. XXXVI Proceedings of the 10th International Congress, Thessaloniki, April 2004.
- [8]Kuroiwa J., Reducción de Desastres, Viviendo en Armonía con la Naturaleza, 2002
- [9]Evaluacion del Riesgo de Tsunamis en Quintero Chile, En revista chilena de ingeniería (ISSN0370-4009). No 453, abril 2008.
- [10] "Estudio de Tsunamis de Origen Cercano en el Callao Centro – Norte, Planes de Evacuación y Uso de Suelo", 2008, E. Mas y V Jácome. Faculta de Ingenieria Civil – Universidad Nacional de Ingenia.
- [11] "Estimación de Daños por Tsunami Usando Modelo Numérico y Datos Post-Tsunami", 2011, B. Adriano. Faculta de Ingenieria Civil – Universidad Nacional de Ingenia.
- Autoridad Nacional del Agua, Diagnostico del aprovechamiento del agua subterránea del valle de Pisco, Año 1994.
- CISMID, Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Pisco, Año 2007.
- INGEMET, INDECI, CESEL, PNUD y CONIDA, Mapa de Peligros de Pisco y San Andrés - Información Para la Reconstrucción Sismo 15 agosto 2007, Año 2008.
- Ministerio de Agricultura - ATDR Chincha Pisco. Inventario de Fuentes de Aguas Superficiales, Año 2003.
- Ministerio de Agricultura - INRENA. Inventario de la Infraestructura de Riego y Drenaje del Valle Pisco, Año 1994.
- Microtrepidaciones en las ciudades de Tacna y Cusco Autor: Tokeshi Nagamine, Juan Carlos. Tesis de grado para optar título de Ingeniero Civil. UNI-FIC, 1990.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

CENTRO PERUANO-JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACION DE DESASTRES



- Estudio Mapa de Peligros de la Ciudad de Tacna (distritos de Tacna, Gregorio Albarracín, Pocollay y complemento Alto de la Alianza y Ciudad Nueva). Instituto Nacional de Defensa Civil, Proyecto INDECI-PNUD PER 02/51, 2004.
- “Correlación entre la aceleración y velocidad máxima del suelo: Aplicación en el análisis del peligro sísmico”, (*Miguel A. Jaimes, Eduardo Reinoso, Mario Ordaz y Cesar Arredondo, 2009*), publicado en la Revista de Ingeniería Sísmica No. 81, pag. 19-35 (2009), editada por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica (SMIS).
- CISMID-FIC-UNI. (2007). Microzoning of Pisco, San Luis de Cañete and Huaytara. Report for Inter American Development Bank (IDB) and Secretary of the Presidency of First Minister (PCM), Lima, PERU.
- CISMID-FIC-UNI. (2008). Microzoning of Tambo de Mora and Chíncha Baja. Report for World Bank (WB) and FORSUR Ministry of Housing, Lima, PERU.
- Journal of Structural Engineering ASCE (July 2002) .Approximate Lateral Drift Demands in Multistory Buildings with Non uniform Stiffness - Eduardo Miranda and Carlos J. Reyes.
- Journal of Structural Engineering ASCE. (1999.) Approximate lateral deformation demands in multistory buildings – Miranda Eduardo.
- Carlos Zavala y Ricardo Proaño – XIV Congreso de Ingeniería Civil Iquitos Perú (Octubre 2003.) Estimación rápida de la Respuesta Sísmica en base a sistemas de un grado de libertad para el cálculo de vulnerabilidad sísmica (in Spanish).
- CISMID/FIC/UNI/ (Noviembre 2007) - Carlos Zavala SRSND Simulador Respuesta Sísmica y Nivel de Daño (in Spanish).
- Autoridad Nacional del Agua, Diagnostico del aprovechamiento del agua subterránea del valle de Pisco, Año 1994.
- CISMID, Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Pisco, Año 2007.
- INGEMET, INDECI, CESEL, PNUD y CONIDA, Mapa de Peligros de Pisco y San Andrés - Información Para la Reconstrucción Sismo 15 agosto 2007, Año 2008.
- Ministerio de Agricultura - ATDR Chíncha Pisco. Inventario de Fuentes de Aguas Superficiales, Año 2003.
- Ministerio de Agricultura - INRENA. Inventario de la Infraestructura de Riego y Drenaje del Valle Pisco, Año 1994.