



INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU

Dirección de Sismología - CNDG



REGIONE
TOSCANA



MICROZONIFICACION SISMICA DEL DISTRITO DE TAMBO DE MORA - CHINCHA (Comportamiento Dinámico del Suelo)

Elaborado para:
COOPERAZIONE INTERNAZIONALE

Por:
Isabel Bernal
Hernando Tavera

Lima-Perú
Abril, 2008

RESUMEN EJECUTIVO

ANTECEDENTES

De acuerdo al Contrato de Prestación de Servicios que celebraron de una parte el Instituto Geofísico del Perú (IGP) y Cooperazione Internazionale (COOPI), se ha realizado el estudio “Microzonificación Sísmica del Distrito de Tambo de Mora – Chincha (Ica) a partir del uso de Registros de Vibración Ambiental (comportamiento dinámico del suelo). El presente estudio tiene como principales objetivos los siguientes:

- .- Determinar las frecuencias predominantes (F_r), periodos dominantes (T_o), amplificaciones máximas relativas (A_r), mapas de isoperiodos y amplificaciones máximas para el Distrito de Tambo de Mora – Chincha (Ica).
- .- Proponer el Mapa de Microzonificación Sísmica para el Distrito de Tambo de Mora – Chincha (Ica).

Para cumplir con los objetivos indicados se ha registrado señales de vibración ambiental en 158 puntos distribuidos en todo el Distrito de Tambo de Mora y en la localidad de Magdalena. Para el registro de datos se ha utilizado dos estaciones sísmicas compuestas por sensores de banda ancha y registradores de alta resolución. Para determinar las frecuencias predominantes, periodos dominantes y amplificaciones máximas relativas se ha hecho uso de la técnica de Razones Espectrales (H/V).

CONCLUSIONES

El Mapa de Microzonificación Sísmica de Tambo de Mora, divide al distrito en tres microzonas:

La microzona I es considerada de vulnerabilidad alta. Los periodos dominantes oscilan entre 0.1 a 0.2 segundos con valores de amplificación de al menos 15 veces. En esta microzona el suelo es blando y esta constituido principalmente por grava en estado húmedo en unas áreas y semihumedo en otras debido alto nivel freático existente; sin embargo, conforme se tiende hacia su extremo SE, las amplificaciones máximas disminuyen hasta 3 veces por encontrarse a mayor altura.

La microzona II es considerada de vulnerabilidad media. Los periodos dominantes oscilan entre 0.3 a 0.4 segundos con valores de amplificación de al menos 5 veces, y de manera puntual hasta 6 veces. Aquí el suelo esta constituido principalmente por arcilla de color amarillento en estado semidenso.

La microzona III es considera de vulnerabilidad baja. Los periodos dominantes oscilan entre 0.3 a 0.4 segundos con amplificaciones menores a 5 veces. Aquí el suelo esta compuesto por arcilla de color amarillento en estado semidenso. En la zona el nivel freático se encuentra a mas de un metro de profundidad.

Se ha identificado que la Microzona I, es la de mayor peligrosidad por la posibilidad de que los modos de vibrar del suelo coincidan con el de las viviendas produciendo efectos de resonancia. En esta microzona la amplificación máxima alcanza valores de 15 veces, siendo estos valores menores en dirección SE pudiendo considerarse normas diferentes que al resto de esta microzona.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, los daños observados en Tambo de Mora debido al terremoto de Pisco (15/08/07), fueron a consecuencia de tres factores: (1) efectos de sitio que caracterizan a suelos inestables que responden a periodos de 0.1 y 0.2 segundos con amplificaciones altas que pudieron entrar en resonancia con las viviendas de 1 y 2 pisos que prevalecían en esta zona. (2) Los fenómenos de licuefacción que produjeron el hundimiento de las viviendas y (3) las características y tipos de construcción de las viviendas que las hacian de alta vulnerabilidad.

El mapa de microzonificación sísmica para el distrito de Tambo de Mora, representa un conocimiento primario a considerar para el reordenamiento de la ciudad y guía para su futura expansión urbanística. Asimismo, se constituye como punto de partida para futuros estudios de sismicidad e ingeniería.

De acuerdo al mapa de microzonificación y al reconocimiento geológico/tectónico, se recomienda no construir nuevas viviendas/edificaciones en las áreas afectadas por ser altamente vulnerables a los efectos del los terremotos de gran magnitud. Es necesario considerar la reubicación de las familias a zonas más estables y menos vulnerables. Caso contrario, se debe considerar una mayor inversión en la reconstrucción del Distrito debido a su alta vulnerabilidad y para lo cual se tomar en cuenta la asesoría de profesionales.

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO

1.- INTRODUCCION

2.- AREA DE ESTUDIO

3.- INSTRUMENTACION Y DATOS

4.- METODOLOGIA

5.- APLICACIÓN Y RESULTADOS

5.1. Periodos Dominantes y Amplificaciones Máximas Relativas

5.2. Curvas de Isoperiodos

6. MAPA DE MICROZONIFICACION SISMICA

7.- CONCLUSIONES

REFERENCIAS

ANEXO 1. Ejemplos de razones espectrales obtenidas en el área de estudio

ANEXO 2. Valores de Frecuencias Predominantes (F_r), Periodos Dominantes (T) y Amplificaciones Máximas Relativas (A_r), obtenidos para cada punto de toma de datos (P1- P158).

ANEXO 3. Resultados obtenidos en la Localidad de Magdalena

1. INTRODUCCION

El Distrito de Tambo de Mora se encuentra ubicado en la Provincia de Chíncha (departamento de Ica) sobre una superficie territorial de 32.00 km² y cuenta con una población de 4,314 habitantes ⁽⁵⁾. Desde el punto de vista del riesgo sísmico, este distrito es afectado principalmente por sismos de diversas magnitudes que tienen su origen en la principal fuente sismogénica del Perú; es decir, el proceso de convergencia y subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana. Este proceso ha sido causa de sismos con magnitudes mayores a 7.0 M que han producido muerte y destrucción principalmente en los departamentos ubicados al borde Occidental de Perú. De estos terremotos los que han afectado a Lima e Ica ocurrieron en 1940, 1942, 1966, 1970, 1974 y 1996.

Recientemente, la zona norte del departamento de Ica fue seriamente afectada por un sismo de gran magnitud (7.0ML y 7.9Mw) ocurrido el día 15 de agosto del 2007 (sismo de Pisco); que a diferencia de los anteriores que afectaron a esta región se caracterizó por presentar gran duración (aproximadamente 210 segundos de percepción) y un complejo proceso de liberación de energía en dirección SE⁽¹⁰⁾ causando principalmente daños en las localidades/ciudades de Chíncha, Pisco e Ica en donde se evaluaron intensidades de VII-VIII en la escala de Mercalli Modificada (MM). En general, se ha contabilizado la muerte de 595 personas, 318 desaparecidos y gran porcentaje de viviendas inhabitables (55% en Chíncha, 43% en Pisco y 36.4% en Ica). En el Distrito de Tambo de Mora, el sismo causó la muerte de 5 personas, además el 70% de viviendas quedaron inhabitables (daños severos), el 15% tuvieron daños menores y el 5% no sufrieron daños. El factor principal que permitió incrementar los daños fue la ocurrencia de efectos de Licuefacción debido al alto nivel freático y la baja compactividad del suelo. Además, de los efectos de licuefacción, se debe considerar que durante el sismo de Pisco se han producido desplazamientos laterales masivos que se extendieron sobre una longitud de aproximadamente 3 km,

así como, el colapso de postes de tendidos eléctrico y el rompimiento de conductos de agua y alcantarillado.

El análisis y evaluación preliminar de los posibles factores que habrían contribuido a los daños observados en Tambo de Mora durante el sismo de Pisco, ha permitido aceptar que ellos se deben principalmente a las condiciones locales de sitio que sumado a las condiciones topográficas, geológicas, hidrológicas, geomorfológicas y geotécnicas de la zona, produjeron que la señal sísmica se amplificara en distintos ordenes.

En general, una de las herramientas importantes para minimizar los daños producidos por sismos, es disponer de estudios de microzonificación sísmica, lo cual permite contar con parámetros geofísicos útiles para la toma de decisiones en lo referente a la construcción de viviendas con estructuras más seguras de acuerdo a cada tipo de suelo. La finalidad de la microzonificación sísmica es evaluar el comportamiento dinámico de los suelos teniendo en cuenta que la intensidad de las sacudidas sísmicas varían considerablemente a distancias cortas y áreas pequeñas, lo que ha llevado a pensar que el factor esencial para la evaluación del daño en las estructuras, son las condiciones del subsuelo local; es decir, los efectos de sitio locales.

Una de las técnicas más conocidas para realizar una aproximación de los efectos de sitio en regiones de moderada y alta sismicidad, es el de razones espectrales de registros de sismos fuertes (conocida como razón espectral estándar) obtenidos simultáneamente en estaciones ubicadas sobre suelo blando con respecto a una estación de referencia ubicada en suelo firme (asumiéndola libre de efectos de sitio). Sin embargo, el registro de estos sismos fuertes conlleva a un mayor tiempo de exposición ó espera para disponer de una base de datos útil para la evaluación^(4,6-7). Con respecto a la estación de referencia, no siempre las zonas rocosas son buenos por presentar efectos de sitio topográficos. Para salvar estos problemas, recientemente se ha introducido la técnica de Razones Espectrales (H/V) para interpretar registros de vibración ambiental (microtremores). La técnica considera la razón entre las componentes horizontales y la vertical de un

mismo registro (Técnica de Nakamura o H/V), siendo su ventaja más importante el hecho que se elimina el requerimiento de una estación de referencia. Los parámetros obtenidos con el análisis de los registros de microtemores son: la frecuencia predominante (F_r), periodo dominante (T_o) y la amplificación máxima relativa (A_r) del suelo. La técnica H/V fue evaluada y discutida por Lermo y Chávez-García (1994a,b) a partir de la comparación de los resultados obtenidos con registros de microtemores y de sismos, concluyendo que los microtemores, cuando son analizados considerando Razones Espectrales (H/V), permiten conocer con buena precisión, del período dominante (T_o) de los sedimentos sujetos a una amplificación dinámica dentro del intervalo de frecuencias de 0.4 a 10 Hz, junto con una estimación preliminar del nivel de amplificación (A_r).

A la fecha, para el Distrito de Tambo de Mora no existen estudios de microzonificación sísmica; por tanto, no se tiene información de las zonas más o menos vulnerables ante la ocurrencia de sismos. A solicitud de Cooperazione Internazionale (COOPI) en este estudio se propone para el Distrito de Tambo de Mora un Mapa de Microzonificación Sísmica obtenidos a partir de registros de vibración ambiental y aplicando la técnica H/V. Los resultados a obtenerse brindarán las herramientas necesarias para tomar medidas preventivas.

2.- AREA DE ESTUDIO

El área de estudio considera al Distrito de Tambo de Mora - DTM (provincia de Chíncha, departamento de Ica) que en la actualidad se levanta sobre una superficie territorial de 32.00 km² con una altura promedio de 5 msnm, representando el 0.76% del área que comprende toda la provincia de Chíncha⁽⁵⁾. En Tambo de Mora prevalecen, los terrenos destinados a la agricultura y a la industria pesquera (zona industrial). Según el INEI (2000), el distrito de Tambo e Mora tiene una población de 4,314 habitantes con una tasa de crecimiento de 1.1%.

- Desde el punto de vista geológico (ver Figura 1), el extremo sur del DTM se encuentra ubicado sobre depósitos aluviales, su extremo norte sobre depósitos Marinos, hacia el oeste por arena de playa y al Este con depósitos marinos del Pleistoceno como parte de la formación Cañete, está última constituida de capas alternadas de depósitos aluviales de edad Cuaternaria, y numerosas terrazas marinas de potencia variable conformada por pequeños cantos rodados, arena, limo y arcilla.
- Desde el punto de vista hidrológico (ver, Figura 1), el principal afluente es el Río Chico que cruza al distrito de Este a Oeste en su extremo Sur y conforme se desplaza arrastra diversos volúmenes de sedimentos que son depositados en su ribera para luego desembocar en el mar en forma de abanico. Por otra parte, en el extremo Norte y zona céntrica del distrito, el nivel freático es alto y permite en algunas zonas la presencia de pantanales. Este nivel freático disminuye conforme se tiende hacia su extremo Este.
- A fin de contar con mayor información sobre las características del suelo y de los materiales que constituyen la superficie sobre la cual se levanta el distrito de Tambo de Mora, ha sido necesario recopilar la información geotécnica existente en la bibliografía⁽⁵⁾, especialmente todo lo referido a

cortes estratigráficos elaborados con la técnica de penetración estándar (SPT), que mide la resistencia de los suelos a partir del número de golpes.

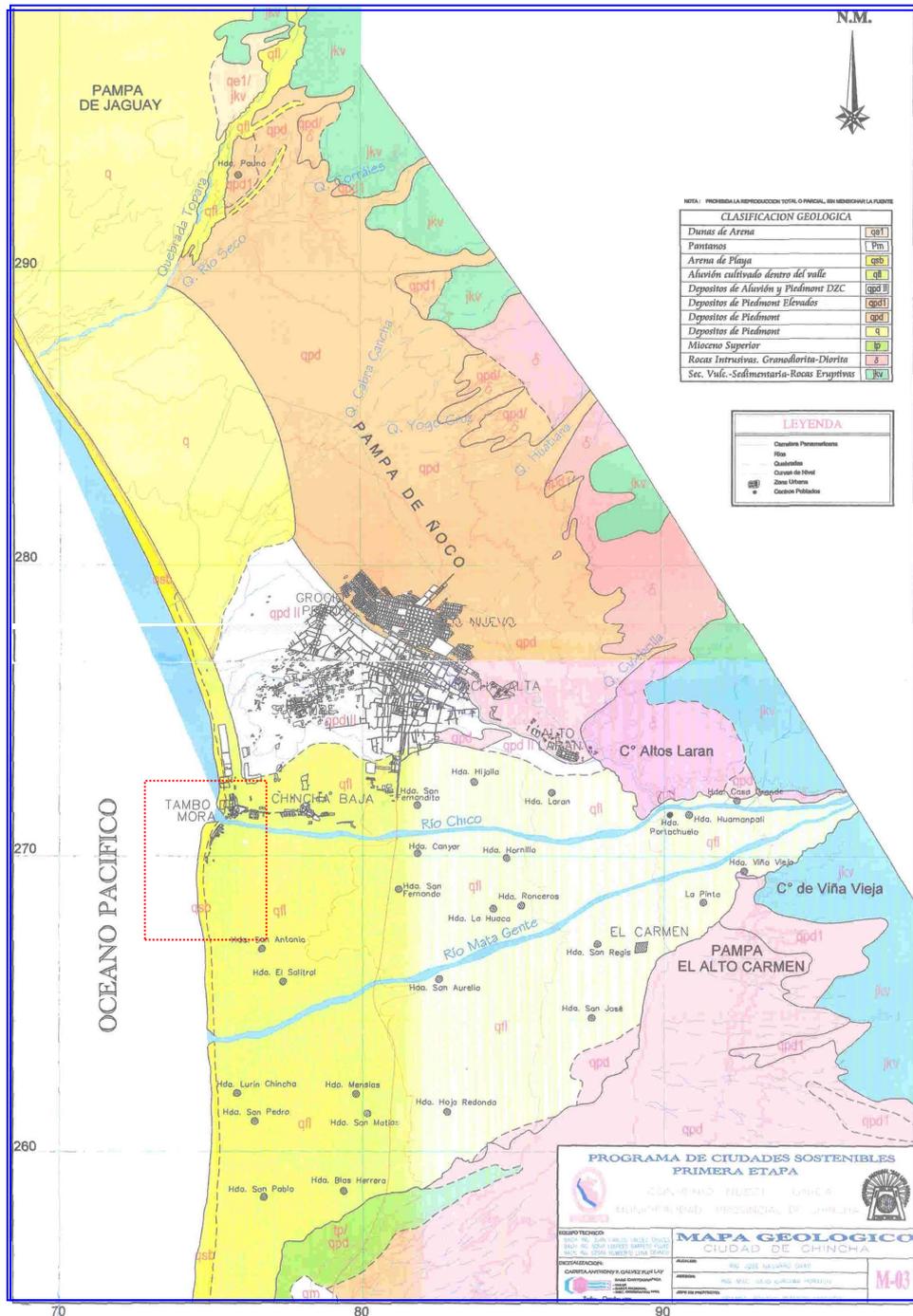


Figura 1. Mapa Geológico de la Ciudad de Chincha. El recuadro de línea discontinua encierra el área de estudio: Distrito de Tambo de Mora (INDECI, 2001).

En la Figura 2, se muestra la ubicación de los puntos para los cuales se dispone de cortes estratigráficos y en la Figura 3, las características de los suelos en cada uno de ellos, los mismos que son descritos a continuación.



Figura 2. Vista Panorámica del Distrito de Tambo de Mora en el cual se indica la ubicación de los puntos donde se realizaron los pozos para estudios geotécnicos.

- Pozo1: Se encuentra ubicado en el local del Sindicato de Pescadores, próximo a la plaza central del distrito de Tambo de Mora. El pozo tuvo una profundidad de 1.5 metros y según su corte litológico presenta las siguientes características: hasta una profundidad de 0.5 metros esta constituido de material de relleno, subyace a esta una capa de 0.3 metros de arcilla semihúmeda con incrustaciones de arena gruesa y otra de 0.7 metros de arcilla en estado húmedo con presencia de bolonería con diámetro máximo de 8”.

- Pozo 2: Construido en la Fabrica EXALMAR ubicada en el extremo Norte del distrito de Tambo de Mora. Este pozo tuvo una profundidad de 1.0 metros y según su corte litológico presenta las siguientes características: hasta una profundidad de 0.5 metros esta constituido de arena gruesa con presencia de gravillas y raíces de color gris oscuro, subyace a este estrato una capa de arena gruesa húmeda.

- Pozo 3: Construido en la Prolongación de Calle Nueva en el extremo Norte del centro de la ciudad. Este pozo tuvo una profundidad de 0.7 metros, y según su corte litológico presenta las siguientes características: hasta una profundidad de 0.3 metros esta constituido por terrenos agrícolas con la presencia de raíces, seguida por una capa de arena gruesa de color gris amarillento en estado semi-denso.

- Pozo 4: Ubicado en el centro educativo C.E.I. N°223-Cruz-Verde en el extremo Sur del distrito de Tambo de Mora. Este pozo tuvo una profundidad de 1.85 metros y según su corte litológico presenta las siguientes características: hasta una profundidad de 1.0 metro esta constituido de arena fina en estado seco con bolonería de diámetro máximo de 9”, subyace a esta capa arena fina húmeda con presencia de bolonería de 9” de diámetro.

- Pozo 5: Construido en el C.E. Miguel Grau ubicado en el extremo Este del área de estudio, próximo a una canal de agua. Este pozo tuvo una profundidad de 1.5 metros y según su corte litológico presenta las

siguientes características: hasta una profundidad de 0.5 metros esta constituido por material de relleno, seguido por una capa de 0.3 metros de arcilla semi-humeda con incrustaciones de arena gruesa y una capa de 0.7 metros constituido de arcilla en estado húmedo con presencia de boloneria con diámetro máximo de 8”.

-Pozo 6: Se encuentra en la Urb. Vila León ubicada en el extremo Este del área de estudio. Este pozo tuvo una profundidad de 1.6 metros y según su corte litológico presenta las siguientes características: hasta una profundidad de 1.5 metros esta constituido de arcilla de color amarillento en estado semi-denso.

- Finalmente, desde el punto de vista del tipo de vivienda, antes del sismo del 15/08/2007 (7.0ML) en el DTM existía aproximadamente 785 viviendas construidas de manera tradicional utilizando adobe y/o quincha con techo de caña o estera y otras de material noble con techo de concreto u otro tipo de material. Al momento de su construcción y en la mayoría de los casos, no se tomaron en cuenta la calidad del suelo y las normas de construcción, siendo esta informal. La altura predominante de las viviendas fue la correspondiente a un piso con una leve tendencia a dos, y de manera puntual, edificaciones de tres pisos.

En conclusión, de acuerdo a los aspectos Geológicos, Geomorfológicos, Hidrológicos, Geotécnicos y urbanísticos, es posible delimitar al DTM en cuatro áreas (Figura 6). El AREA 1, considera a la zona céntrica del DTM edificada sobre suelos de grava en estado semihumedo de color marrón oscuro, zonas de relleno y zonas donde prevalece arena gruesa; asimismo presenta un alto nivel freático como se observa en la Figura 4, dando origen a diversos pantanales con suelos poco estables. Esta área esta delimitada por el Sur por el Río Chico y por el Norte por la zona industrial. Según el mapa catastral del distrito de Tambo de Mora, esta área contiene aproximadamente al 70% de las viviendas y por ende la mayor densidad poblacional. El AREA 2, considera al extremo Norte del DTM y su

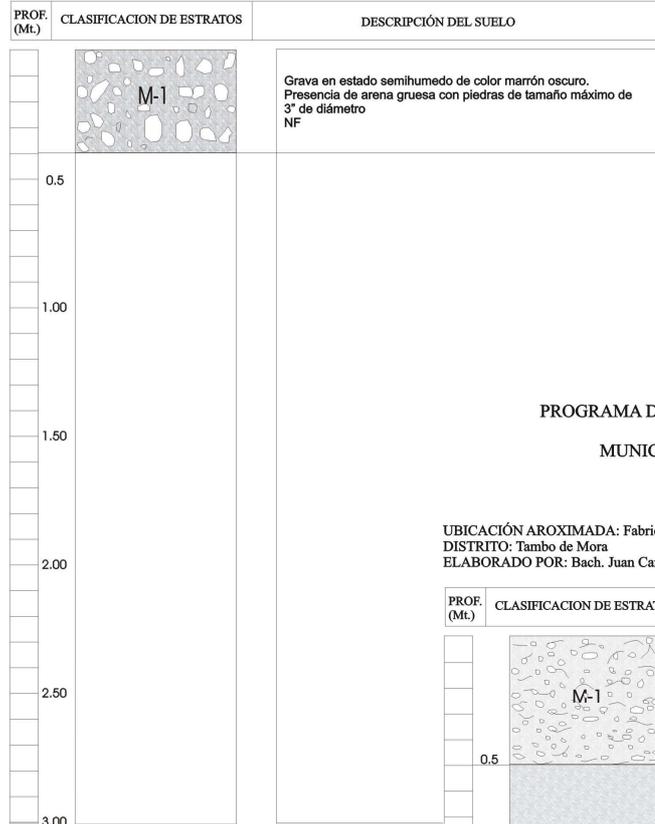
suelo esta constituido por arena gruesa con presencia de gravillas, y niveles freáticos a mayor profundidad que el AREA 1. Esta área se encuentran en la zona insdustrial; por lo tanto, presenta menor número de viviendas y por ende, menor densidad poblacional. El AREA 3, considera al extremo sur del DTM y su suelo esta constituido por arena gruesa con presencia de arena fina en estado seco con botoneria de diámetro máximo de 9°. El área esta delimitada por el norte con el Río Chico y contiene regular densidad poblacional y viviendas. Finalmente, El AREA 4 considera al extremo Este del DTM y su suelo esta constituido por arcilla de color amarillento en estado semidenso mostrando mayor compacticidad. Esta área contiene regular densidad poblacional y viviendas.

POZO 1
PROGRAMA DE CIUDADES SOSTENIBLES PRIMERA ETAPA
CONVENIO INDECI UNICA
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHINCHA

PERFIL ESTATIGRAFICO

CALICATA N° 01

UBICACIÓN AROXIMADA: Sindicato de Pescadores PROFUNDIDAD: 0.40 mt.
DISTRITO: Tambo de Mora PROVINCIA: Chincha DEPARTAMENTO: Ica
ELABORADO POR: Bach. Juan Carlos Valdez Cruces REVISADO POR: Ing. Luis Ordóñez Fuentes



POZO 2

PROGRAMA DE CIUDADES SOSTENIBLES PRIMERA ETAPA
CONVENIO INDECI UNICA
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHINCHA
PERFIL ESTATIGRAFICO

CALICATA N° 02

UBICACIÓN AROXIMADA: Fabrica EXALMAR PROFUNDIDAD: 1.10 mt.
DISTRITO: Tambo de Mora PROVINCIA: Chincha DEPARTAMENTO: Ica
ELABORADO POR: Bach. Juan Carlos Valdez Cruces REVISADO POR: Ing. Luis Ordóñez Fuentes

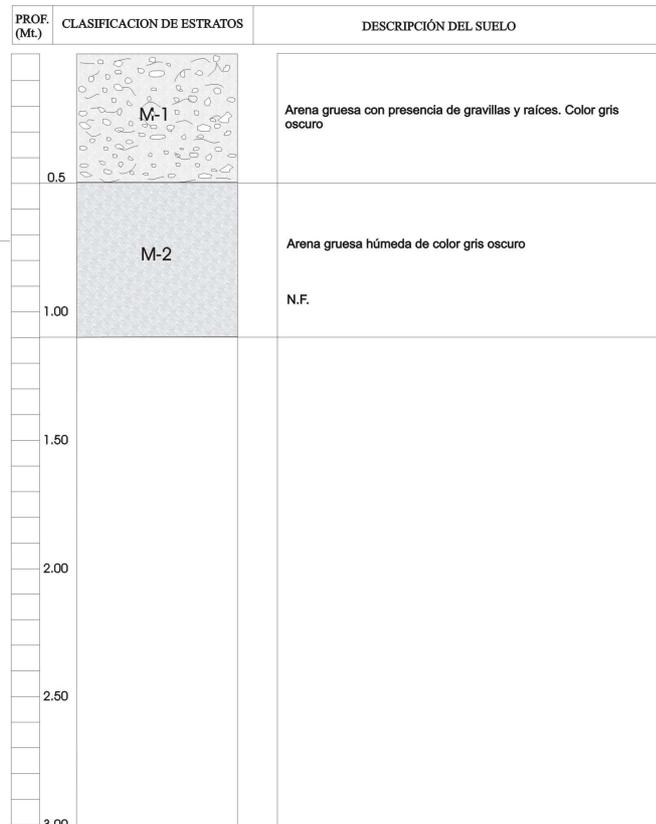


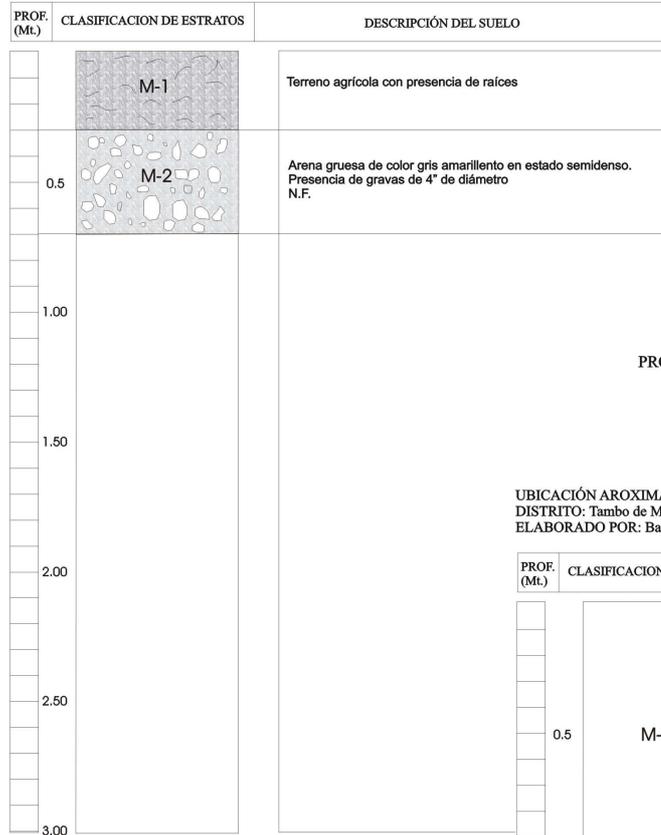
Figura 3. Cortes litológicos de los pozos 1-6.

POZO 3
PROGRAMA DE CIUDADES SOSTENIBLES PRIMERA ETAPA
CONVENIO INDECI UNICA
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHINCHA

PERFIL ESTATIGRAFICO

CALICATA N° 03

UBICACIÓN AROXIMADA: Prolongación Calle Nueva PROFUNDIDAD: 0.70 mt.
DISTRITO: Tambo de Mora PROVINCIA: Chincha DEPARTAMENTO: Ica
ELABORADO POR: Bach. Juan Carlos Valdez Cruces REVISADO POR: Ing.Luis Ordóñez Fuentes



POZO 4
PROGRAMA DE CIUDADES SOSTENIBLES PRIMERA ETAPA
CONVENIO INDECI UNICA
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHINCHA

PERFIL ESTATIGRAFICO

CALICATA N° 04

UBICACIÓN AROXIMADA: C.E.I. N° 233 Cruz Verde PROFUNDIDAD: 1.85 mt.
DISTRITO: Tambo de Mora PROVINCIA: Chincha DEPARTAMENTO: Ica
ELABORADO POR: Bach. Juan Carlos Valdez Cruces REVISADO POR: Ing.Luis Ordóñez Fuentes

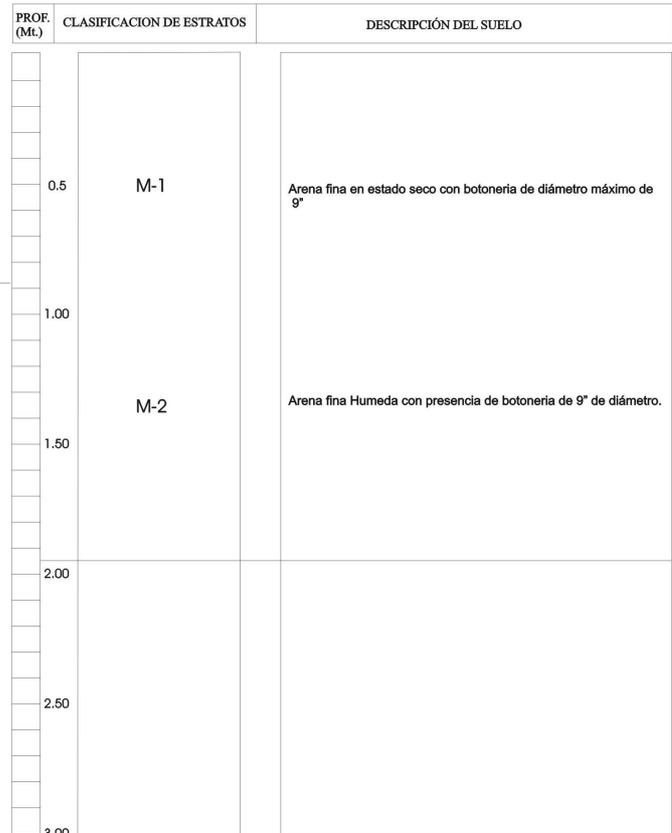


Figura 3. ...Continuación/... Cortes litológicos de los pozos 1-6.

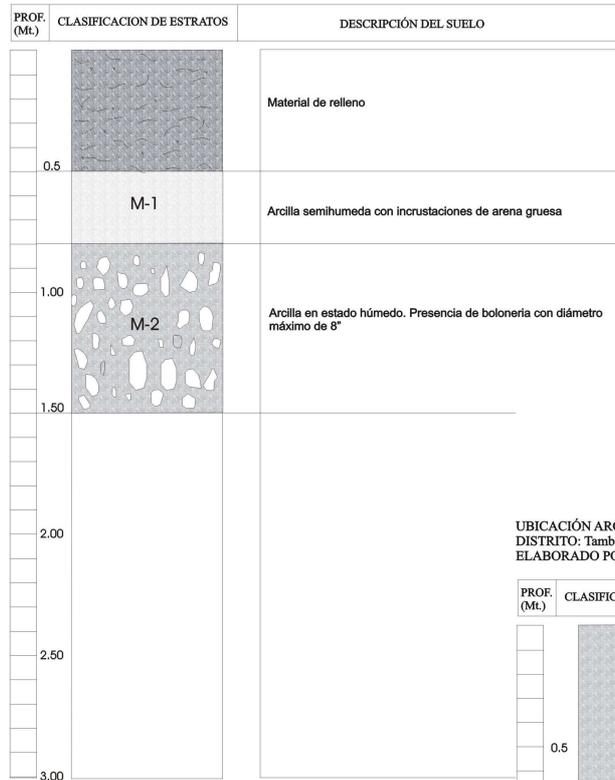
POZO 5

PROGRAMA DE CIUDADES SOSTENIBLES PRIMERA ETAPA
CONVENIO INDECI UNICA
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHINCHA

PERFIL ESTATIGRAFICO

CALICATA N° 05

UBICACIÓN AROXIMADA: C.E. MIGUEL GRAU PROFUNDIDAD: 1.50 mt.
DISTRITO: Tambo de Mora PROVINCIA: Chincha DEPARTAMENTO: Ica
ELABORADO POR: Bach. Juan Carlos Valdez Cruces REVISADO POR: Ing. Luis Ordóñez Fuentes



POZO 6

PROGRAMA DE CIUDADES SOSTENIBLES PRIMERA ETAPA
CONVENIO INDECI UNICA
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE CHINCHA

PERFIL ESTATIGRAFICO

CALICATA N° 06

UBICACIÓN AROXIMADA: Urbanización Vilma León PROFUNDIDAD: 1.60 mt.
DISTRITO: Tambo de Mora PROVINCIA: Chincha DEPARTAMENTO: Ica
ELABORADO POR: Bach. Juan Carlos Valdez Cruces REVISADO POR: Ing. Luis Ordóñez Fuentes

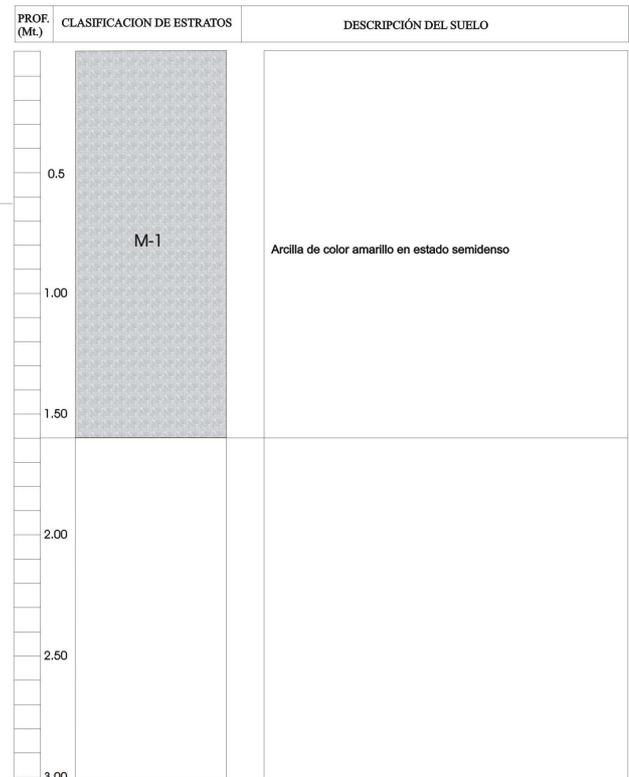


Figura 3. ...Continuación/ ... Cortes litológicos de los pozos 1-6.



Figura 4. Fotos representantes del AREA1. a) y b) En algunas zonas existen afloramientos del nivel freático. c) Zonas de relleno y d) Se muestra una zanja de medio metro de profundidad. Nótese la presencia de humedad.



Figura 4. ...Continuación/. Fotos representantes del AREA 2.



Figura 4. ...Continuación/. Fotos representantes del AREA 3. Extremo Sur del área de estudio



Figura 4. ...Continuación/. *Fotos representantes del AREA 4. Extremo Este del área de estudio*

3.- INSTRUMENTACIÓN Y DATOS

En este estudio se utiliza registros de vibración ambiental y/o microtremores (registro del ruido ambiental) tomados en un determinado punto dentro del área de interés y para tal fin, se ha utilizado dos sismómetros triaxiales de banda ancha marca GURALP y registradores REFTEK con rangos dinámicos mayores a 130Db, lo cual permite registrar señales dentro de una banda de frecuencias que va de 0.008 a 50 Hz. Los datos fueron obtenidos a 100 muestras por segundo en cada componente de registro (vertical V; horizontales, NS y EO), tal como se muestra en la Figura 5. Asimismo, se utilizó un ordenador portátil con el cual se estableció la comunicación con el registrador, tanto para el monitoreo del movimiento del terreno como para el almacenamiento de la información. Durante todo el trabajo de campo, el tiempo de registro fue controlado por un GPS.

Para cada zona, el número de puntos a considerarse para la toma de datos fue seleccionado en función de las áreas seleccionadas en función de sus características Topográficas, Geológicas, Hidrológicas, Geomorfológicas, Geotécnicas y Distribución de viviendas y/o densidad poblacional. En total se consideró 158 puntos, siendo el tiempo de registro en cada punto de 15 minutos a fin de tener la mayor cantidad de información y dentro de todo este periodo de tiempo, seleccionar varias ventanas de registro de forma aleatoria donde la señal se vea más uniforme. En la Figura 6 se muestra el área de estudio y la distribución de estos puntos. Para el AREA 1 (centro de la ciudad) se consideraron 60 puntos, en el AREA 2 (extremo norte) 13 puntos, y en las AREAS 3 y 4, se consideraron 40 y 34 puntos respectivamente. El resto de puntos fueron tomados en la Localidad de Magdalena ubicado a 12 km del distrito de Tambo de Mora.

El total de data obtenida fue transferida a una estación de trabajo para el cambio de formatos y corrección por línea base (offset) sin utilizar ningún tipo de filtro a fin de no alterar la señal para su análisis.

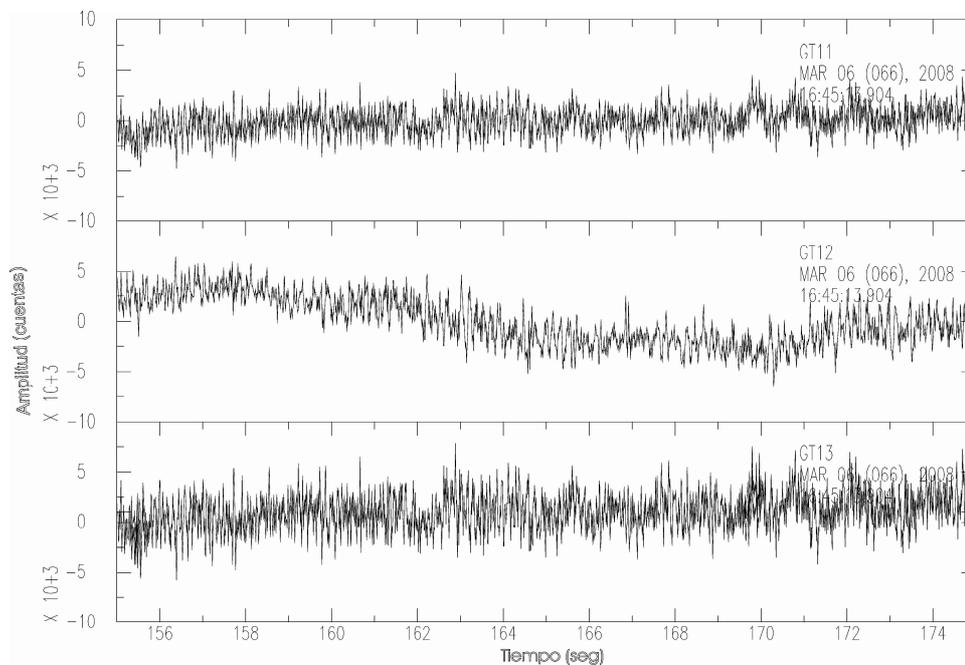


Figura 5. En el extremo superior de la figura se muestra la disposición del sistema de registro: sensor, GPS y registrador. En el extremo inferior, un ejemplo de los registros de Vibración Ambiental en sus tres componentes obtenido en cada punto (GT11:componente vertical; GT12:componente NS; GT13: componente EO).

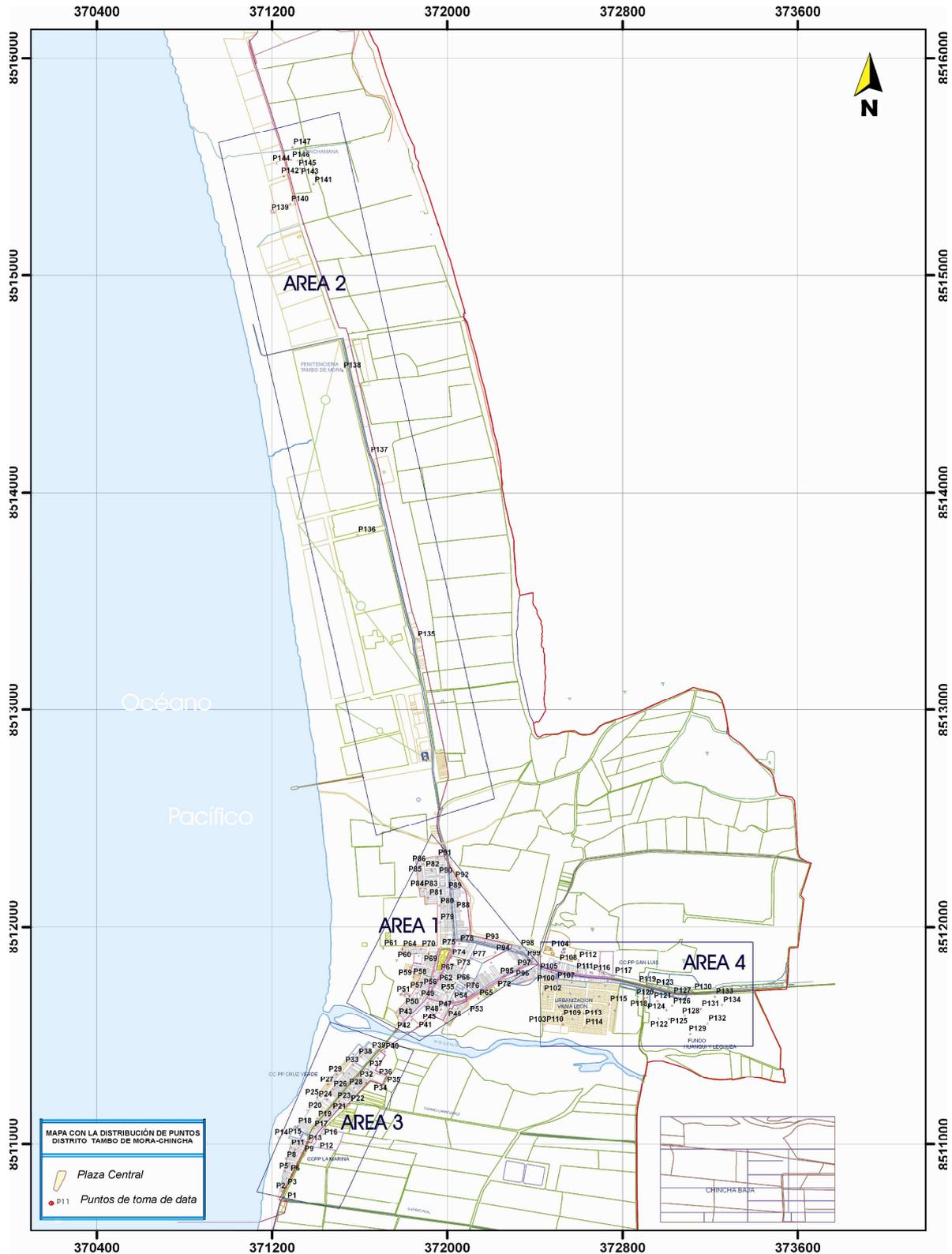


Figura 6. Distribución de las áreas de estudio definidas a partir de las características Geológicas, Geomorfológicas, Geotécnicas y distribución de viviendas (recuadros de líneas discontinuas). Las letras P1...P158 indican la ubicación de los puntos de toma de datos.

4.- METODOLOGIA

La metodología seguida para cumplir con los objetivos de este estudio, es el uso de registros de vibración ambiental y la aplicación de la técnica de razones espectrales H/V. Se propone como hipótesis de base que las vibraciones ambientales se deben principalmente a la excitación de las ondas Rayleigh en las capas superficiales y estructuras sobre ellas edificadas^(1-3,7-9).

La técnica H/V consiste en dividir los espectros obtenidos para las componentes horizontales entre la componente vertical, lográndose disponer del promedio de estas razones para cada punto de observación. De los registros de vibración ambiental obtenidos se selecciona 8 ventanas de 20 segundos y para cada una se calcula su FFT (Transformada Rápida de Fourier) a fin de aplicar la técnica de razones espectrales H/V, tal como se observa en el Anexo 1. En estas razones y para cada punto se identifica, las frecuencias predominantes (Fr) y las amplificaciones máximas relativas (Ar). La idea es que de acuerdo a la constitución del suelo, la amplitud y contenido frecuencial del ruido son diferentes y expresan de manera indirecta la posible constitución y calidad de suelo.

Para definir Fr se considera tres criterios: (1) Los valores deben estar presentes en un rango de interés que fluctúa entre 0.4 a 10 Hz; (2) Los valores de Ar deben ser mayores a 2 veces (se considera la amplitud de “1” como referencia) y (3) Se considera el pico/rango de frecuencias más representativos para cada punto de medida. Para las interpretaciones debe tenerse en cuenta que las frecuencias mayores e iguales a 10Hz pueden ser asociadas al funcionamiento de motores y/o otros, y menores a 1.0Hz estarían influenciadas por el ruido generado por el oleaje de mar, vientos y otros.

5.- APLICACIÓN Y RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio son presentados y discutidos a continuación:

5.1. Periodos Dominantes y Amplificaciones Máximas Relativas del Suelo

Los valores de frecuencias predominantes (F_r) obtenidos corresponden a los valores promedios para cada punto. Estos valores se presentan en el Anexo 2, con sus correspondientes periodos dominantes (T_o) y amplificaciones máximas relativas (A_r). En el Anexo 2, los valores presentados dentro del recuadro de línea discontinua, corresponden a la Localidad de Magdalena.

En la Figura 7, se muestra el mapa catastral del Distrito de Tambo de Mora con la distribución de los valores de periodos dominantes (T_o) y curvas de isoperiodos obtenidos a partir de la interpolación de los valores de T_o . De acuerdo a la distribución de T_o , en el área de estudio se observa que prevalecen los valores de 0.1-0.2 segundos; mientras que, conforme se tiende hacia su extremo Este, los valores se incrementan hasta periodos de 0.3 seg. De manera puntual se observan valores de 0.5 segundos entre el AREA 1 y AREA 4. En la Figura 8, se presenta la distribución de los valores de amplificaciones máximas relativas (A_r), de 15 veces en la zona céntrica del Distrito de Tambo de Mora y conforme se tiende hacia los extremos Sur y Norte, disminuyen hasta alcanzar máximos de 6 veces. Asimismo, hacia el extremo Este los valores de A_r son menores a 5 veces.

A continuación, se procede a analizar y evaluar la distribución de los valores de periodos y amplificaciones máximas relativas según su ubicación de norte a sur (ver Figuras 7 y 8).

- Entre las latitudes 851,5000-851,6000

Considera el extremo norte del DTM y específicamente, la localidad de Canchamaná ubicada aproximadamente a 100 metros de la playa. En esta zona se observan periodos de 0.2 a 0.3 segundos y otro cercano a 0.4 segundos. Las amplificaciones se encuentran entre 4 y 6 veces.

- Entre las latitudes 8512500 - 8515000

Esta área considera la zona industrial con menor densidad poblacional. Debido a esto solo se ha considerado 3 puntos, uno de ellos en la Penitenciaría de Tambo de Mora y el resto, en las cercanías de algunas fabricas. En esta área prevalecen periodos de 0.3 segundos con amplificaciones de 4, 5 y 6 veces respectivamente. Conforme se tiende hacia el sur este periodo disminuye hasta 0.2 segundos con una amplificación de 6 veces.

- Entre las latitudes 8512000 - 8512500

El área se encuentra a la altura de la Urb. Calle Nueva y se caracteriza por presentar periodos de 0.2 segundos que rodean a un único valor de 0.3 segundos. Las amplificaciones varían de 6 hasta 10 veces, siendo mayores conforme se tiende hacia su extremo Oeste en donde se encuentran las zonas pantanosas.

- Entre las latitudes 8511500 - 8512000

El área considera la zona céntrica de Tambo de Mora (extremo oeste) y en la cual predominan periodos con valores de 0.2 segundos y amplificaciones de hasta 15 veces. En dirección sur, estos valores rodean a una área pequeña en donde prevalecen periodos de 0.1 segundos con amplificaciones máximas de 6 a 9 veces.

En la Urb. Vilma León (extremo este), se concentran periodos de 0.3 segundos con amplificaciones menores e iguales a 5 veces. De manera puntual, en el C.E. Miguel Grau se observan valores de 0.5 segundos con amplificaciones máximas relativas de 3 veces.

- Entre las latitudes 8511500 – 8511200

El área considera a la Urb. Cruz Verde y en ella sobresalen periodos que varían entre 0.1 y 0.4 segundos. En zonas próximas al Río Chico prevalecen periodos con valores de 0.1 a 0.2 segundos con amplificaciones máximas relativas de hasta 9 veces y hacia el sur, los periodos tienden a valores de 0.3-0.4 segundos con amplificaciones máximas relativas de hasta 6 veces.

- En Dirección Sur de la latitud 8511200

En estas áreas prevalecen periodos de 0.3 segundos con amplificaciones máximas de 6 veces. Asimismo, en el extremo sur del área se concentran 4 puntos con periodos de 0.1 segundos y amplificaciones de 2 a 4 veces. Hacia el extremo este del área se observan valores de 0.4 segundos con amplificaciones de 4 y 6 veces. Estas variaciones en periodos y amplificaciones a distancias muy cortas, pueden ser explicadas con la existencia de paquetes de materiales de relleno distribuidos de manera heterogénea.

En la Figura 8, se muestra el mapa catastral de Tambo de Mora con la distribución de los valores de amplificaciones máximas relativas y en ella se observa que los valores mas altos de amplificación, de 8 a 15 veces, se registraron en la zona céntrica del distrito y en la Urb. Calle Nueva. Hacia el extremo norte y sur del área se tiene amplificaciones de 6 a 7 veces. En el resto del distrito de Tambo de Mora las amplificaciones son menores a 6 veces. Finalmente, los valores altos de amplificación son debidos a que el suelo es blando o poco compacto con la presencia de una napa freática muy superficial, lo cual produce la perdida de resistencia del suelo o densificación del suelo originando asentamientos diferenciales y amplificaciones de las ondas sísmicas, que en conjunto producen hundimientos y afloramientos de agua.

5.2. Curvas de Isoperiodos

La distribución espacial de los valores de periodo predominante ha permitido trazar curvas de 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 y 0.5 segundos, las cuales se han concentrado en tres grupos (Figura 8).

-El primer grupo es delimitado por la elipse de línea discontinua A, que encierra a las curvas de 0.1 y 0.2 segundos trazadas en la zona céntrica de Tambo de Mora. La curva de 0.1 segundos considera un área pequeña ubicada en su extremo SO. De manera aislada, con una línea discontinua se une tres puntos con valores de 0.3 segundos al oeste de este grupo.

-El segundo grupo es delimitado por el círculo B y considera el extremo Sur del área de estudio en donde se ubica CC.PP. Cruz Verde. En esta área ha sido posible trazar curvas de 0.1, 0.2, 0.3 y 0.4 segundos, sobresaliendo la curva de 0.3 segundos. La curva de 0.1 segundos se encuentra en los extremos de este CC.PP y la curva de 0.4 segundos se presenta en el extremo Este del área. La distribución heterogénea de los valores de T_0 y curvas de isoperiodos sugieren la variación, a distancias cortas, de la calidad de los suelos en esta zona.

-El tercer grupo es delimitado por el círculo C y se encuentra en el extremo Este del área de estudio. Los valores de T_0 han permitido trazar curvas de 0.3 segundos y abarcando áreas pequeñas curvas de 0.4 y 0.5 segundos. En el extremo SE se alinean tres puntos con valores de 0.2 segundos.

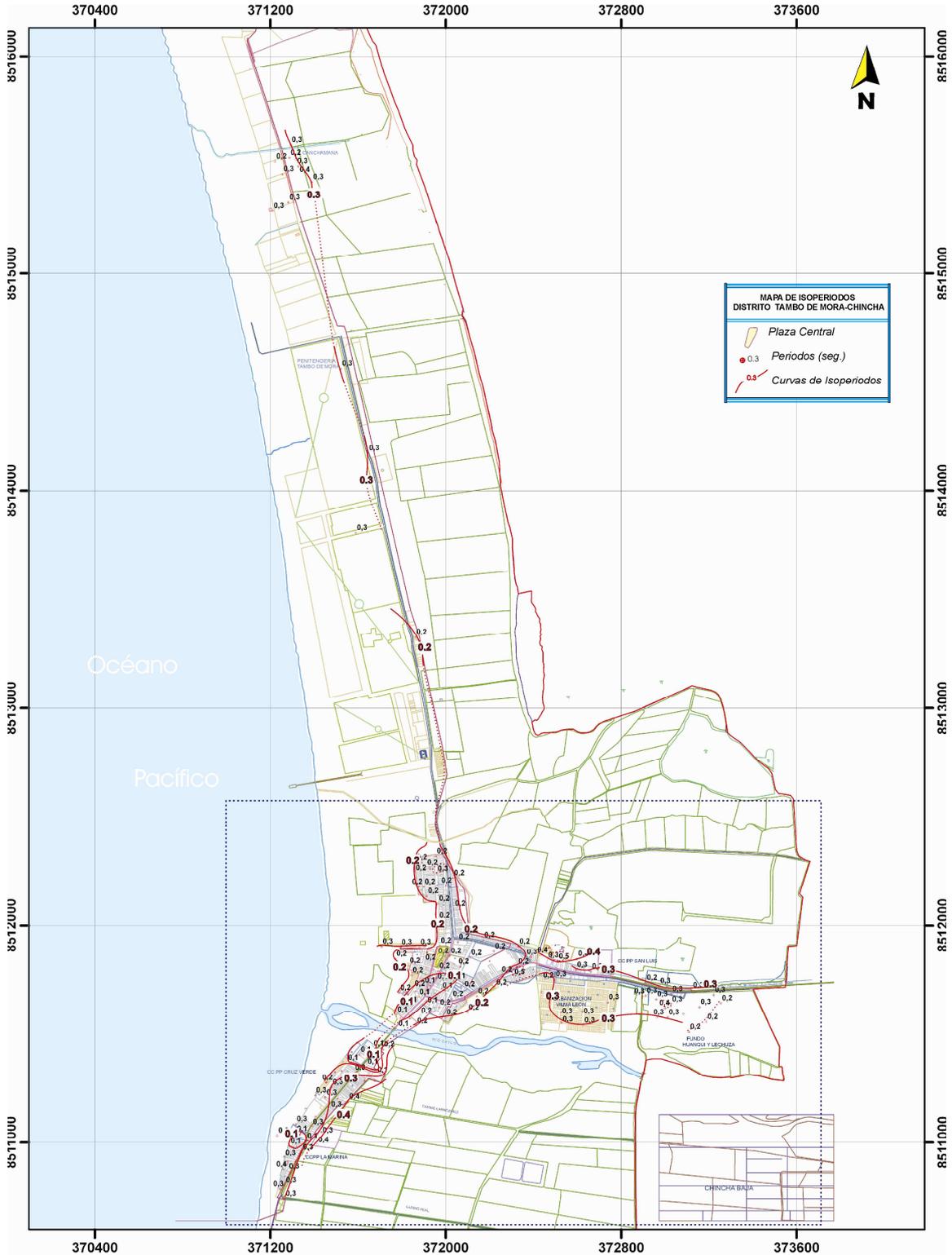


Figura 7. Mapa catastral del Distrito de Tambo de Mora con la distribución de los valores de periodos dominantes obtenidos para cada punto de observación. Con líneas continuas se muestra las curvas de isoperiodos trazados. Las líneas discontinuas indican la probable continuación de la curva de isoperiodos respectiva. El área delimitada por un recuadro indica el área a ampliarse para analizarla con mayor detalle en la siguiente figura.

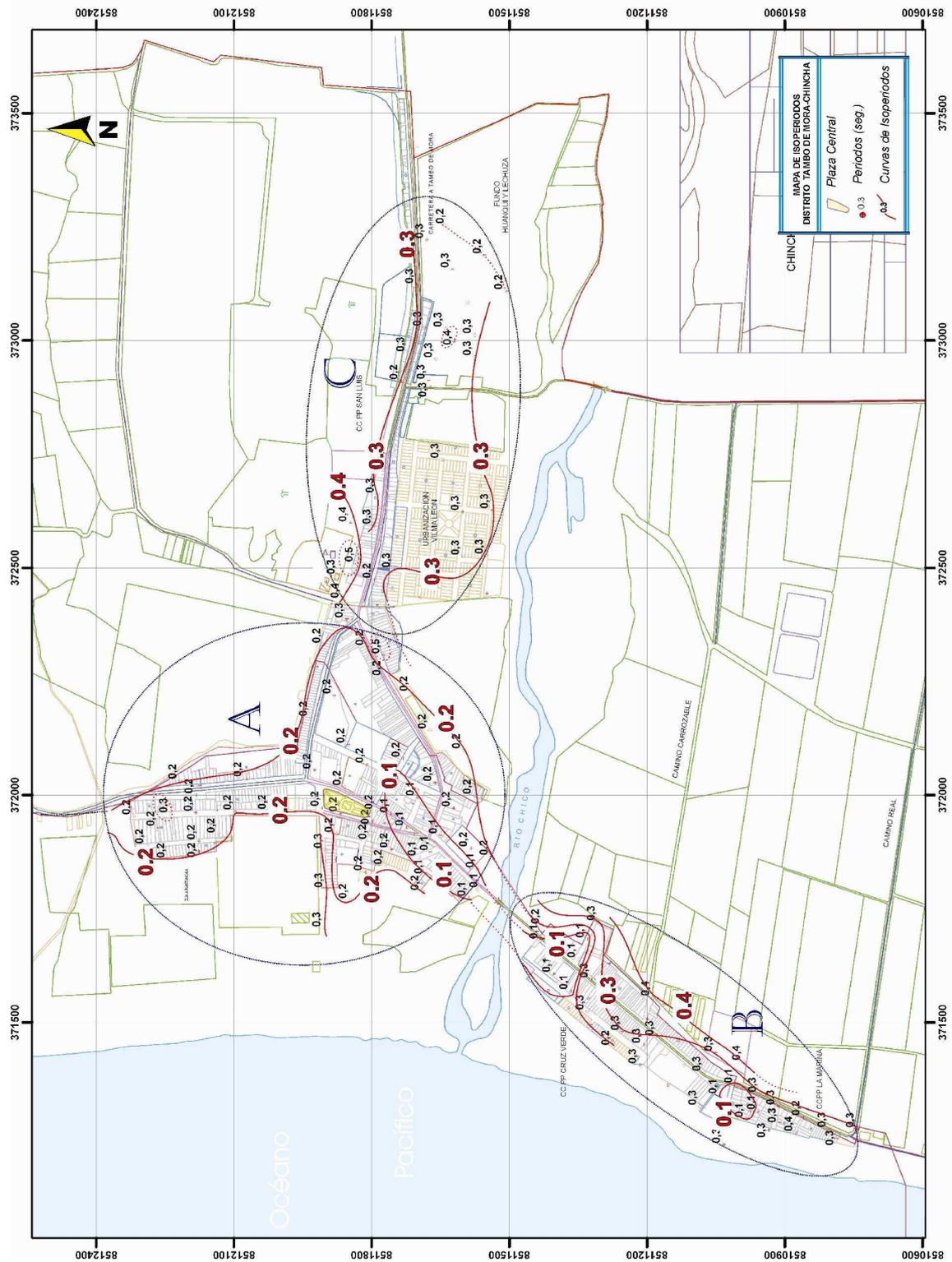


Figura 7.....Continuación./ Mapa catastral del Distrito de Tambo de Mora con la distribución de los valores de periodos dominantes obtenidos para cada punto de observación. Con líneas continuas se muestra las curvas de isoperiodos trazados. Las líneas discontinuas indican la probable continuación de la curva de isoperiodos respectiva. Las áreas delimitadas por elipses indican los diferentes grupos.

6.- MAPA DE MICROZONIFICACION SISMICA

En este apartado se procede a integrar toda la información disponible sobre las características Geológicas, Hidrológicas, Geotécnicas y los resultados obtenidos en este estudio (mapas de isoperiodos) a fin de proponer un mapa de microzonificación sísmica para la zona urbana del Distrito de Tambo de Mora. El mapa de microzonificación sísmica se presenta en la Figura 9 y en ella, se ha identificado la presencia de 3 microzonas en función de la respuesta dinámica de los suelos:

MICROZONA I: Esta microzona es considerada de vulnerabilidad alta. Los periodos dominantes oscilan entre 0.1 y 0.2 segundos con amplificaciones que varían entre 2 y 15 veces. La microzona comprende la parte céntrica de Tambo de Mora, la Urb. Calle Nueva y un área pequeña al sur del Río Chico. Aquí el suelo esta constituido por material de relleno a la cual subyace una capa de arcilla semihúmeda con incrustaciones de arena gruesa y otra de arcilla en estado húmedo. En el extremo SE de la microzona se presentaron amplificaciones menores a 5 veces debido a que se encuentra ubicada a mayor altura y en donde el nivel freático esta presente a mayor profundidad respecto al resto del área de estudio.

MICROZONA II: Esta microzona es considerada de vulnerabilidad media. Los periodos dominantes oscilan entre 0.3 a 0.4 segundos con valores de amplificación del orden de 5 veces, y de manera puntual de 6 veces. Esta microzona abarca el extremo Sur del área de estudio. Geológicamente, el suelo esta constituido por una capa delgada de arena suelta depositada sobre material gravoso. El nivel freático en estas zonas se encuentra a más de un metro de profundidad

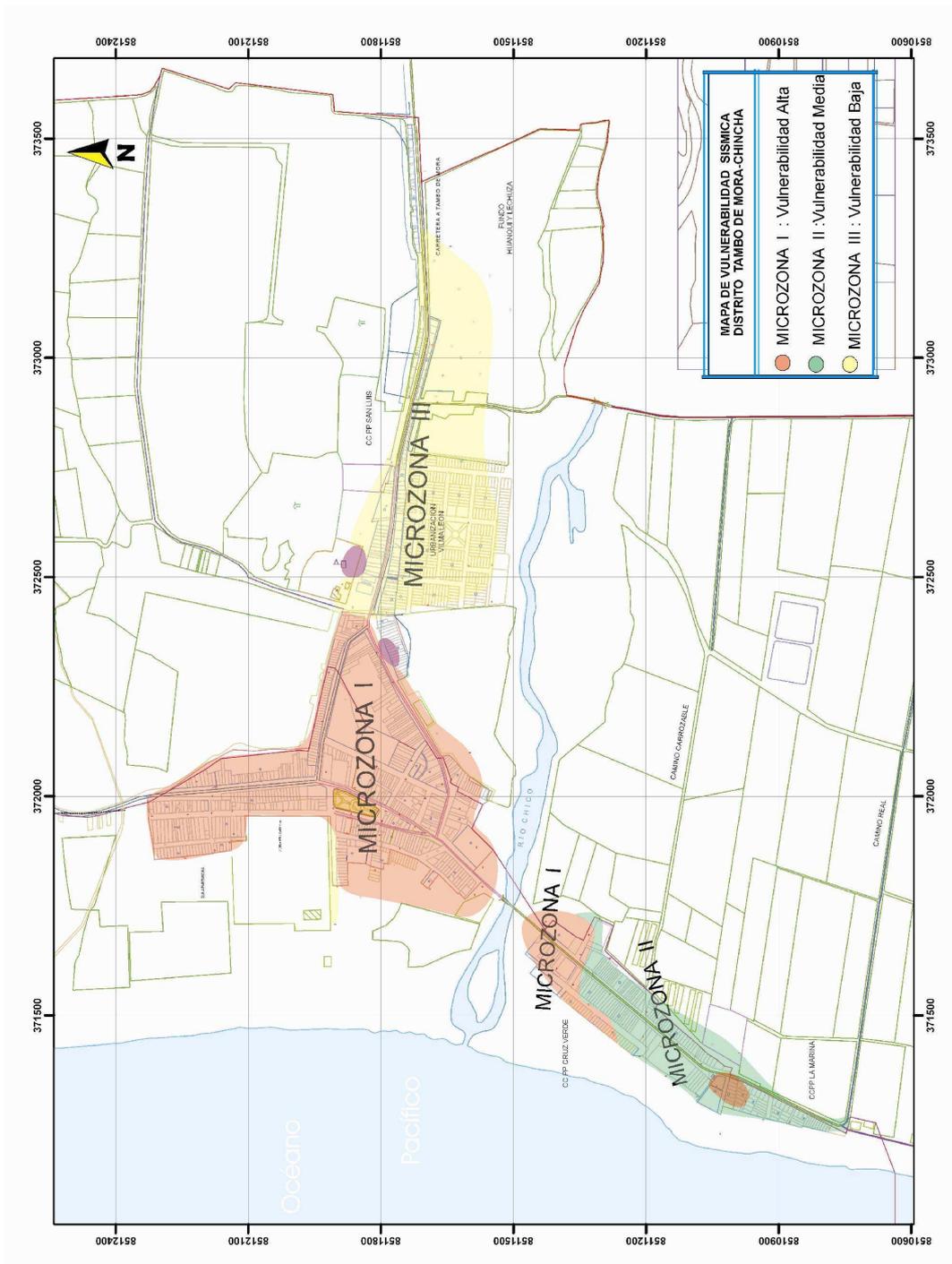


Figura 9. Mapa de Microzonificación Sísmica del Distrito de Tambo de Mora a partir del comportamiento dinámico del suelo.

MICROZONA III: Esta microzona es considerada de vulnerabilidad baja. Los periodos dominantes oscilan entre 0.3 a 0.4 segundos con valores de amplificación menores a 5 veces. Esta microzona considera el extremo Este de Tambo Mora. Geológicamente, el suelo esta compuesto principalmente por arcilla de color amarillento en estado semidenso. En la zona el nivel freático se encuentra a más de un metro de profundidad.

7. - CONCLUSIONES

En este estudio se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1.- Para el Distrito Tambo de Mora se ha identificado curvas de isoperiodos que alcanzan valores entre 0.1 a 0.2 segundos con amplificaciones relativas de al menos 15 veces y de 0.3 segundos con amplificaciones de hasta 5 veces.

2.- Se ha propuesto un mapa de microzonificación sísmica (comportamiento dinámico del suelo), que divide al Distrito de Tambo de Mora en tres microzonas. La microzona I de vulnerabilidad alta y con periodos dominantes que varían entre 0.1 a 0.2 segundos con valores de amplificación de al menos 15 veces. En esta microzona el suelo es blando y esta constituido principalmente por grava en estado húmedo en unas áreas y semihumedo en otras debido alto nivel freático existente; sin embargo, conforme se tiende hacia su extremo SE, las amplificaciones máximas disminuyen hasta 3 veces por encontrarse a mayor altura. La microzona II de vulnerabilidad media, presenta periodos dominantes de 0.3 a 0.4 segundos con valores de amplificación de al menos 5 veces, y de manera puntual hasta 6 veces. Aquí el suelo es mas estable respecto al a microzona 1 y esta constituido principalmente por arcilla de color amarillento en estado semidenso. La microzona III considera áreas pequeñas que presentan periodos de 0.5 segundos con amplificaciones de hasta 3 veces.

3.- Se ha identificado que la Microzona I, es la de mayor peligrosidad por ser la que presenta el suelo mas inestable con un alto nivel freático con la posibilidad de que los modos de vibrar del suelo coincidan con el modo de vibrar de las viviendas de 1 o 2 niveles produciendo efectos de resonancia y de licuación de suelo por el peso de viviendas de mayor numero de niveles. En esta microzona la amplificación máxima alcanza valores de 15 veces, siendo estos valores menores en dirección SE pudiendo considerarse normas diferentes que al resto de esta microzona.

4.- De acuerdo a estos resultados los daños observados en Tambo de Mora debido al terremoto de Pisco (15/08/07), fueron a consecuencia de tres factores: (1) efectos de sitio, que caracterizan suelos inestables que responden a periodos de 0.1 y 0.2 segundos con amplificaciones altas que entraron en resonancia con las viviendas de 1 y 2 pisos que prevalecían en esta zona. (2) Los fenómenos de licuefacción produjeron el hundimiento de las viviendas y (3) las características en la construcción de las viviendas, en estas condiciones la vulnerabilidad de las viviendas es alta.

5.- El mapa de microzonificación sísmica para el distrito de Tambo de Mora, representa un conocimiento primario a considerar para el reordenamiento de la ciudad y guía para su futura expansión urbanística. Asimismo, se constituye como punto de partida para futuros estudios de sismicidad e ingeniería.

6.- De acuerdo al mapa de microzonificación y al reconocimiento geológico/tectónico, se recomienda no construir nuevas viviendas/edificaciones en las áreas afectadas por ser altamente vulnerables a los efectos de los terremotos de gran magnitud. Es necesario considerar la reubicación de las familias a zonas más estables y menos vulnerables. Caso contrario, se debe considerar una mayor inversión en la reconstrucción del Distrito debido a su alta vulnerabilidad y para lo cual se tomar en cuenta la asesoría de profesionales.

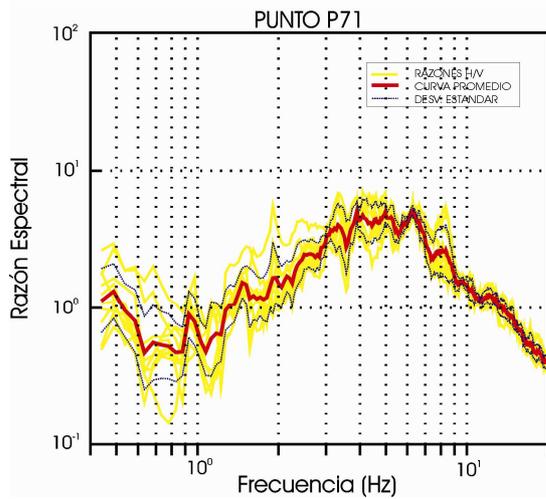
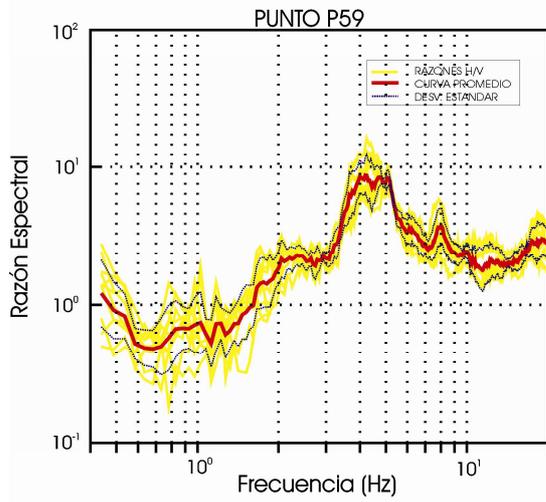
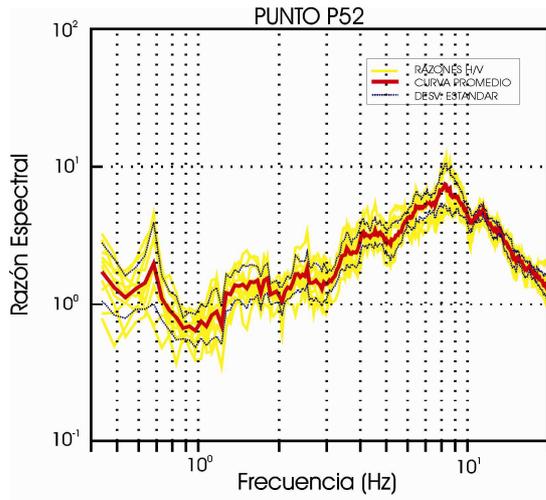
REFERENCIAS

- ⁽¹⁾Bernal, I. y H. Tavera (2007). Pruebas de vibración ambiental realizadas en la localidad de Condormarca, provincia de Bolívar. Dpto. de la Libertad. Informe Técnico, 23p.
- ⁽²⁾Bernal, I. y H. Tavera (2007). Estimación de frecuencias predominantes y amplificaciones relativas en los terrenos del BCP-Ciudad de Trujillo. Informe presentado al BCP, 22p.
- ⁽³⁾Bernal, I. (2006). Microzonificación sísmica de la ciudad de Tlaxcala. Tesis de Maestría. Posgrado en ciencias de la Tierra, UNAM, 130pp.
- ⁽⁴⁾Gutiérrez, C. y S.K. Sing (1991). Efectos de sitio en Acapulco usando Movimientos Fuertes y Microtremores, Memorias del IX Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Manzanillo, Col.,Ed. SMIS, Vol. I, pp. 1-1 a 1-10.
- ⁽⁵⁾INDECI (2001). Mapa de peligros, plan de usos del suelo y propuestas de medidas de mitigación de los efectos producidos por los desastres naturales de la ciudad de Chincha. Programa de ciudades sostenibles primera etapa, Ciudad de Chincha.
- ⁽⁶⁾Kono, K. y T. Tanaka (1998). Ground-motion characteristics estimated from spectral ratio between horizontal and vertical components of microtremors. Bull. of the Seism. Soc. Am., 88, 228-241.
- ⁽⁷⁾Nakamura, Y (1989). A method for dynamic characteristics estimations of subsurface using microtremors on the ground surface. QR, RTRI, 30, 25-33.
- ⁽⁸⁾Lachet, C y P.Y. Bard (1994). Numerical and theoretical investigations on the possibilities and limitations of Nakamura's Technique, J. Phys. Earth., 42,377-397 pp.
- ⁽⁹⁾Lermo, J. y F.J. Chávez-García (1994). Are microtremors useful in site response evaluation?, Bull. Seism. Soc. Am. 84, 1350-1364 pp.
- ⁽¹⁰⁾Tavera H, I. Bernal y H. Salas (2007). El sismo de Pisco del 15 de Agosto, 2007 (7.9 Mw) Departamento de Ica-Perú. Informe Preliminar.

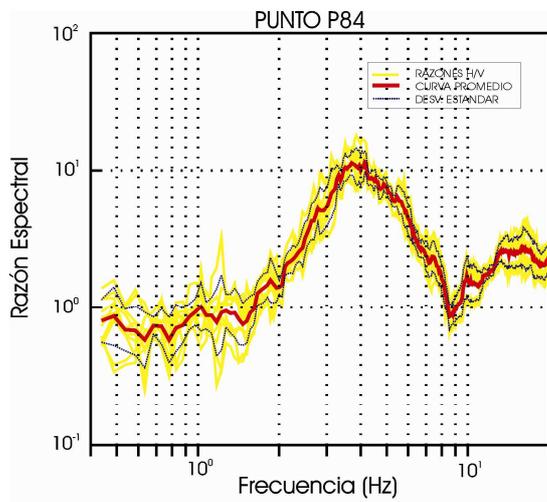
Anexo 1.

Ejemplos de razones espectrales obtenidas para los distintos puntos ubicados en el Distrito de Tambo de Mora con su respectiva foto.

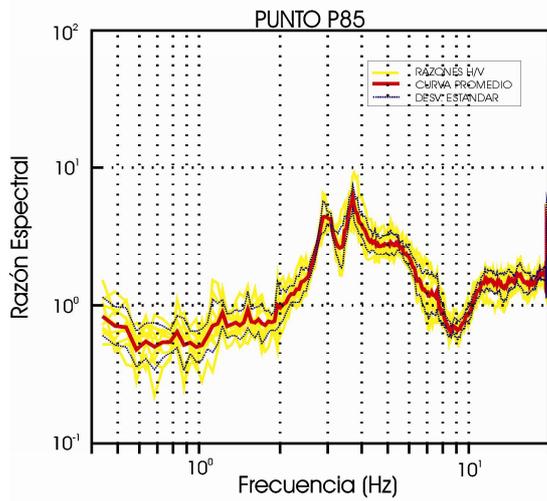
Zona Céntrica del Distrito de Tambo de Mora – Extremo Oeste



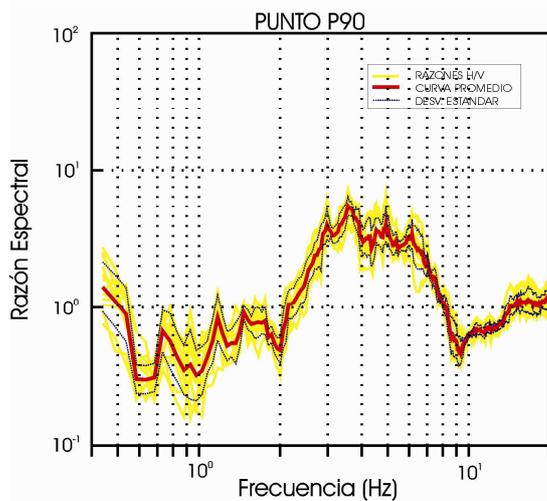
Zona Céntrica del Distrito de Tambo de Mora – Calle Nueva



Extremo Oeste de Calle Nueva

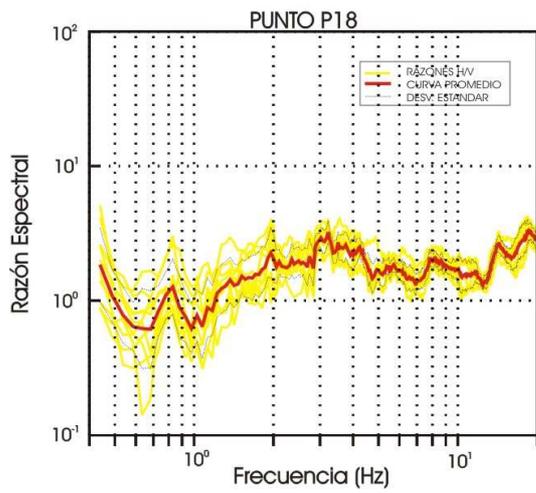
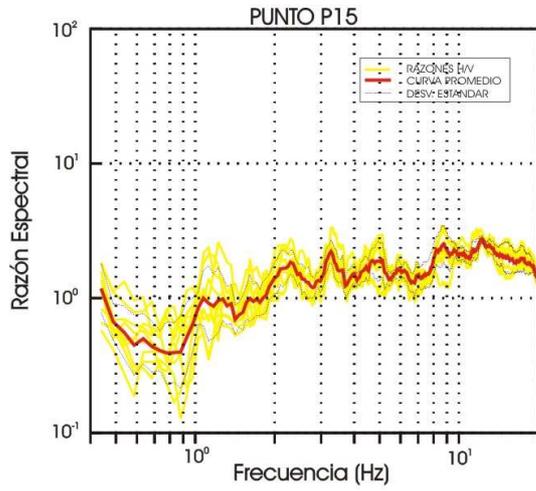
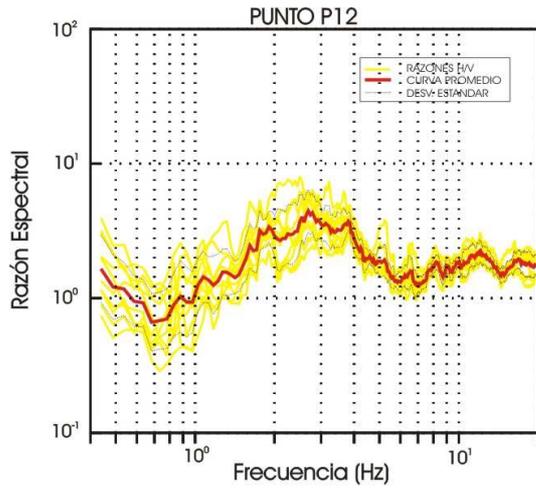


Extremo Este de Calle Nueva

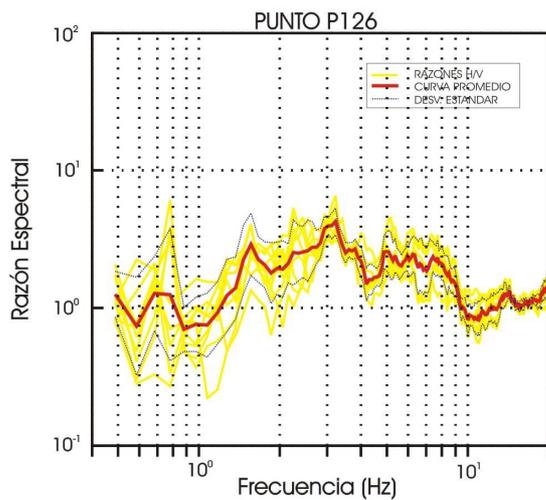
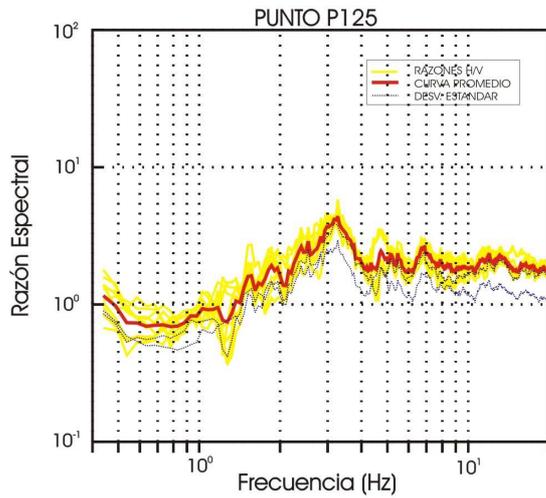
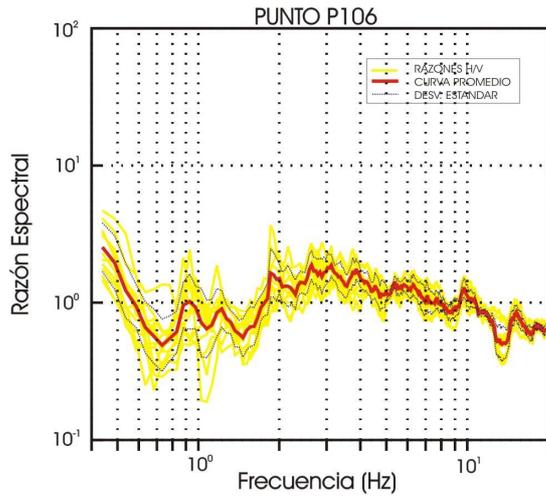


Extremo Oeste de Calle Nueva

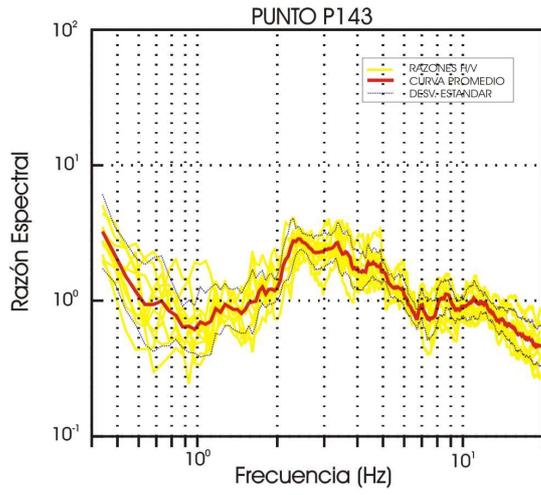
Extremo Sur del Distrito de Tambo de Mora – CC.PP. Cruz Verde



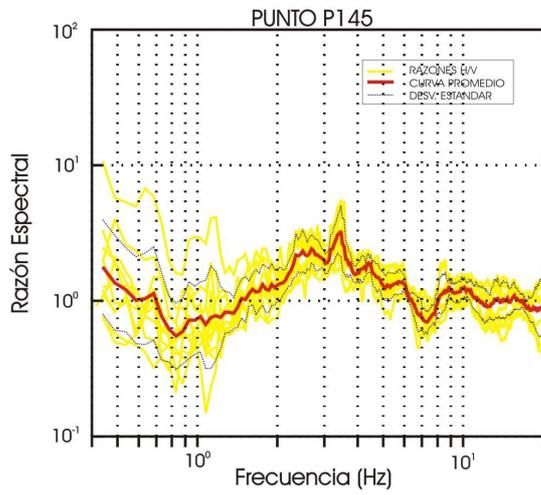
Extremo Este del Distrito de Tambo de Mora



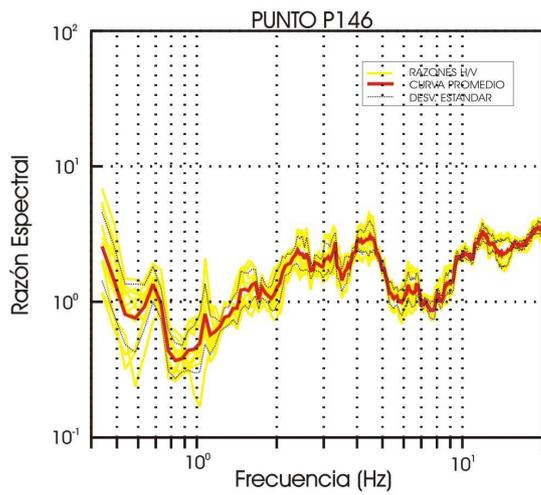
Extremo Norte del Distrito de Tambo de Mora – Localidad de Canchamáná



Localidad de Canchamáná



Localidad de Canchamáná



Localidad de Canchamáná

ANEXO 2.

Valores de Frecuencias Predominantes (F_r), Periodos Dominantes (T_0) y Amplificaciones Máximas Relativas (A_r), obtenidos para cada punto de toma de datos (P1-P158). Los espacios vacíos indican que no se observó ninguna frecuencia predominante. COG=Código de campo.

NAME	COD	LAT (grados)	LONG (grados)	Fr (Hz)	T. (seg)	Ar (veces)
P1	GA	-13.468513	-76.189328	3.0	0.3	3
P2	AA	-13.468108	-76.189517	3.1	0.3	2
P3	GB	-13.467955	-76.189318	3.8	0.3	3
P4	AB	-13.467448	-76.189077	4.0	0.2	5
P5	AC	-13.467300	-76.189397	2.3	0.4	5
P6	GE	-13.466977	-76.189183	3.6	0.3	4
P7	GC	-13.466950	-76.188857	3.0	0.3	2
P8	GD	-13.466765	-76.189338	3.0	0.3	4
P9	AD	-13.466590	-76.188598	3.9	0.3	6
P10	AE	-13.466397	-76.188953	9.0	0.1	5
P11	AF	-13.466328	-76.189108	9.0	0.1	4
P12	AG	-13.466278	-76.187950	2.8	0.4	6
P13	GH	-13.466120	-76.188408	8.5	0.1	3
P14	GF	-13.465877	-76.189632	3.2	0.3	4
P15	GG	-13.465812	-76.188627	8.9	0.1	2
P16	AH	-13.465728	-76.187762	3.0	0.3	5
P17	AI	-13.465498	-76.188167	3.9	0.3	2
P18	GI	-13.465408	-76.188853	3.1	0.3	5
P19	AK	-13.464977	-76.187842			
P20	GJ	-13.464822	-76.188347			
P21	AJ	-13.464573	-76.187395	3.0	0.3	3
P22	AM	-13.464495	-76.186633	2.8	0.4	4
P23	AL	-13.464382	-76.187073			
P24	GM	-13.464313	-76.187592	3.4	0.3	5
P25	GK	-13.464233	-76.188007	3.0	0.3	6
P26	GN	-13.463895	-76.187328	2.9	0.3	5
P27	GL	-13.463705	-76.187563	4.0	0.2	4
P28	GP	-13.463633	-76.186695			
P29	GQ	-13.463262	-76.187182			
P30	GO	-13.463202	-76.186907	2.9	0.3	6
P31	AN	-13.463700	-76.185872			
P32	GT	-13.463288	-76.186257	3.8	0.3	4
P33	GR	-13.462883	-76.186493	9.5	0.1	6
P34	AO	-13.463633	-76.185508			
P35	AP	-13.463433	-76.185097	3.8	0.3	3
P36	AQ	-13.463212	-76.185443	7.0	0.1	2
P37	AR	-13.463042	-76.185850	8.5	0.1	5
P38	GS	-13.462550	-76.186143	9.5	0.1	4
P39	GU	-13.462298	-76.185443	8.0	0.1	7
P40	GV	-13.462333	-76.185158	5.5	0.2	9
P41	XB	-13.461327	-76.183755	4.0	0.2	6
P42	GX	-13.461098	-76.184327	9.0	0.1	5
P43	GY	-13.460883	-76.184588	8.0	0.1	5
P44	XA	-13.461050	-76.184008	9.5	0.1	8
P45	XC	-13.460925	-76.183583	4.1	0.2	7
P46	XF	-13.461003	-76.182513	4.8	0.2	8
P47	XE	-13.460587	-76.182767	4.5	0.2	7
P48	XD	-13.460332	-76.183315	7.9	0.1	6

P49	GZ	-13.460255	-76.183538	7.8	0.1	6
P50	HB	-13.460035	-76.184102	7.0	0.1	6
P51	HC	-13.460002	-76.184372	5.0	0.2	7
P52	HA	-13.459910	-76.183763	8.2	0.1	9
P53	XH	-13.460795	-76.181590	4.5	0.2	4
P54	XG	-13.460225	-76.182253	6.4	0.2	11
P55	XL	-13.459917	-76.182450	6.9	0.1	8
P56	HJ	-13.459667	-76.183152	8.5	0.1	9
P57	HD	-13.459382	-76.183525	5.0	0.2	6
P58	HG	-13.459243	-76.183937	5.6	0.2	15
P59	HF	-13.458847	-76.184057	4.5	0.2	10
P60	HQ	-13.458547	-76.184623	4.0	0.2	10
P61	HR	-13.458023	-76.185195	3.8	0.3	6
P62	XM	-13.459350	-76.182883	7.4	0.1	9
P63	HE	-13.458942	-76.183315	5.0	0.2	8
P64	HP	-13.458067	-76.184400	3.5	0.3	8
P65	XI	-13.460125	-76.181183	4.5	0.2	5
P66	XK	-13.459550	-76.182117	6.5	0.1	9
P67	HI	-13.459102	-76.182727	5.9	0.2	9
P68	HH	-13.458992	-76.183025	5.2	0.2	7
P69	HN	-13.458277	-76.183278	4.9	0.2	10
P70	HO	-13.458062	-76.183600	3.0	0.3	7
P71	HM	-13.458377	-76.182758	4.5	0.2	6
P72	XZ	-13.459767	-76.180417	4.0	0.2	2
P73	XP	-13.458967	-76.181800	5.5	0.2	8
P74	HK	-13.458440	-76.182325	6.0	0.2	8
P75	HL	-13.458075	-76.182640	4.2	0.2	6
P76	XJ	-13.458833	-76.181567	5.1	0.2	8
P77	XQ	-13.458517	-76.181467	4.0	0.2	10
P78	XN	-13.457850	-76.181983	4.1	0.2	6
P79	HS	-13.456965	-76.182803	5.0	0.2	8
P80	HT	-13.456282	-76.182757	4.2	0.2	6
P81	HV	-13.455957	-76.183278	4.0	0.2	10
P82	Z3	-13.455717	-76.183117	4.8	0.2	8
P83	HX	-13.455567	-76.183412	4.0	0.2	9
P84	HY	-13.455568	-76.183623	4.0	0.2	8
P85	Z2	-13.455000	-76.183633	3.9	0.2	8
P86	Z1	-13.454550	-76.183450	4.0	0.2	8
P87	HU	-13.455505	-76.182835	5.0	0.2	7
P88	IA	-13.456485	-76.182140	4.7	0.2	7
P89	HZ	-13.455522	-76.182478	4.9	0.2	7
P90	ID	-13.455032	-76.182737	3.5	0.3	7
P91	IB	-13.454295	-76.182845	5.0	0.2	6
P92	IC	-13.455205	-76.182178	4.8	0.2	7
P93	XO	-13.457783	-76.180917	5.1	0.2	8
P94	XR	-13.458250	-76.180467	4.0	0.2	10
P95	XY	-13.459233	-76.180100	5.0	0.2	7
P96	XX	-13.459217	-76.179650	2.0	0.5	3
P97	XW	-13.458900	-76.179483	5.0	0.2	2
P98	XS	-13.458050	-76.179433	3.9	0.2	10
P99	XT	-13.458500	-76.178917	2.8	0.3	5
P100	XV	-13.459100	-76.178633			

P101	XU	-13.458417	-76.178517	2.6	0.4	6
P102	IL	-13.459952	-76.178473			
P103	IM	-13.461263	-76.178408			
P104	YC	-13.458100	-76.178150	6.0	0.2	10
P105	YA	-13.459050	-76.178117	4.6	0.2	4
P106	YB	-13.458200	-76.178033	3.1	0.3	1.5
P107	IK	-13.459433	-76.177907	3.8	0.3	6
P108	YE	-13.458700	-76.177783	2.1	0.5	3
P109	IO	-13.460795	-76.177653	2.9	0.3	5
P110	IN	-13.461260	-76.177635	3.2	0.3	4
P111	YF	-13.459050	-76.177017	3.0	0.3	3
P112	YD	-13.458583	-76.176967	2.4	0.4	4
P113	IP	-13.460792	-76.176748	3.9	0.3	5
P114	IQ	-13.461373	-76.176713	3.8	0.3	6
P115	IR	-13.461022	-76.176625	5.1	0.3	4
P116	YG	-13.459117	-76.176383	3.5	0.3	6
P117	YH	-13.459233	-76.175467			
P118	IS	-13.460163	-76.174205	2.9	0.3	2
P119	YI	-13.459600	-76.174083	4.9	0.2	2
P120	IT	-13.460133	-76.174078	3.0	0.3	5
P121	IV	-13.460282	-76.173640	3.0	0.3	5
P122	IX	-13.460855	-76.173590	3.0	0.3	6
P123	YJ	-13.459733	-76.173517	3.5	0.3	4
P124	IZ	-13.460653	-76.173270	2.5	0.4	2
P125	IY	-13.461048	-76.173157	3.1	0.3	2
P126	IU	-13.460470	-76.173023	3.1	0.3	5
P127	YK	-13.460067	-76.173000	2.9	0.3	5
P128	JA	-13.460915	-76.172503			
P129	YM	-13.461667	-76.172267	4.1	0.2	4
P130	YL	-13.459917	-76.172133	3.6	0.3	3
P131	YR	-13.460617	-76.171817	3.4	0.3	3
P132	YO	-13.461250	-76.171533	4.0	0.2	2
P133	YQ	-13.460117	-76.171217	3.2	0.3	3
P134	YP	-13.460450	-76.170917	4.3	0.2	2
P135	Z10	-13.445183	-76.183717	4.4	0.2	6
P136	IJ	-13.440832	-76.186202	3.5	0.3	6
P137	Z9	-13.437517	-76.185667	3.0	0.3	4
P138	II	-13.433990	-76.186788	3.0	0.3	4
P139	Z7	-13.427417	-76.189633	3.2	0.3	6
P140	Z6	-13.427067	-76.188967	3.4	0.3	5
P141	Z8	-13.426200	-76.187250	3.6	0.3	6
P142	Z5	-13.425883	-76.189217	3.1	0.3	5
P143	IE	-13.425565	-76.188540	2.4	0.4	4
P144	Z4	-13.425367	-76.189517	4.2	0.2	5
P145	IF	-13.425260	-76.188633	3.4	0.3	5
P146	IG	-13.425215	-76.188910	4.2	0.2	4
P147	IH	-13.424695	-76.188857	3.0	0.3	4

P148	ME	-13.575417	-76.172418			
P149	WC	-13.574833	-76.171817			
P150	MC	-13.574825	-76.172628			
P151	MD	-13.574818	-76.172345			
P152	MF	-13.574370	-76.173365			
P153	WE	-13.574350	-76.172567	2.3	0.4	1
P154	WB	-13.574333	-76.171800			
P155	MB	-13.574323	-76.172680	1.9	0.5	1
P156	WD	-13.574217	-76.172167			
P157	MA	-13.573985	-76.172752	2.9	0.3	1
P158	WA	-13.573900	-76.171883			

Anexo 3.

Resultados obtenidos en la Localidad de Magdalena ubicada al Sur del Distrito de Tambo de Mora.

LOCALIDAD DE MAGDALENA

La localidad de Magdalena se encuentra ubicada en la Provincia de Chíncha, aproximadamente a 12km al Sur del Distrito de Tambo de Mora (Figura 1). En dicha localidad se han realizado medidas en un total de 11 puntos distribuidos en su calle central, campo deportivo y periferia, tal como se observa en la Figura 1.

El análisis y evaluación de los datos obtenidos permitieron llegar a las siguientes conclusiones:

-Se han elaborado 11 razones espectrales en las cuales no se ha logrado identificar la presencia de frecuencias predominantes (*ver Anexo 1*) con amplificaciones mayores a 2 veces (menores a esta amplitud no fueron considerados por los criterios establecidos en este estudio). Estos resultados sugieren que el suelo es competente.

-El daño producido por el sismo del 15 de agosto del 2007 ($M_L=7.5$), en las viviendas de Magdalena, fue principalmente debido a la calidad del material usado en su construcción (adobe y quincha) y a la antigüedad de las mismas, que en algunos casos, pasaban de los 100 años.

-El nivel freático en esta zona se encuentra a más de 2 metros de profundidad; por lo tanto, no habría contribuido a los daños observados.



Figura 1. Mapa con la ubicación de la Localidad de Magdalena (Recuadro de línea discontinua) respecto al Distrito de Tambo de Mora y Chincha Alta.

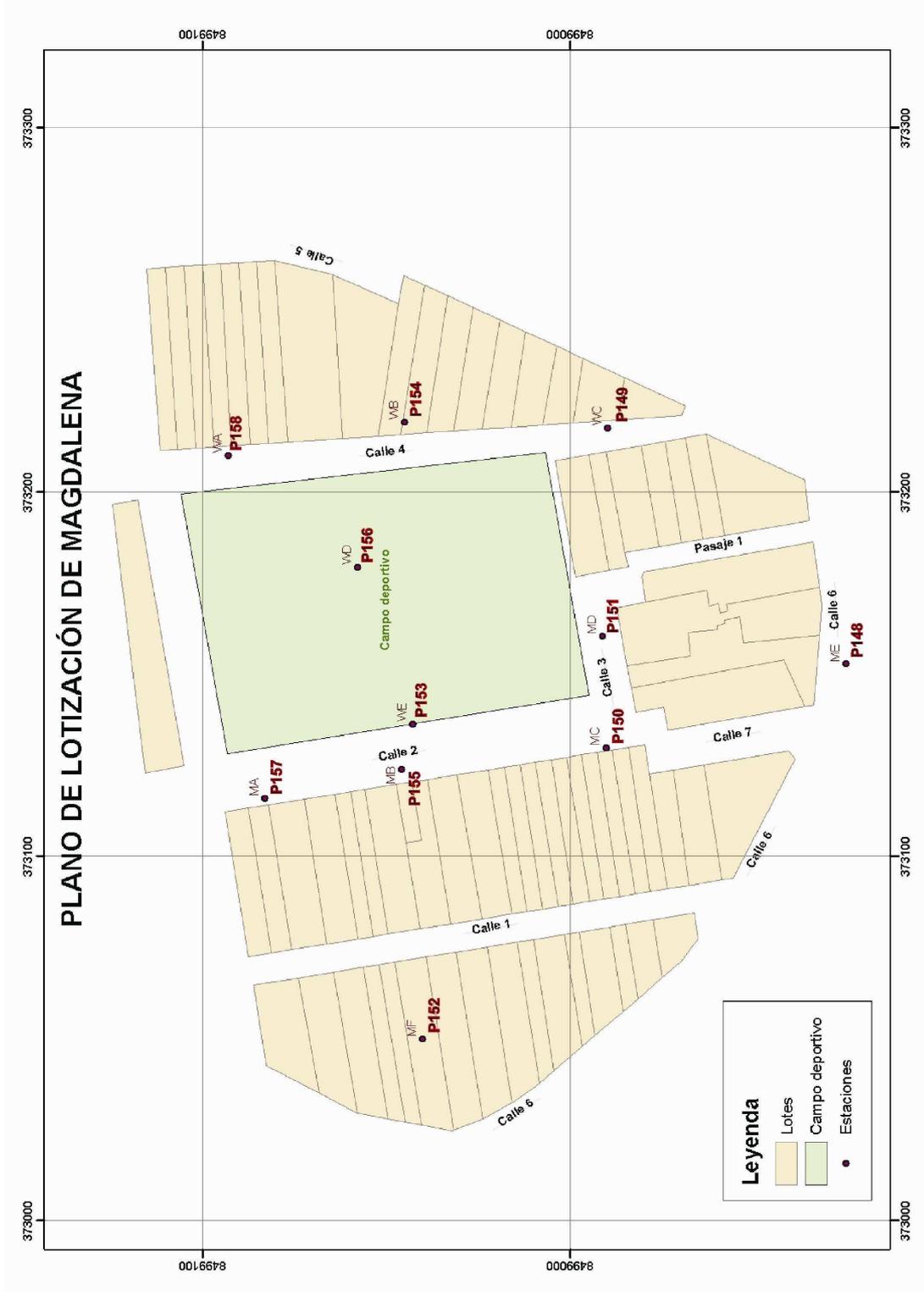


Figura 2. Mapa catastral de la Localidad de Magdalena y distribución de los puntos donde se tomaron datos de vibración ambiental.