



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES



**“ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA,
MAPAS DE PELIGROS MÚLTIPLES Y ANÁLISIS DE
RIESGO DE LOS DISTRITOS DE CERCADO DE
LIMA, VENTANILLA Y DE LAS CIUDADES DE
CHINCHA Y CONTUMAZÁ”**



***MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA Y PELIGROS
MÚLTIPLES DE LA CIUDAD DE CHINCHA***

LIMA – DICIEMBRE, 2012



ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	4
1.1.	OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	4
1.2.	UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	4
II.	EVALUACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO	4
2.1.	SISMICIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	4
2.2.	EVALUACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO	6
III.	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL SUELO	7
3.1.	EVALUACIÓN GEOTÉCNICA Y MAPA DE TIPOS DE SUELO.....	7
3.2.	MICROZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.	9
IV.	CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS.....	11
4.1.	MAPA DE ZONAS DE ISOPERÍODO.	13
V.	MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA.....	14
VI.	MAPA DE ACELERACIONES MÁXIMAS ESPERADAS DEL SUELO	15
VII.	MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS ESPERADAS DEL SUELO.....	16
VIII.	ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DE PELIGROS DE ORIGEN CLIMÁTICO	16
8.1.	MAPA DE PELIGROS DE ORIGEN CLIMÁTICO	18
8.2.	MAPA DE PELIGROS DE ORIGEN GEOLÓGICO-CLIMÁTICO	19
IX.	ESTUDIO DE PELIGRO GEOLÓGICO	22
X.	MAPA DE PELIGROS MÚLTIPLES	24
XI.	REFERENCIAS	25



LISTA DE APENDICES

- APÉNDICE A** : Evaluación del Peligro Sísmico en la Ciudad de Chincha.
- APÉNDICE B** : Características Geotécnicas del Suelo en la Ciudad de Chincha.
- APÉNDICE C** : Caracterización Dinámica del Suelo en la Ciudad de Chincha.
- APÉNDICE D** : Evaluación de Peligros de Origen Natural: Estudio Hidrológico y de Peligros de Origen Climático en la Ciudad de Chincha.
- APÉNDICE E** : Evaluación de Peligros de Origen Natural: Peligro Geológico en la Ciudad de Chincha.

LISTA DE MAPAS

- I-01** : Plano Base de la Ciudad de Chincha.
- I-02** : Mapa de Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Chincha.
- I-03** : Mapa de Aceleraciones Máximas Esperadas del Suelo de la Ciudad de Chincha.
- I-04** : Mapa de Velocidades Máximas Esperadas del Suelo de la Ciudad de Chincha.
- I-05** : Mapa de Peligros Múltiples de la Ciudad de Chincha.



RESUMEN

La Universidad Nacional de Ingeniería y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento firmaron un convenio específico para ejecutar el **“Estudio de Microzonificación Sísmica, Mapas de Peligros Múltiples y Análisis de riesgo de los distritos de Cercado de Lima, Contumazá y de las ciudades de Chincha y Contumazá”**.

En cumplimiento del convenio, el objetivo principal del presente estudio es elaborar un mapa de Microzonificación Sísmica para el área objeto de estudio, complementando trabajos anteriormente desarrollados. El presente estudio corresponde a la Microzonificación Sísmica para la Ciudad de Chincha.

Este trabajo se ha desarrollado mediante varios estudios. El primero es el estudio del peligro sísmico para estimar probabilísticamente la aceleración máxima horizontal (PGA) en roca y suelo (Apéndice A), el cual es importante para determinar las aceleraciones del terreno en superficie. Los siguientes son las características geotécnicas, y dinámicas del suelo; estas características son plasmadas en los mapas de Microzonificación Geotécnica (Apéndice B) y de Isoperiodos (Apéndice C).

Las características geotécnicas fueron determinadas mediante exploraciones de campo y ensayos de laboratorio, los cuales permitieron identificar los diferentes tipos de suelo presentes en el área de estudio, así como también sus propiedades mecánicas.

Por otro lado, las características dinámicas, fueron determinadas a partir de mediciones de la vibración del suelo y su posterior análisis mediante métodos descritos en el Apéndice C.

A partir de la superposición de los mapas de Microzonificación Geotécnica (Apéndice B), Isoperiodos (Apéndice C) se obtiene el Mapa de Microzonificación Sísmica (I-02), el cual fue el objetivo de este estudio.

Se han identificado tres zonas en el Mapa de Microzonificación Sísmica. Las Zonas I, II y el área de rellenos reflejan el comportamiento geotécnico y sísmico del suelo en el área de estudio, de manera cuantitativa y cualitativa; estas zonas se presentan ordenadas de más a menos competente ante sollicitaciones de cargas estáticas y ante la ocurrencia de un evento sísmico severo. El resultado final es un mapa que se convierte en un gran instrumento para la planificación y desarrollo urbano o para la reconstrucción después de un desastre sísmico.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES**



El Mapa de Peligro de Origen Natural ha considerado estudios de peligro geológico y geológico-climático que puede presentarse en esta ciudad de Chincha, determinando zonas de peligro de niveles moderado a alto que se muestra en los Apéndices D y E.

En los Apéndices A, B, C, D y E, se presentan a detalle los resultados obtenidos en los diferentes estudios realizados, utilizando tanto la información recopilada como la generada en este trabajo.



“ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA, MAPAS DE PELIGROS MÚLTIPLES Y ANÁLISIS DE RIESGO DE LOS DISTRITOS DE CERCADEO DE LIMA, VENTANILLA Y DE LAS CIUDADES DE CHINCHA Y CONTUMAZÁ”.

MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA Y PELIGROS MÚLTIPLES EN LA CIUDAD DE CHINCHA

I. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO

La Universidad Nacional de Ingeniería y el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, firmaron un convenio específico para ejecutar el Estudio de Microzonificación Sísmica, Mapas de Peligros Múltiples y Análisis de riesgo de los distritos de Cercado de Lima, Ventanilla, Contumazá y Chincha

En cumplimiento del convenio, el objetivo principal del presente estudio es elaborar un mapa de microzonificación sísmica para la Ciudad de Chincha.

1.2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Ciudad de Chincha se ubica en la provincia de Chincha, departamento de Ica, y está formada por las zonas urbanas de los distritos de Chincha Alta, Sunampe, Grocio Prado y Pueblo Nuevo. El Mapa I-01 muestra la ubicación geográfica del área de estudio.

II. EVALUACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO

A continuación se describe la sismicidad del área de estudio y se presenta la evaluación del peligro sísmico mediante métodos probabilísticos. Mayor detalle se puede encontrar en el Apéndice A.

2.1. SISMICIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO

Silgado (1969, 1973, 1978 y 1992), hace una recopilación de datos sobre los principales eventos sísmicos ocurridos en el Perú desde el año 1513. Este trabajo constituye una fuente de información básica para el conocimiento de las intensidades sísmicas de los sismos históricos. Según esta información, los mayores terremotos registrados en la costa central del Perú son los de 1586, 1687 y el de 1746, este último destruyó completamente la ciudad de Lima y generó un maremoto con olas de 15 a 20 m de altitud. Así mismo, se reporta que durante el período de 1513 a 1959, Lima fue destruida sucesivamente por un total de 15 terremotos (Silgado, 1978)

Alva Hurtado et al (1984), basándose en esta fuente han elaborado un mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú. La confección de dicho mapa se ha basado en treinta isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes.



Las intensidades máximas registradas en la zona costa norte, donde se localiza el área de estudio, alcanzan valores de hasta VII en la escala MMI.

En el Anexo A-1 del Apéndice A se presenta una descripción resumida de los sismos que han ocurrido en el área de influencia. Este anexo está basado fundamentalmente en el trabajo de Silgado y en el Proyecto SISRA (Sismicidad de la Región Andina), patrocinado por el Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS). Así mismo, se incluye la descripción de los sismos recientes ocurridos en la región en estudio y que se consideran significativos para los fines de este estudio.

Del análisis de la información existente se deduce que en la zona andina, para el área de influencia del proyecto, existe poca información histórica. La mayor cantidad de información está referida a sismos ocurridos principalmente a lo largo de la costa centro y sur, debido probablemente a que en esta región se establecieron las ciudades más importantes después del siglo XVI. Se debe indicar que dicha actividad sísmica, tal como se reporta, no es totalmente representativa, ya que pueden haber ocurrido sismos importantes en regiones remotas, que no fueron reportados.

Los sismos más importantes que afectaron la región y cuya historia se conoce son:

- El sismo del 9 de Julio de 1586, con intensidades de IX MMI en Lima y VI MMI en Ica.
- El sismo del 12 de Mayo de 1664, con intensidades de X MMI en Ica, VIII MMI en Pisco y IV MMI en Lima.
- El sismo del 20 de Octubre de 1687, con intensidades de IX MMI en Cañete, VIII MMI en Ica y VII MMI en Lima.
- El sismo del 10 de Febrero de 1716, con intensidades de IX MMI en Pisco y V MMI en Lima.
- El sismo del 17 de Octubre de 1966, con intensidad VII MMI en Lima.
- El sismo del 03 de Octubre de 1974, con intensidad de VIII MMI en Lima y VII MMI en Cañete.
- El sismo del 18 de Abril de 1993, con intensidad de VI MMI en Lima y V MMI en Cañete y Chimbote.
- El 15 de Agosto del 2007 ocurrió un sismo con origen en la zona de convergencia de las placas, el cual fue denominado como “el sismo de Pisco” debido a que su epicentro fue ubicado a 60 km al Oeste de la ciudad de Pisco. Este sismo tuvo una magnitud de momento sísmico $M_w=7.9$ de acuerdo al Instituto Geofísico del Perú y de 8.0 según el National Earthquake Center (NEIC). El sismo produjo daños importantes en un gran número de viviendas de la ciudad de Pisco (aproximadamente el 80%) y menor en las localidades aledañas, llegándose a evaluar una intensidad del orden de VII en la escala de Mercalli Modificada (MM) en las localidades de Pisco,



Chincha y Cañete, V y VI en la ciudad de Lima. VI en las localidades de Yauyos (Lima), Huaytará (Huancavelica), IV en las ciudades de Huaraz y localidades de Canta, Puquio, Chala. Este sismo produjo un tsunami que se originó frente a las localidades ubicadas al sur de la península de Paracas, y una licuación generalizada en un área de más de 3Km de longitud por 1.0 Km de ancho en las zonas de Canchamaná y Tambo de Mora en Chincha.

En el Anexo A-2 del Apéndice A se presentan los Mapas de Isosistas compilados por Alva Hurtado (2004) y de publicaciones del Instituto Geofísico del Perú, los cuales corresponden a los siguientes sismos ocurridos en el área en estudio: 9 de Julio de 1586, 20 de Octubre de 1687, 28 de Octubre de 1746, 06 de Enero 1725, 28 de Octubre de 1746, 24 de Mayo de 1940, 28 de Mayo de 1948, 17 de Octubre de 1966, 31 de Mayo de 1970, 3 de Octubre de 1974, 18 de Abril de 1993 y 15 de Agosto del 2007.

De acuerdo a la historia sísmica de la región de estudio, se concluye que en los últimos 400 años han ocurrido sismos con intensidades de hasta IX (MMI) en la zona del proyecto.

2.2. EVALUACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO

En el presente estudio se han empleado leyes de atenuación para cuantificar la aceleración horizontal máxima del suelo en la base, así como leyes de atenuación que permiten estimar los niveles de demanda sísmica para diferentes periodos de vibración del suelo publicados en la literatura técnica, denominados leyes de atenuación para ordenadas espectrales. Dada esta tendencia mundial, se ha empleado en este estudio relaciones de atenuación de ordenadas espectrales para aceleraciones, que distingue sismos de subducción de interfase e intraplaca.

En la zona del proyecto, de acuerdo al modelo de atenuación de Youngs et al, 1997, las aceleraciones horizontales máximas promedio del sismo de diseño considerando un suelo del Tipo B (roca), con velocidades de ondas de corte V_s entre 760 m/s a 1500 m/s, de acuerdo al IBC, 2006, para la zona de estudio es de 0.34 g, considerando la media (P.50) del modelo de atenuación.

Así mismo, la Tabla 11 del Apéndice A, muestra las máximas aceleraciones horizontales esperadas en la base de acuerdo al modelo de atenuación de Youngs et al, 1997 y CISMID.

La aceleración horizontal máxima del sismo de diseño considerando un suelo firme del Tipo D, con velocidades de ondas de corte V_s que varían entre 180 m/s a 360 m/s, presenta aceleración máxima (PGA) de 0.55 g, considerando la media (P.50), y considerando un suelo denso del Tipo C, con velocidades de ondas de corte V_s que varían entre 360 m/s a 760 m/s de acuerdo al IBC 2006, presenta aceleración máxima (PGA) de 0.50 g, considerando la media (P.50) de los diferentes modelo de atenuación utilizados.



III. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS DEL SUELO

3.1. EVALUACIÓN GEOTÉCNICA Y MAPA DE TIPOS DE SUELO

A continuación se describe el estudio de Evaluación Geotécnica y Tipos de Suelos, mayores detalles se pueden encontrar en el Apéndice B del presente Informe.

El programa de exploración de campo se realizó los días 17 y 18 de noviembre de 2012, y consistió en la ejecución de siete (07) calicatas y en la descripción de catorce (14) taludes, sumando un total de veintiún (21) puntos de exploración geotécnica. Asimismo, se identificó zonas de rellenos y escombros.

Los puntos de exploraciones geotécnicas, que se describen a continuación, fueron distribuidos adecuadamente dentro del área en estudio.

Las calicatas (excavaciones) se ejecutaron con personal obrero. La finalidad de estas excavaciones fue evaluar las condiciones geotécnicas del suelo de cimentación. En las cinco calicatas realizadas, se procedió a la toma de muestras de los diferentes tipos de suelos, siguiendo la norma de recolección y muestreo (ASTM D420); así mismo, se realizó la clasificación visual del material encontrado en campo de acuerdo a los procedimientos indicados en la norma ASTM D2488.

La ubicación de las calicatas ejecutadas se presenta en el Mapa B-1; sus registros, en el Anexo B-2; su panel fotográfico, en el Anexo B-4, y la relación de las mismas, en la Tabla B-3.

Durante los trabajos de campo se estimó conveniente realizar la descripción de los perfiles de suelo y roca en taludes existentes, ubicados dentro del área en estudio. Estos taludes, en algunos casos, son naturales, y, en otros casos, producto de cortes para las construcciones de carreteras y de edificaciones tradicionales de la ciudad. En los taludes, así como en las calicatas, fue posible realizar una identificación y descripción de suelos. Se han descrito catorce taludes en total.

La ubicación de los taludes se presenta en el Mapa B-1, sus registros, en el Anexo B-2, su panel fotográfico, en el Anexo B-4, y la relación de los mismos en la tabla B-4.

Con la información geotécnica obtenida de la exploración de campo y los resultados de los ensayos de mecánica de suelos, se ha procedido a delimitar el área en estudio, según tipos de suelo con características geotécnicas similares. Las características de cada uno de estos tipos de materiales y los criterios seguidos para su subdivisión se describen a continuación:



Depósitos de arenas media densas a densas

Son materiales que pertenecen a depósitos aluviales recientes y a la formación Cañete del Plioceno, conformados predominantemente por arenas de compacidad media a densa, sin la presencia del nivel freático. Este tipo de material presenta características geotécnicas favorables para cimentaciones superficiales de edificaciones convencionales.

Se encuentran en la mayor parte del área en estudio. Están representados por los registros de sondajes recopilados, que se presentan en el Anexo B-1; y por los registros de las calicatas ejecutadas C-2, C-3, C-4, C-5, C-6 y C-7 y los taludes ejecutados T-1, T-2, T-3, T-4, T-13 y T-14, que se presentan en el Anexo B-2.

Arcillas y limos focalizados de consistencia media a dura

Son materiales finos, de consistencia media a dura, sin la presencia del nivel freático. Este tipo de material, al igual que en el caso anterior, presenta características geotécnicas favorables para cimentaciones superficiales de edificaciones convencionales.

Se encuentran focalizados en sectores específicos del área en estudio. Están representados por los registros de sondajes recopilados, que se presentan en el Anexo B-1, y por los registros de los taludes ejecutados T-5, T-6, T-7, T-8, T-9, T-10, T-11 y T-12, que se presentan en el Anexo B-2.

Arenas sueltas focalizadas de poco espesor

Son materiales que pertenecen a depósitos aluviales recientes y a la formación Cañete del Plioceno, conformados predominantemente por arenas sueltas de poco espesor (de 2 a 4 metros), sin la presencia del nivel freático. Este tipo de material presenta características geotécnicas menos favorables, en relación a los dos casos anteriores, para cimentaciones superficiales de edificaciones convencionales.

Se encuentran en puntos muy específicos y distribuidos de manera errática en todo el área de estudio, por lo que, para efectos prácticos, no se le ha delimitado. Están representados por los registros de sondajes recopilados, que se presentan en el Anexo B-1; y por la calicata ejecutada C-1, que se presentan en el Anexo B-2.

Depósitos de arenas limpias potencialmente licuables

Son materiales que pertenecen a depósitos aluviales, constituidos predominantemente por arenas de compacidad suelta, con el nivel freático a partir de un metro de profundidad. Estas



características mencionadas, durante eventos sísmicos, favorecen la ocurrencia del fenómeno denominado licuación de suelos, que se define como la pérdida de rigidez del suelo dando como resultado el hundimiento de las edificaciones.

Se encuentran en la zona suroeste del área en estudio y pertenecen al distrito de Tambo de Mora.

Rellenos Antrópicos

Corresponde a acumulaciones de materiales efectuados por el hombre, tales como terraplenes, basura, materiales demolición de construcciones antiguas, etc. Son depósitos heterogéneos sin selección, constituidos por diversos materiales que van desde gravas, arenas, finos hasta escombros, maderas y desechos. Estos materiales presentan una mala respuesta frente a un evento sísmico y se agrava en sectores con presencia de agua subterránea superficial, se recomienda su remoción total. Estas acumulaciones han sido identificadas en las áreas urbanas de la ciudad de Chincha.

Los Mapas B-2 y B-3 muestran los tipos de suelo propuestos en el presente estudio para una profundidad de corte de 1.0 m y 2.5 m respectivamente.

3.2. MICROZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA.

La evaluación geotécnica del área en estudio ha permitido delimitar los diferentes tipos de suelo y materiales con características geotécnicas similares, cuyo producto se presenta en los Mapas B-2 y B-3. A partir de esta delimitación, se ha procedido a agrupar los diferentes tipos suelos según sus características geotécnicas. El propósito de esta agrupación ha sido definir un Mapa de Microzonificación Geotécnica el cual permita identificar zonas favorables y desfavorables para la construcción de viviendas del tipo convencional.

Esta microzonificación incluyó, para cada zona, la estimación de la capacidad de carga admisible que tendría la cimentación de una edificación convencional (cimiento corrido de 0.60 m de ancho y profundidad de desplante mínimo 0.80 m). El criterio de diseño de una cimentación considera que para garantizar el comportamiento satisfactorio de las estructuras, se deben cumplir las dos condiciones siguientes:

- La cimentación debe ser segura contra la falla de corte del suelo que la soporta, y.
- Los asentamientos producidos por la carga transmitida por la cimentación deben ser igual o menores que los permisibles para cada tipo de edificación.



Para tal fin, se ha utilizado la teoría de capacidad de carga de Terzaghi, con los factores de capacidad de carga propuestos por Vesic (1973). Los parámetros de resistencia cortante utilizados fueron obtenidos de los ensayos de corte directo.

En consecuencia, se ha dividido el área de estudio en tres zonas, los mismos que se describen a continuación:

Zona I

Esta zona incluye a los depósitos de arenas de compacidad media a densas, que se encuentran en la mayor parte del área de estudio, a los depósitos de arcillas y limos de consistencia media a dura, focalizados, y eventualmente a las arenas sueltas de poco espesor. El tipo de suelo descrito en esta zona, a excepción de las arenas sueltas, presentan las mejores características geotécnicas para la cimentación de edificaciones.

La capacidad de carga admisible en esta zona para una cimentación corrida de 0.60 m de ancho, cimentada entre 1.00 m y 1.50 m de profundidad, varía entre 1.0 y 3.0 kg/cm² respectivamente. Sin embargo, si esta cimentación se desplantase sobre arenas sueltas, la capacidad de carga admisible se encontraría entre 0.60 y 1.0 kg/cm². Se considera que la cimentación debe estar asentada sobre terreno natural y bajo ninguna circunstancia sobre materiales de rellenos.

Zona IV

“El perfil estratigráfico en esta zona está conformado por un estrato superficial de arena suelta de hasta 6.0 m de espesor, por debajo del cual se encuentra la grava. El nivel freático se encuentra en algunos sectores en la superficie del terreno, conformando áreas pantanosas. Esta zona ha presentado una licuación generalizada y masiva, habiéndose detectado desplazamientos laterales de hasta 6.0 m hacia el litoral. En esta zona se han presentado los mayores daños a las edificaciones, observándose asentamientos de hasta 1.0 m en gran parte de ellas. Esta zona el peligro de licuación es inminente y el riesgo de daños a las edificaciones es total, por lo cual no debe ser utilizada para la construcción de ningún tipo de edificaciones”. (CISMID, 2008).

Zonas de rellenos y escombros

Estas zonas incluyen a los rellenos y escombros antrópicos, identificados en sectores específicos del área urbana y alrededores. Dadas las características desfavorables de estos materiales, se considera que estas zonas, actualmente, no son aptas para la construcción de edificaciones.



Los rellenos podrían ser reemplazados por material competente, esto podrá ser posible siempre y cuando se ejecuten estudios específicos de mecánica de suelos, que respalden técnicamente esta decisión.

El concreto de la cimentación, en la ciudad de Chíncha, debe ser diseñado con cemento que tenga buena resistencia a los sulfatos. Por ello, se recomienda el uso de cemento portland puzolánico tipo IP, en caso de presentarse ataque moderado de los sulfatos, y cemento portland tipo V, para ataque severo. Asimismo, para el sector ubicado en el extremo derecho de la Av. El Progreso, se recomienda el recubrimiento del concreto de cimentación contra el ataque de cloruros.

El Mapa B-4 presenta la microzonificación geotécnica propuesta para la ciudad de Chíncha.

IV. CARACTERÍSTICAS DINÁMICAS

La caracterización dinámica de los suelos en el ámbito de la Ciudad de Chíncha se ha realizado mediante ensayos geofísicos consistentes en mediciones de microtemblores del suelo, asimismo se recopiló información de ensayos de refracción sísmica y de ensayos MASW ejecutados en la ciudad de Chíncha con la finalidad de complementar los resultados obtenidos de la medición de microtemblores. Mayores detalles de este estudio de caracterización dinámica se pueden encontrar en el Apéndice C.

Los microtemblores son conocidos como microsismos, ruido sísmico de fondo, campo natural, vibración o ruido ambiental, oscilaciones omnipresentes o microtemblores (Flores, 2004). Lermo (1992) y Lermo y Chávez-García (1994) definen los microtemblores como vibración o ruido ambiental.

Estas vibraciones están conformadas básicamente por ondas superficiales Rayleigh y Love que están afectadas por la estructura geológica del sitio donde se miden (Bard, 1998). De acuerdo a la frecuencia los microtemblores son originados por:

- A bajas frecuencias (por debajo de 0.3 Hz a 0.5 Hz) son causados por las ondas oceánicas que ocurren a grandes distancias.
- A frecuencias intermedias (0.3–0.5 Hz y 1 Hz) los microtemblores son generados por las olas del mar cercanas a las costas.
- Para altas frecuencias (mayores a 1 Hz), las fuentes están ligadas a la actividad humana.

La técnica de medición de microtemblores ha sido utilizada desde principios del siglo XX para determinar las propiedades dinámicas del terreno. Omori (1908) inició las investigaciones sobre



microtremores empleando un instrumento muy simple para observar la vibración natural del suelo que no correspondía a una vibración sísmica ni a alguna oscilación pulsatoria y encontró que dicha vibración natural podría ser causada por el viento, olas marinas, o perturbaciones artificiales como el tráfico, vibración de máquinas, etc. Para definir este tipo de vibraciones, que tiene periodos cortos y sus amplitudes son más pequeños que las oscilaciones pulsatorias, Omori utilizó el término de “microtrepidaciones”.

Existen varios métodos para analizar los microtremores y estimar el periodo natural y el factor de amplificación, entre ellos tenemos el **MÉTODO DE NAKAMURA (H/V)**, que fue propuesto por Nakamura (1989) y es conocido como el cociente espectral H/V ya que realiza el cociente del espectro de Fourier de las componentes horizontales del registro de microtremores entre el espectro de Fourier de la componente vertical; el cociente obtenido permite estimar el periodo natural y su amplificación asociada.

Este método es el más utilizado para analizar los registros de microtremores por su bajo costo y corto tiempo de aplicación, sin embargo es el más discutido por sus bases teóricas y sus resultados (Flores, 2004). Su aplicación indiscriminada en los últimos años y resultados obtenidos sin una adecuada aplicación de criterios ha llevado a una falta de confiabilidad respecto a la utilidad de las microtremores.

El cociente H/V presenta en teoría, un máximo en la frecuencia predominante del terreno. Generalmente, para esta frecuencia la curva muestra un pico bien definido por valle-cresta-valle. Estos picos son más definidos en terrenos formados por depósitos blandos, mientras son más anchos en terrenos duros o intermedios, o compuestos de materiales heterogéneos (Ordaz y Vera, 2003).

En general, cuanto mayor sea el contraste entre los depósitos de suelo y el semi-espacio o estrato duro resistente, se tendrá una mejor definición en los picos de las curvas de los cocientes espectrales H/V y se podrán identificar más fácilmente las frecuencias predominantes. El uso de estudios de vibración ambiental resulta económico y los resultados se obtienen con relativa facilidad y rapidez y ventaja, desde el punto de vista de la caracterización de la respuesta sísmica, a otros procedimientos, sobre todo en sitios donde no se cuenta con información acelerográfica (Ordaz y Vera, 2003)

En el presente estudio, se ha empleado la relación o cociente espectral H/V propuesta por Nakamura, para estimar el periodo de vibración del suelo. La relación espectral H/V puede ser expresada en términos de una o dos componentes horizontales tal como se muestra en las siguientes expresiones.

$$H/V = S_{NS} / S_V \qquad H/V = S_{EW} / S_V \qquad H / V = \frac{\sqrt{(S_{NS}^2 + S_{EW}^2)}}{S_V}$$



Actualmente se sabe que el periodo predominante del suelo determinado por medición de microtremores tiene una gran correlación con los efectos de sitio, aún cuando la respuesta dinámica del terreno durante movimientos severos no es exactamente predicha por el análisis de los microtremores.

Para el ensayo de medición de puntos de microtremores se utilizó el velocímetro (sensor de velocidad) de bobina movable CR 4.5-1S, cuyo periodo natural es de un segundo, con el sistema de adquisición de datos GEODAS 15HS producido por la Compañía Anet Co., Ltd. El software de medición es el Mtobs que está incluido en el GEODAS 15HS.

Las mediciones de microtremores son realizadas sobre la superficie del terreno o a diferentes profundidades dentro de una perforación, utilizando sensores suficientemente sensibles. Estas mediciones registran las velocidades de los microtremores, las que luego son almacenadas en forma digital, para su posterior procesamiento en gabinete. Para realizar la medición se instala el sensor triaxial en la superficie del terreno, orientando sus componentes horizontales en las direcciones E-W y N-S (Foto 1 del Apéndice C). Luego de conectar e instalar todo el equipo se procede a registrar los microtremores por un lapso de tiempo lo suficientemente largo para garantizar que se registren tramos de ondas sin interferencias directas por el paso de vehículos o personas en las zonas próximas al sensor.

En este estudio se ha hecho la medición de microtremores en 29 puntos distribuidos en la ciudad de Chincha, formando una malla de a 1 a 1.5 km de separación entre puntos. Mediante el análisis de los espectros H/V se han determinado los períodos naturales de vibración, los cuales varían de 0.11s a 0.31s.

Los resultados obtenidos muestran una buena correspondencia con mediciones de realizadas en el lugar anteriormente, así, la zona nor-oeste es la que presenta mayores periodos de vibración. En general, los valores de los periodos de vibración encontrados en la ciudad de Chincha reflejan la existencia de un suelo rígido en la mayor parte del área de estudio, esto es consistente con los suelos arenosos densos descritos en el estudio de geotécnica.

4.1. MAPA DE ZONAS DE ISOPERÍODO.

El Mapa C-03 muestra que la ciudad de Chincha posee 03 zonas de isoperiodos.

La zona I, mostrada en color amarillo, abarca la parte este de la ciudad. Los períodos de vibración de esta zona son mayores o iguales a 0.1 s y menores a 0.2 s y se han observado velocidades de ondas de corte a 20m de profundidad de 1000m/s, siendo las más altas halladas en la ciudad. Estas características corresponden a un depósito de suelo rígido consistente de arena densa.



La zona II, mostrada en color anaranjado, abarca gran parte de la zona oeste de la ciudad. En esta zona, los periodos de vibración varían entre 0.2 y 0.3 s, y corresponden a un depósito de suelo arenoso denso.

La zona III, mostrada en color rojo, se concentra en un sector reducido de la zona norte. Aunque los períodos de vibración que definen a esta zona varían de 0.3 a 0.4s, los mayores periodos hallados en esta zona han sido de 0.31s, reflejando una característica de vibración muy cercana a la de la zona II. Los perfiles de ondas de corte muestran las velocidades de ondas de corte más bajas halladas en toda la ciudad. Esta zona corresponde a un depósito de suelo flexible.

V. MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

Para determinar el comportamiento de un suelo ante la ocurrencia de un sismo, se tienen que tomar en cuenta las características mecánicas y dinámicas que presentan los diferentes materiales del terreno. Estas características han sido determinadas para el distrito de Contumazá y representadas en los mapas de Microzonificación Geotécnica (Mapa B-4, Apéndice B) y de Isoperiodos (Mapa C-03, Apéndice C) respectivamente. Los resultados de estos mapas son superpuestos en la superficie del área de estudio, permitiendo identificar dos zonas más un área de rellenos y escombros en el Mapa de Microzonificación Sísmica (I-02). A continuación se describen estas zonas:

Zona I

Esta zona incluye a las formaciones rocosas, las arcillas de consistencia dura a rígida y a las arenas arcillosas, y se ubica, principalmente, en los sectores altos de la ciudad. El tipo de suelo descrito en esta zona presentan las mejores características geotécnicas para la cimentación de edificaciones.

Los resultados de las mediciones de microtemores muestran que los periodos de vibración natural en esta zona son menores a 0.20 s. En consecuencia, este suelo tiene un comportamiento dinámico correspondiente a un suelo rígido, equivalente a un suelo de tipo S1 de la Norma E-030 de diseño sismorresistente.

Zona II

Esta zona incluye a las arcillas de consistencia blanda a media, y se ubica en el sector central de la ciudad. El tipo de suelo descrito en esta zona presenta características geotécnicas menos favorables, en relación al caso anterior, para la cimentación de edificaciones.

Los resultados de las mediciones de microtemores muestran que los periodos de vibración natural en esta zona son menores a 0.30 s. En consecuencia, este suelo tiene un comportamiento dinámico correspondiente a un suelo equivalente a tipo S2 de la Norma E-030 de diseño



sismorresistente.

Zona de Escombros y Rellenos

Estas zonas incluyen a los rellenos y escombros antrópicos, identificados en sectores específicos del área urbana y alrededores. Dadas las características desfavorables de estos materiales, se considera que estas zonas, actualmente, no son aptas para la construcción de edificaciones.

Los rellenos podrían ser reemplazados por material competente, esto podrá ser posible siempre y cuando se ejecuten estudios específicos de mecánica de suelos, que respalden técnicamente esta decisión.

De acuerdo a la Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones (1997), no está permitido cimentar sobre un relleno heterogéneo, por lo cual en lugares como este no es posible estimar la capacidad de carga para cimentaciones. Así mismo estos materiales presentan una mala respuesta frente a un evento sísmico. Por lo cual se ha demostrado en la experiencia que edificaciones cimentadas sobre este tipo de suelo sufren grandes asentamientos y daño severo, por lo que se recomienda su remoción total en caso que estas áreas sean utilizadas con fines urbanos.

VI. MAPA DE ACELERACIONES MÁXIMAS ESPERADAS DEL SUELO

Una vez determinado el mapa de microzonificación sísmica en el área de estudio, es necesario caracterizar las zonas identificadas de manera cuantitativamente estimando el valor de aceleración horizontal máximo esperada para el suelo; para ello se utilizará como dato de entrada el resultado de la aceleración esperada para terreno firme del estudio de peligro sísmico para la Ciudad de Chíncha (Apéndice A) que corresponde para un suelo "Tipo C" (IBC) un valor de aceleración horizontal máxima de diseño PGA de 0.50 g; los valores de aceleración máxima proyectados para las diferentes zonas mostrados en el mapa de Microzonificación Sísmica I-02 se obtienen multiplicando los parámetros del suelo propuestos en la Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente por la aceleración máxima PGA de 0.50 g de la siguiente manera:

Zona	Factor	Aceleración Máxima
I	1.0	492 gal
II	1.2	590 gal
Rellenos	1.4	688 gal

Los valores obtenidos para cada zona son mostrados en el Mapa I-03



VII. MAPA DE VELOCIDADES MÁXIMAS ESPERADAS DEL SUELO

Es necesario determinar los valores de velocidad máxima del suelo que pueden presentarse en la zona de estudio con la finalidad de estimar el riesgo al que se encuentra expuesto el sistema de tuberías de la red de saneamiento.

Para la elaboración del mapa de velocidades máximas se utiliza la relación matemática presentada en el artículo técnico titulado “**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). La relación es la siguiente:

$$\ln V_{\max} = -1.8349 + 1.1146 \ln A_{\max} + 0.4043 \ln T_s$$

donde la velocidad máxima esperada del suelo (V_{\max}) se expresa en función de la aceleración máxima esperada del suelo (A_{\max}) y del periodo de oscilación del suelo (T_s) para sismos de tipo subducción. Entonces para determinar el mapa de velocidades máximas del suelo para el distrito de Contumazá, se deberá utilizar como datos de entrada la aceleración máxima del suelo y el periodo de oscilación del suelo estimados anteriormente y representados en el mapa I-03 del presente informe y el plano C-03 del Apéndice C respectivamente. Los valores de velocidades máximas esperadas del suelo para el distrito de Contumazá se muestran en el mapa I-04.

VIII. ESTUDIO HIDROLÓGICO Y DE PELIGROS DE ORIGEN CLIMÁTICO

En el presente estudio realizado para la Ciudad de Chíncha, se examinó los fenómenos climáticos que aumentan la ocurrencia de peligros de origen climático, como los huaicos o deslizamientos de lodos, originadas por la activación de las quebradas cercanas. Un detalle completo del estudio realizado se presenta en el Apéndice D.

El área del estudio está ubicada en la zona norte de la cuenca baja del río San Juan, y en la intercuenca formada por esta y la cuenca de la quebrada Topara, como se muestra en la figura 1 del Apéndice D. Las principales quebradas que cruzan la ciudad de Chíncha Alta y distritos aledaños son:

- Culebrillas cuyo paleocauce llega hasta la zona central del distrito de Alto Larán
- Cruz de Lázaro cuyo paleocauce llega hasta la zona Norte del distrito de Alto Larán.
- Huatiana cuyo paleocauce llega hasta la zona central del distrito de Pueblo Nuevo y el curso actual es derivado hacia la quebrada Chillón.
- Chillón y Cabracancha cuya confluencia llega a desembocar al Océano Pacífico cruzando la Carretera Panamericana Sur.



La zona de estudio comprende el estudio de los peligros naturales, de origen climático, por lo que no se tomó en cuenta el estudio de inundaciones debidas a desbordamientos del río San Juan, del mismo modo los canales para la irrigación de los campos de cultivo.

El SENAMHI (1988) desarrollo la Clasificación climática del Perú basado en el sistema de clasificación de climas de Werren Thornthwaite donde la cuenca baja del río San Juan está clasificado como:

- Tipo de clima Árido a semicálido [E(d) B1 ' H3]
Abarca toda la región costera hasta los 2 000 msnm, se caracteriza por presentar zonas áridas debido a la deficiencia de lluvias con humedad relativa calificada como húmeda que varían de 65 % a 84%.
- Tipo climático Semiseco a templado [C(o,i,p) B2 ' H3]
Este tipo de clima se ubica desde los 2 000 hasta 3 000 msnm se caracteriza por presentar deficiencias de lluvias en el otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada como húmeda que varían de 65 % a 84%.

Para el presente estudio solo se analizó la ocurrencia de huaycos en las quebradas ubicadas sobre la ciudad, las que son mostradas en la Figura N°1 del Apéndice D, para lo cual se procedió con la siguiente metodología de trabajo.

- Fase de Campo:
Reconocimiento de las quebradas en Campo
Inventario de quebradas que pertenecen al área de estudio.
Evaluación Hidrológica de las quebradas: delimitación hidrográfica.
Evaluación de información de estaciones meteorológicas disponibles.
- Trabajos de gabinete:
Procesamiento de la Información
Cálculos e inferencias hidrológicas
Confeción de Mapas Temáticos de la Cuenca
Informe Final de Resultados
Las metodologías y/o técnicas de recolección de datos y manejo de información que han contribuido de sobremanera en el desarrollo del estudio son:

Métodos de recolección de Información:

- Recorrido por los ejes de las quebradas principales.
- Análisis bibliográfico de estudios anteriores hechos en la zona.



- Entrevista a pobladores, que hayan vivencia de la ocurrencia de huaycos en la zona.

Las quebradas estudiadas, en algún tiempo llegaron a activarse y ocasionar huaicos que llegaron hasta la ciudad ocasionadas por fenómenos climáticos extremos, fenómenos del niño severos. Estas quebradas están a una distancia de aproximadamente 5 km de los límites de la ciudad, sobre las antiguas planicies de inundación se encontraron canteras de agregados, granjas de aves y algunas viviendas de esteras de poca antigüedad. Este terreno en si no mantiene vegetación debido a la falta de agua de origen natural, pero con la humedad de la zona si se observaron arbustos en las zonas altas de las quebradas, como se observa en las Fotos N°1 y 2 del Apéndice D.

8.1. MAPA DE PELIGROS DE ORIGEN CLIMÁTICO

8.1.1 Fenómenos de Origen Climático

Está asociado al fenómeno de inundaciones de origen climático en las partes bajas de las quebradas de la intercuenca, entre las cuencas del río Topara y el río San Juan.

- Inundación del abanico aluvial:

Las inundaciones producidas en el abanico aluvial de las quebradas que cruzan la Ciudad de Chincha, se originan por un evento de precipitación extraordinaria ocurrido en las partes altas de las cuencas. Esta inundación extraordinaria, se produce con mayor incidencia, en el abanico aluvial de las quebradas Huatiana y Chillón. Cabe resaltar que en condiciones de precipitación normal, no se dan las condiciones suficientes para que se produzca una inundación.

8.1.2 Zonificación de Peligros de Origen Climático

La zonificación de peligros climáticos se ha realizado tomando en cuenta los niveles de daño a ocasionar, debido a la inundación del abanico aluvial de las quebradas de la intercuenca que cruzan el área de estudio. La delimitación de estas zonas, fueron inspeccionadas en campo.

La Zonificación de Peligros Climáticos se presenta en la lámina D-10 del Apéndice D; de acuerdo a la descripción siguiente:

- Zona de Peligro Bajo:
Comprende la zona urbana sur-este de Grocio Prado, el distrito Sunampe y la parte oeste del distrito de Chincha Alta, que no se encuentran expuestas directamente a la inundación



del abanico aluvial, ni al paso de la escorrentía superficial, en eventos de precipitación extraordinaria.

- Zona de Peligro Medio:
Comprende la zona urbana norte de Grocio Prado donde puede percibirse el paso de escorrentía superficial, pero no se encuentran expuestas directamente a la inundación del abanico aluvial.
- Zona de Peligro Alto:
Comprende la zona urbano-agrícola del este de Chincha Alta y Pueblo Nuevo que se encuentran delante el abanico aluvial inundable en eventos de precipitación extraordinaria. Cabe mencionar que el canal Acequia Ñoco Alto (Anexos D-2, Foto N° 01, del Apéndice D), ofrece un componente mitigador del peligro por inundación de estos distritos, pues en un probable evento de inundación, puede utilizarse para captar y distribuir la inundación producida por la escorrentía generada, convirtiéndose así en un instrumento de alerta temprana.

También forman parte de esta zona, el cono aluvial de las quebradas en menor orden de magnitud de la intercuenca, que no producen escorrentía comparable con las cuencas más grandes. Sin embargo, no se puede dejar de mencionar un peligro de origen antrópico originado por la proliferación de granjas para la crianza de aves, ubicadas en las partes bajas de las cuencas de menor orden, que han alterado la geomorfología de las quebradas, modificando sus pendientes naturales y obstruyendo sus cauces naturales, motivos que agregan vulnerabilidad por inundación que no son parte de este estudio. (Anexos D-2, Foto N° 02 y N° 03 del Apéndice D).

- Zona de Peligro Muy Alto:
Comprende el abanico aluvial inundable en eventos de precipitación extraordinaria, de las quebradas Huatiana y Chillón, donde además se están ubicando nuevas poblaciones desarrolladas en la margen derecha del canal Acequia Ñoco Alto. En un evento de inundación, estos pobladores serían los primeros afectados (Anexos D-2, Foto N° 04 del Apéndice D).

8.2. MAPA DE PELIGROS DE ORIGEN GEOLÓGICO-CLIMÁTICO

8.2.1 Fenómenos de Origen Geológico - Climático

Los fenómenos de origen Geológico-Climático de mayor incidencia en la zona de estudio están referidos a los siguientes:

- Flujo de Lodos y detritos:



En un evento de precipitación extraordinaria, el flujo de escorrentía superficial que discurre por las quebradas de la intercuenca que cruza la Ciudad de Chincha, puede ser de tal magnitud que genere arrastre de sedimentos y gravas depositados con anterioridad en antiguos procesos de sedimentación fluvial (Anexos D-2, Foto N° 05 del Apéndice D). En caso de darse estas condiciones, se produce un flujo hiperconcentrado de matriz heterogénea conformado por material fino y grueso que dependiendo de la concentración gruesa, puede clasificarse como un flujo de lodos o un flujo de detritos. La evidencia de la generación de estos flujos se observa con mayor intensidad en las quebradas Huatiana y Chillón, donde los cauces generados por arrastre y erosión lateral son de mayor dimensión y profundidad además de ser más numerosos. (Anexos D-2, Foto N° 06 del Apéndice D).

- Deslizamientos y Cárcavas:
Se producen en suelos de cobertura suelta y se presentan marcadamente a lo largo del acantilado. Este fenómeno está asociado a la variación de las características estructurales, tales como cohesión y fractura miento, que modifican las condiciones naturales del terreno; y a la presencia de un flujo importante de agua subterránea y/o superficial.

8.2.2 Zonificación de Peligros de Origen Geológico - Climático

La zonificación de Peligros Geológico-Climáticos se puede apreciar en la lámina D-11 del Apéndice D, identificándose las siguientes zonas:

- Zona de Peligro muy Alto:
Conformado por el cauce principal de las quebradas que son inundadas ante la ocurrencia de un evento de precipitación extraordinaria en la parte alta de la cuenca. En esta zona se produce erosión, socavación sedimentación y otros procesos propios de la actividad fluvial. Además, el área de influencia de la actividad de cárcavas en la que se presenta erosión marginal, erosión de fondo, deslizamiento de taludes y derrumbes.

Comprende la zona oeste del distrito de Sunampe y los cauces evidentes de las quebradas de la intercuenca

- Zona de Peligro Alto:
Zona que comprende áreas con moderada a intensa erosión debido a la actividad en la parte alta de las quebradas producto de lluvias extraordinarias que generan escorrentía y activación de cauces. Lo conforma el área probable de inundación por divagación del curso principal donde se produce erosión y arrastre de sedimentos y rocas alcanzando extraordinariamente un flujo de lodos y detritos.



Lo conforman las zonas de deposición aluvial y coluvial de las quebradas Huatiana y Chillón, el abanico aluvial o cono de deyección de las mismas quebradas y el paso de su recorrido histórico al norte de los distritos de Pueblo Nuevo y Grocio Prado.

Cabe destacar la existencia de una estructura de mitigación de peligro por flujo de lodos y detritos, ubicada en el distrito de Pueblo Nuevo, cruce con el canal Acequia Ñoco Alto. Esta estructura civil consiste en la combinación de dos diques de encauzamiento en forma de V de unos 200 m lo longitud, que direccionan gran parte del flujo proveniente de la quebrada Huatiana, hacia una estructura de concreto, a modo de puente de un ancho aproximado de 40 m., que permite el paso de una manera encauzada de la margen izquierda a la margen derecha del canal Acequia Ñoco Alto, del flujo de lodos captado. Esta estructura de concreto tiene una antigüedad mayor a 50 años (año probable de construcción 1959), probablemente después del fenómeno “El Niño” del año 1957-1958 catalogado como moderado.

Según versiones de la población, esta estructura de concreto ha trabajado a su máxima eficiencia, transportando flujos de lodos y detritos de manera aceptable, más aún no mitiga en su totalidad el efecto que produce el flujo que genera de la quebrada Huatiana (Anexos D-2, Foto N° 07 y N° 08 del Apéndice B). Su última puesta en funcionamiento se produjo durante el fenómeno del Niño del año 2003.

- Zona de Peligro Medio:
Zona A: Comprende áreas con leve a moderada inundación por flujo de escorrentía superficial y de lodos en baja concentración, producto de lluvias extraordinarias en la parte alta de las cuencas de menor elevación. Se incluyen en esta descripción las quebradas de la intercuenca menos las quebradas Huatiana y Chillón.

Zona B: Comprende áreas de baja inundación y erosión producto de la concentración de escorrentía superficial producto del remanente de flujos en zonas altas y de mayor peligro. Esta escorrentía no tiene poder erosivo ni la capacidad de arrastrar sedimentos
Lo conforma la parte sur del distrito de Pueblo Nuevo.

Zona C: Comprende áreas donde la influencia de la actividad de las quebradas en eventos extraordinarios de precipitación es imperceptible o de poca importancia.
Lo conforman la parte sur del distrito de Grocio Prado, la parte este de Sunampe y el distrito de Chinchá Alta.



IX. ESTUDIO DE PELIGRO GEOLÓGICO

A continuación se presenta la Evaluación Geológica y de Peligro geológico de las zonas con problemas de geodinámica externa de la Ciudad de Chincha, del Departamento de Ica.

El objetivo del presente estudio es evaluar los aspectos geológicos y litológicos, identificar fenómenos de geodinámica externa, con sus respectivos peligros geológicos. A continuación se presentan los resultados obtenidos en el estudio, mayores detalles se pueden encontrar en el Apéndice E.

El estudio consistió en una inspección y evaluación geológica del área de estudio con la finalidad de identificar los distintos depósitos y/o formaciones rocosas, así como identificar fenómenos de geodinámica externa, así como el peligro geológico. La descripción de esta Zonificación y Peligro Geológico puede apreciarse en el Plano E-01 del Apéndice E.

A continuación se detalla la zonificación realizada:

Zona 1

En esta Zona está asociada a las localidades de Grocio Prado, Pueblo Nuevo, Sunampe y Chincha Alta y comprende áreas donde la influencia de la actividad de las quebradas en eventos extraordinarios por precipitación es imperceptible o de poca importancia.

Esta Zona está considerada como Peligro Geológico Potencial Moderado.

Zona 2

En esta Zona está ubicada hacia el oeste del área en estudio que esta denominada como de zonas de acantilado o zona de cárcavas a lo largo del litoral costero.

La actividad de geodinámica externa que se desarrolla a lo largo del acantilado se agudiza en épocas de riego, debido a que el agua de retorno incide directamente sobre la escarpa del mismo y origina procesos adicionales de erosión; asimismo por gravedad o por la ocurrencia de sismos se activan o se reactivan deslizamientos, desprendimientos (caída de bloques y derrumbes)

La zona de cárcavas se aprecia o están comprometidos con los sedimentos y rocas de la formación topara; que está conformada por una secuencia alternada de limos, arena y arcillas en diferentes espesores, acompañados por su consistencia blanda y compacidad muy suelta asociado a los lentes de arena, se ocasiona intensos procesos de erosión debido a la actividad fluvial, eólica y sísmica.

Esta Zona está considerada como Peligro Geológico Potencial de moderado a alto.



Zona 3

Esta Zona está ubicada al Noroeste de la zona en estudio, el fenómeno de geodinámica externa denominado Flujos de Lodos y Huaycos, provenientes de las quebradas Huatiana y Chillón; reactivadas en el 2006 y dos veces después en febrero del presente año. Las morfologías disectada de las pampas de ñoco, con presencia de extensos abanicos proluviales, es testigo de la actividad geodinámica externa pasada e histórica del área. Es importante mencionar que el avance urbanístico y agrícola del área no permite no permite determinar con exactitud los límites de la influencia de los flujos.

La activación de este fenómeno puede ocasionar daños en las viviendas ubicadas aguas abajo y/o ocasione daños personales.

Esta Zona está considerada como Peligro Geológico Potencial Alto.

Sería recomendable una evaluación por el especialista en el ramo, para tomar medidas de prevención o atenuación de estos fenómenos.

Zona 4

Esta Zona está ubicada principalmente en la localidad de Pueblo Nuevo, está comprometida con remanentes de Flujos de lodo y huaycos recientes, asociados a lluvias excepcionales (fenómeno “El Niño”), con áreas de baja inundación y erosión producto de la concentración de aguas de escorrentías superficial. Esta escorrentía no tiene poder erosiva ni capacidad de arrastre de sedimentos. Aguas arriba de Chincha alta Las morfologías disectadas en las pampas, con presencia de extensos abanicos proluviales, es testigo de la actividad geodinámica externa pasada e histórica del área.

Esta Zona está considerada como Peligro Geológico Potencial de Moderado a Alto.

Zona 5

Esta Zona está ubicada aguas arriba del canal acequia ñoco bajo, llegando inclusive hasta casi el pie de los contrafuertes rocosos.

El fenómeno de geodinámica externa denominado Flujos de detritos (huaycos) y/o lodo, proveniente principalmente de la quebrada Huatiana; reactivada en el 2006 y dos veces posteriormente. Las morfologías disectadas de las pampas de ñoco, con presencia de extensos abanicos proluviales, es testigo de la actividad geodinámica externa pasada e histórica del área.

Es importante mencionar que el avance urbanístico y agrícola del área no permite determinar con exactitud los límites de la influencia de los flujos.

La activación de este fenómeno puede ocasionar daños en las viviendas ubicadas aguas abajo y/o ocasione daños personales.

Esta Zona está considerada como Peligro Geológico Potencial Alto.



Sería recomendable una evaluación por el especialista en el ramo, para tomar medidas de prevención o atenuación de estos fenómenos

X. MAPA DE PELIGROS MÚLTIPLES

La superposición del mapa de microzonificación sísmica con los mapas de peligros climáticos, hidrológicos y geológicos, desarrollados en los acápite precedentes ha permitido definir el Mapa I-05 "Mapa de Peligros Múltiples", en el cual se ha representado el nivel de peligro al que están expuesto las diferentes áreas de la ciudad de Chincha, dado la ocurrencia de los fenómenos naturales arriba indicados. Los niveles de peligros definidos y los agentes que los generan se describen a continuación.

ZONA DE PELIGRO BAJO A MEDIO:

Comprende áreas donde la influencia de los fenómenos hidrológicos y geodinámicos son de poca importancia. Se observa vestigios de antigua actividad de las quebradas que podrían reactivarse en eventos hidrológicos extraordinarios.

ZONA DE PELIGRO MEDIO

Comprende áreas con leve a moderado potencial de inundación por flujo de escorrentía superficial y de lodos de baja concentración. Se incluyen también las áreas con bajo a moderado potencial de inundación producto de la concentración de escorrentía superficial remanente de los flujos ocurridos en las zonas altas.

ZONA DE PELIGRO ALTO

Comprende áreas con moderada a intensa erosión debido a la actividad en la parte alta de las quebradas, producto de precipitaciones extraordinarias que generan escorrentía y activación de cauces. Se observa áreas comprometidas con remanentes de flujos de lodo y huaycos recientes, asociados a lluvias excepcionales generadas por el fenómeno del Niño. Esta zona comprende áreas de probable inundación por divagación del curso principal de las quebradas, donde puede producirse erosión, arrastre de sedimentos y flujos de lodos o escombros.

ZONA DE PELIGRO MUY ALTO

Conformada por el cauce principal de las quebradas que son inundadas durante la ocurrencia de un evento de precipitación extraordinaria. Zonas de cárcavas a lo largo del acantilado con procesos de erosión por desbordes de aguas de riego o desprendimientos de bloques y derrumbes generados por la ocurrencia de movimientos sísmicos.



XI. REFERENCIAS

- Alva Hurtado J.E., Meneses J. y Guzmán V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, Perú.
- Asten M.W. and Henstridge J.D., (1984), "Array Estimators and the use of Microseisms for Sedimentary Basin Reconnaissance": Geophysics v. 49, 1828–183.
- Ayquipa C. (1995), "Microzonificación Sísmica de Chorrillos y Barranco", Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería Lima.
- Ayashi, K. (2003), "Data Acquisition and Analysis of Active and Passive Surface Wave Methods". Short Course - SAGEEP 2003.
- Bard, P. (1998), Microtremor Measurements: A tool for site effect estimation? The effects of Surface Geology on Seismic Motion, Irikura, Kudo, Okada y Sasatani (eds), 1251-1279.
- Bermúdez M., Franco L., Martínez S. y Ojeda A., (2002), "Uso de las Microtremores para la evaluación de la Respuesta Dinámica de los Suelos"
- Berrocal J., (1974), "South American Seismotectonics from SAAS data", Thesis submitted for the Degree of Doctor of Philosophy in the University of Edinburg.
- Berrocal J., Deza E. y Shikiya J. (1975), "Estudio de Sismicidad para el Proyecto de Derivación del Río Mantaro a Lima", Informe del Instituto Geofísico del Perú a ELECTROPERUS.A.
- Bieniawski Z.T (1989) "Engineering Rock Mass Clasificación" Willey Intersciencie Publication, USA.
- Capon J., 1969, High-Resolution Frequency-Wavenumber Spectrum Analysis: Proc. IEEE, v. 57, 1408-1418.
- Calderon, J., Sekiguchi, T., Aguilar, Z., Lazares, F. y Nakai, S., (2011), Dynamic Characteristics of the Surface Soils in Lima, Proc., Eighth International Conference on Urban Earthquake Engineering, 8CUEE Tokyo, Japan, 537-542.
- Casaverde L. y Vargas J. (1980), "Zonificación Sísmica del Perú", II Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo - Resistente, Organización de Estados Americanos y Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Castillo J. (1993), "Peligro Sísmico en el Perú", Tesis de Grado, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería Lima.
- CISMID (1991), "Memorias del Seminario Taller de Dinámica de Suelos". Universidad Nacional de



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CENTRO PERUANO-JAPONÉS DE INVESTIGACIONES
SÍSMICAS Y MITIGACIÓN DE DESASTRES**



Ingeniería, Lima, Perú.

CISMID (1992), "Estudio de Peligro Sísmico para el Afianzamiento Hídrico del Río Cañete-Lima". Informe Técnico, Lima, Perú.

CISMID (2004), "Estudio de Vulnerabilidad y Riesgo Sísmico de 32 distritos de Lima y Callao". Informe Técnico, Lima, Perú

Cornell A. (1968), "Engineering Seismic Risk Analysis", Bulletin of the Seismological Society of America", Vol58, N°5 págs. 1538-1606.

Das, B. M. (1996), "Principios de Ingeniería de Cimentaciones", México Thomson Editores, 4ta Edición, México.

Deza E. y Carbonell C. (1978), "Regionalización Sismotectónica Preliminar del Perú", IV Congreso Peruano de Geología, Lima, Perú.

Deza E. (1969), "Estudio Preliminar Sobre las Zonas de Transición que Separan Posibles Regiones Sismotectónicas del Margen Occidental de Sudamérica: Zona de Transición en el Perú", I Congreso Nacional de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Lima, Perú.

Figuerola, J., C. (1974), "Tratado de Geofísica Aplicada", LITOPRINT, Madrid.

Gabriels, P., Snider, R., and Nolet, G. (1987), In situ measurements of shear-wave velocity in sediments with higher-mode Rayleigh waves: Geophys. Prospecting, 35, 187-196.

González de Vallejo, L. y Ferrer M. (2002), "Ingeniería Geológica", Prentice Hall, Madrid, España.

Hoek E. Bray J. W. (1977) "Rock Slope Engineering" London, 2da Edición.

Idriss I. (1985), "Evaluating Seismic Risk in Engineering Practice". XI International Conference in Soil Mechanics and Foundation Engineering, San Francisco, USA.

Flores, H.C. (2004), "Método SPAC : Una alternativa para la Estimación de Modelos de Velocidades en el Valle de México", Tesis de Maestría, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

HIDROENERGIA CONSULTORES EN INGENIERIA SRL (2010), "Estudio Geotécnico con Fines de Cimentación de 05 Reservorios – R-03 Collique", Informe Técnico, Lima, Perú.

Hunt, Roy E (1986), "Geotechnical Engineering – Techniques and Practices", McGraw-Hill, USA.

Instituto Geofísico del Perú. (2000), "Catálogo Sísmico del Perú: Versión Revisada y Actualizada". Lima, Perú.



- INGEMMET (1992), "Geología de los Cuadrángulos de Lima, Lurín, Chancay y Chosica "Boletín N°43 – Hoja: 24-i.
- Instituto Tecnológico de España (1991) "Manual de Ingeniería de Taludes"
- IsacksB., Oliver J. y Sykes L.R., (1968), "Seismology and Global Tectonics", Journal of Geophysical Research, Vol73, N°18, 5855-5899.
- Jaimes Miguel A., Reinoso Eduardo, Ordaz Mario y Arredondo Cesar (2009), "Correlación entre la aceleración y velocidad máxima del suelo: Aplicación en el análisis del peligro sísmico", publicado en la Revista de Ingeniería Sísmica No. 81, pag. 19-35 (2009), editada por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica (SMIS).
- JICA (1988). Final Report the Master Plan Study on The Disaster Prevention Project in the Rimac River Basin. Main Report. Tokio, Japón.
- Kramer, S.L.,(1996), "Geotechnical Earthquake Engineering". Prentice Hall, New Jersey, USA.
- Kuroiwa, J.M.; Mansen, A.J; Rodríguez, E. (2004). Use of a Rock Ramp for Erosion Control.
- Kuroiwa, J.M., Mansen, A.J.; Romero, F.M.; Castro, L.F.; Vega, R. (2011) "Narrowing of the Rimac River due to Anthropogenic Causes - Partial Engineering Solutions". Congreso Mundial de Recursos Hídricos y Medio Ambiente. Organizado por la Asociación Americana de Ingenieros Civiles (ASCE). Palm Springs, Florida, Estados Unidos. Mayo 2011.
- Hydrology Days 2004. American Geophysical Union and Colorado State University. Fort Collins, Colorado. Estados Unidos de Norteamérica.
- Lankston, R. W., "High Resolution Refraction Data Adquisition and Interpretation", Geo-Compu-Graph, Inc., U.S.A.
- Lermo J., Rodríguez M., y Singh S. K. (1988) Natural period of sites in the valley of Mexico from microtremor measurements, Earthquake Spectra, 4, 805-14.
- Lermo, J. and F. J. Chavez-Garcia (1994). Are microtremors useful in site response evaluation?, Bull. Seism. Soc. Am., 83,1350-1364.
- McGuire R.K. (1974), "Seismic Structural Response Risk Analysis incorporating Peak Response Regression on Earthquake Magnitude and Distance", MIT Report R74-51Cambridge MA, USA.
- McGuire R.K. (1976), "Fortran Computer Program for Seismic Risk Analysis", Open-FileReport76-67, U.S. Geological Survey.



- Miller, R. D., Pullan, S.E., Waldner, J. S., Haeni, F. P., (1986), "Field comparison of shallow seismic sources", *Geophysics*, Vol. 51, N° 11, 2067 – 2092, U.S.A.
- Nakamura, Y. (1989). "A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface". *Quarterly Report Railway Technology. Research Institute.*, Vol. 30. N°3. 25-30.
- Park, C., Miller, R. y Xía, J. (1999), "Multichannel analysis of surface waves". *Geophysics*. Vol. 64. N° 3.800-808.
- Park., C.B., R. D. Miller, and J. Xia, Julian M.(1999), *Multichannel Analysis of Surface Waves to Map Bedrock*, Kansas Geological Survey, Lawrence, Kansas, U.S.
- Park, C., Miller, R., Xia, J., & Ivanov, J. (2001^a). "Seismic characterization of geotechnical sites by Multichannel Analysis of Surfaces Waves (MASW) method". *Tenth International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering (SDEE)*, Philadelphia.
- Plan de Ordenamiento Territorial y Ambiental -POTA- (2011), *Geología de la Cuenca Chillón*.
- http://www.alter.org.pe/cuenca/sis_natural_fisico.html. Pagina accedida en Marzo del 2011.
- Roma V. (2001), "Soil Properties and Site Characterization by means of Rayleigh Waves", PhD Degree in Geotechnical Engineering, Department of Structural and Geotechnical Engineering, Technical University of Turin (Politecnico), Italy.
- Redpath, B., B. (1973), "Seismic Refraction Exploration for Engineering Site Investigations", *Explosive Excavation Research Laboratory Livermore, California, U.S.A.*
- Richter C.F. (1958), "Elementary Seismology", W.H. Freeman Co., San Francisco.
- Rodríguez, E; Mansen, A; Kuroiwa, J; Abanto, G. (2001) *Labores de Emergencia para la Mitigación de Socavación del Puente Dueñas. Para INVERMET.*
- Sebrier M., Huamán D., Blanc J.L, Macharé J., Bonnot D. y Cabrera J. (1982), "Observaciones acerca de la Neotectónica del Perú", *Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú.*
- SEDAPAL (2009), *Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto "Optimización de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, Sectorización, Rehabilitación de Redes y Actualización de Catastro – Área de Influencia Planta Huachipa – Área de Drenaje Puente Piedra – Chillón – Lima", Informe Técnico, Lima, Perú.*
- Silgado E., (1969), "Sismicidad de la Región Occidental de la América del Sur entre los paralelos 2° y 18° Latitud Sur", *Primer Congreso Nacional de Sismología e Ingeniería Antisísmica*, pp.33-44.



-
- Silgado E.(1973), "Historia de los Sismos más notables ocurridos en el Perú 1955-1970", Geofísica Panamericana, Vol2, 179-243
- Silgado E. (1978), "Historia de los Sismos más Notables ocurridos en el Perú (1513-1974)", Instituto de Geología y Minería, BoletínN°3, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, Lima, Perú.
- Silgado E. (1992), "Investigación de Sismicidad Histórica en la América del Sur en los Siglos XVI, XVII, XVIII y XIX", CONCYTEC, Lima, Perú.
- Slemmons D. (1982), "Magnitude of Active Faults", U.S. Army Engineer Waterways Experimental Station, USA.
- SISRA (1985), "Catálogo de Terremotos para América del Sur" Vol7a, 7b y 7c, Proyecto SISRA, CERESIS, Lima, Perú.
- Tavera, H., y E. Buforn. (1998), "Sismicidad y Sismotectónica de Perú", Física de la Tierra, N°10, pp.187–219. España.
- Tokimatsu K., Miyadera Y. and Kuwayama S. (1992a), Determination of Shear Wave Velocity Structures from Spectrum Analyses of Short-Period Microtremors, Proc., 10th World Conf. on Earthquake Engrg., 1, 253-258.
- Tokimatsu K., Shinzawa K., Kuwayama S. (1992b), Use of short-period microtremors for Vs profiling, J. Geotechnical Eng., vol. 118 (10), ASCE, pp. 1544-1558.
- U. S. Army Corps of Engineers, (1995), "Geophysical Exploration for Engineering and Environmental Investigations", Engineer Manual 1110-1-1802, Washington, U. S. A.