

APLICACIÓN DE MÉTODOS SÍSMICOS Y GEOTÉCNICOS PARA LA ZONIFICACIÓN DE SUELOS EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA (LIMA)

Luz Arredondo, Hernando Tavera, Isabel Bernal, Juan Carlos Gómez, Henry Salas

Dirección de Sismología, Instituto Geofísico del Perú. email. luz.arredondo@igp.gob.pe, hernando.tavera@igp.gob.pe, isabel.bernal@igp.gob.pe, juan.gomez@igSp.gob.pe, henry.salas@igp.gob.pe

RESUMEN

En el presente estudio se realiza el análisis de la información de vibración ambiental registrada en el distrito de Santa Rosa (Figura 1) con el método de Nakamura (H/V) tomando en cuenta las condiciones geológicas y geotécnicas propias de la zona. El objetivo de la investigación es aportar información necesaria para la identificación de zonas vulnerables ante amenazas sísmicas en base a las propiedades dinámicas de los suelos. La información sísmica corresponde a 98 puntos de registro de vibración ambiental y la determinación de los períodos dominantes. La información geotécnica proviene de siete calicatas para la clasificación de suelos y capacidad portante.

Los resultados se presentan en un mapa de zonificación sísmica-geotécnica de acuerdo a la Norma E-030. Para el distrito de Santa Rosa se ha identificado la existencia de dos (2) zonas sísmicas-geotécnicas compuestas por suelos de Tipo-1 y Tipo-2.

INTRODUCCIÓN

La zonificación sísmica es considerada como una metodología de trabajo adecuada para utilizarse en la reducción del riesgo sísmico en ciudades. El objetivo es evaluar los niveles de amenaza sísmica y sus efectos locales debido a la calidad de los suelos, para ello se analiza con un enfoque multidisciplinario la información sísmica, geofísica, geológica, geodinámica, geomorfológica y geotécnica. Toda esta información es procesada en un sistema SIG a fin de obtener el mapa de zonificación sísmico-geotécnico.

Para el análisis dinámico se utiliza datos de vibración ambiental aplicando el método de Nakamura a fin de obtener mapas de isoperiodos y amplificaciones relativas; asimismo, el análisis geotécnico para conocer la clasificación SUCS de los suelos y su capacidad portante. En el presente estudio se obtiene el mapa Sísmico-Geotécnico para el distrito de Santa Rosa (Lima) a partir de la aplicación de métodos geofísicos y geotécnicos. La información permite identificar las zonas vulnerables ante amenazas sísmicas, y debe ser utilizada como herramienta básica para los proyectos de expansión y mejora urbana de dicho distrito.

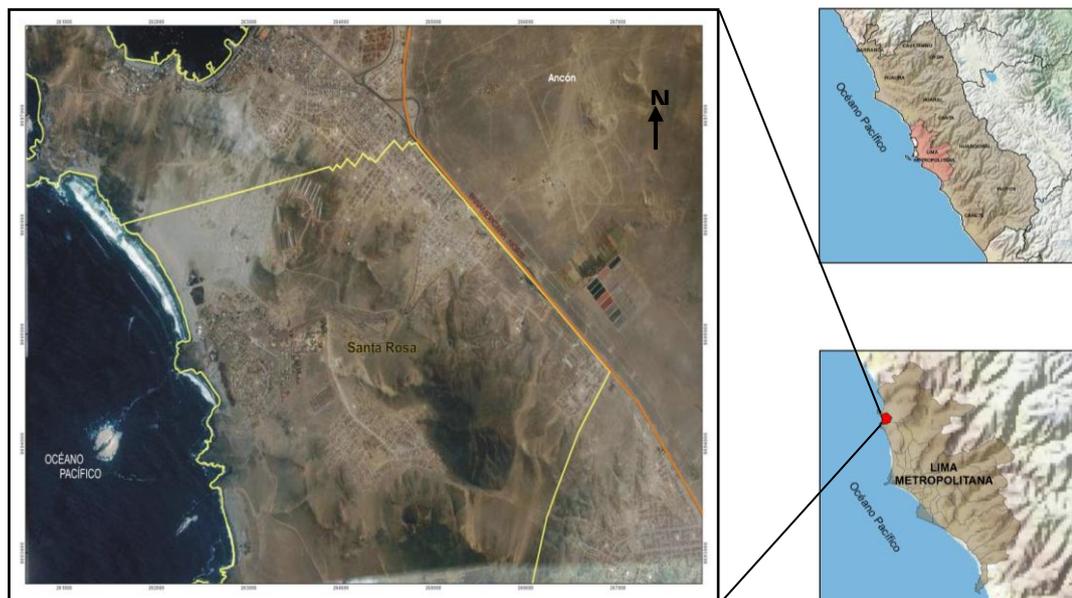


Figura 1. Ubicación del área de estudio. Distrito de Santa Rosa

RECOLECCIÓN DE DATOS

SÍSMICA

Los 98 puntos de toma de datos de vibración ambiental fueron seleccionados considerando el mapa catastral del distrito de Santa Rosa, todos distribuidos en 4 áreas: 53 para el Área-1; 28 en el Área-2; 10 en el Área-3 y 6 en el Área-4. El mayor número de puntos se distribuye sobre el Área-1 por considerarse el área más poblada.

GEOTÉCNIA

Para el estudio geotécnico se elaboraron 7 calicatas de exploración a cielo abierto con dimensiones de 1.5 m x 1.5 m de lado y 3.0 m de profundidad máxima. Las calicatas fueron codificadas como C1, C2, C3, C4, C5, C6 y C7 (Ver Figura 2). La obtención de muestras y análisis de los mismos fueron realizados por el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), quienes se encargaron también de obtener dos muestras de suelos para cada calicata.

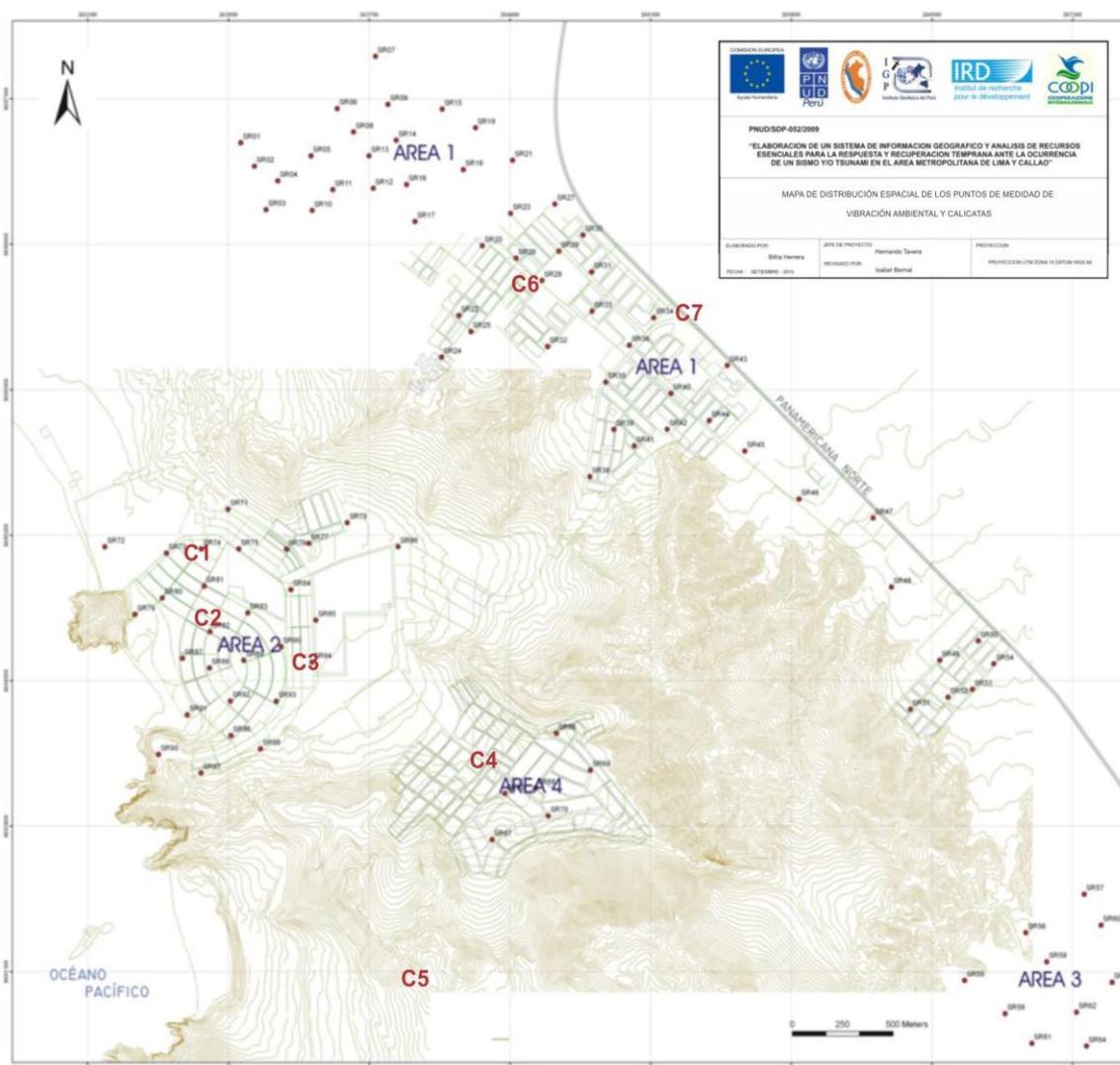


Figura 2. Distribución de puntos de medida de vibración ambiental. Las letras C1, C2, C3, C4, C5, C6 y C7, indican la ubicación de las calicatas en el distrito de Santa Rosa

METODOLOGÍA Y ANÁLISIS

Las metodologías utilizadas en el presente estudio son la técnica de Nakamura o H/V (sísmica) y la técnica de Calicatas (y su respectivo análisis geotécnico).

SÍSMICA

Para aplicar la técnica H/V se considera los siguientes pasos:

- Los registros de vibración ambiental corresponden a ventanas de 2048 muestras (20 segundos) con un traslape del 10%.
- Se calcula la transformada Rápida de Fourier para un número de hasta 10 ventanas de vibración ambiental.
- Los espectros horizontales se dividen entre el espectro vertical para obtener la relación H/V y luego se promedian los resultados obtenidos para las 10 ventanas considerando su respectiva desviación estándar.
- Luego se procede a identificar en cada espectro de H/V la frecuencia predominante y la amplitud máxima relativa.

Para definir la frecuencia predominante en la zona de estudio se consideran tres criterios:

- Primero, debe estar presente en un rango de interés que fluctúa entre 0.4 a 10 Hz (Lermo y Chávez-García -1994 a,b; Lachet y Bard, 1994).
- Segundo, debe presentar amplificaciones relativas de al menos 2 veces (se considera la amplitud de "1" como punto de referencia)
- Tercero, se considera el pico/rango de frecuencias más representativos para cada punto de medida.

Finalmente, para el análisis e interpretación de los resultados, las frecuencias son expresadas en periodos dominantes. En el distrito de Santa Rosa se ha definido la existencia de tres zonas sísmicas:

- La primera zona abarca casi el 80% del Distrito (llanura aluvial-eólica) en donde sobresalen periodos de 0.2 s a menos.
- La segunda zona rodea de manera dispersa la primera sobre los extremos norte y oeste del Distrito. La zona se caracteriza por presentar periodos dominantes de 0.3 s.
- La tercera zona considera un área pequeña ubicada en el extremo oeste del Distrito y se caracteriza por presentar los periodos dominantes más altos (0.4s).

GEOTECNIA

El método geotécnico considera para el distrito de Santa Rosa la construcción de siete calicatas para la inspección directa de la constitución del suelo a estudiar, siendo un método de exploración confiable y completa sobre las características físicas de los suelos. El análisis de las propiedades físicas del suelo permite conocer su composición granulométrica, los límites de elasticidad y su contenido de humedad para realizar la Clasificación Unificada de Suelos (SUCS). Por otro lado, el análisis de corte directo ha permitido determinar la capacidad portante del suelo (capacidad admisible última). En caso de que la muestra de suelo sea una grava sin contenido de arena, se aplicó el ensayo de densidad máxima.

El análisis geotécnico sugiere que los valores de capacidad portante en el distrito de Santa Rosa, presentan suelos de regular a baja resistencia al corte y falla. Los valores más bajos de capacidad portante se presentan en las zonas del Balneario (C1, C2 y C3), los valores intermedios en el sector de La Bajada y el Autódromo (C4 y C5), y los valores más altos por la Panamericana Norte (C6 y C7).

CONCLUSIONES

La realización del presente estudio ha permitido llegar a las siguientes conclusiones:

- Los valores de periodos dominantes, presentes en el distrito de Santa Rosa sugieren la presencia de suelos homogéneos y relativamente competentes.
- De acuerdo a la Norma de Construcción Sismo-resistente E-030, en el distrito de Santa Rosa se ha identificado 2 zonas sísmica-geotécnicas, las mismas que corresponden a los suelos de Tipo-1 y Tipo-2.

Zona I: Está conformada por secuencias vulcano-sedimentarias subyaciendo a depósitos aluvial-eólicos de poco espesor y cuyos periodos de vibración natural determinados por las mediciones de vibración ambiental varían entre 0.1 y 0.3 s. El 80% del distrito se encuentra en esta zona con el predominio de periodos de 0.2 s.

Zona II: Considera las áreas conformadas por depósitos aluvio-marinos compuestos por rellenos de arena gruesa y fragmentos de roca sub-angulosa de baja compactación en estado seco. Los periodos predominantes del suelo determinados por las mediciones de vibración ambiental en esta zona son de 0.4s.

- El mapa de Zonificación Sísmico-Geotécnico propuesto en este estudio debe ser usado en la planificación y ordenamiento de la ubicación de viviendas, edificaciones, así como el diseño estructural de los mismos.

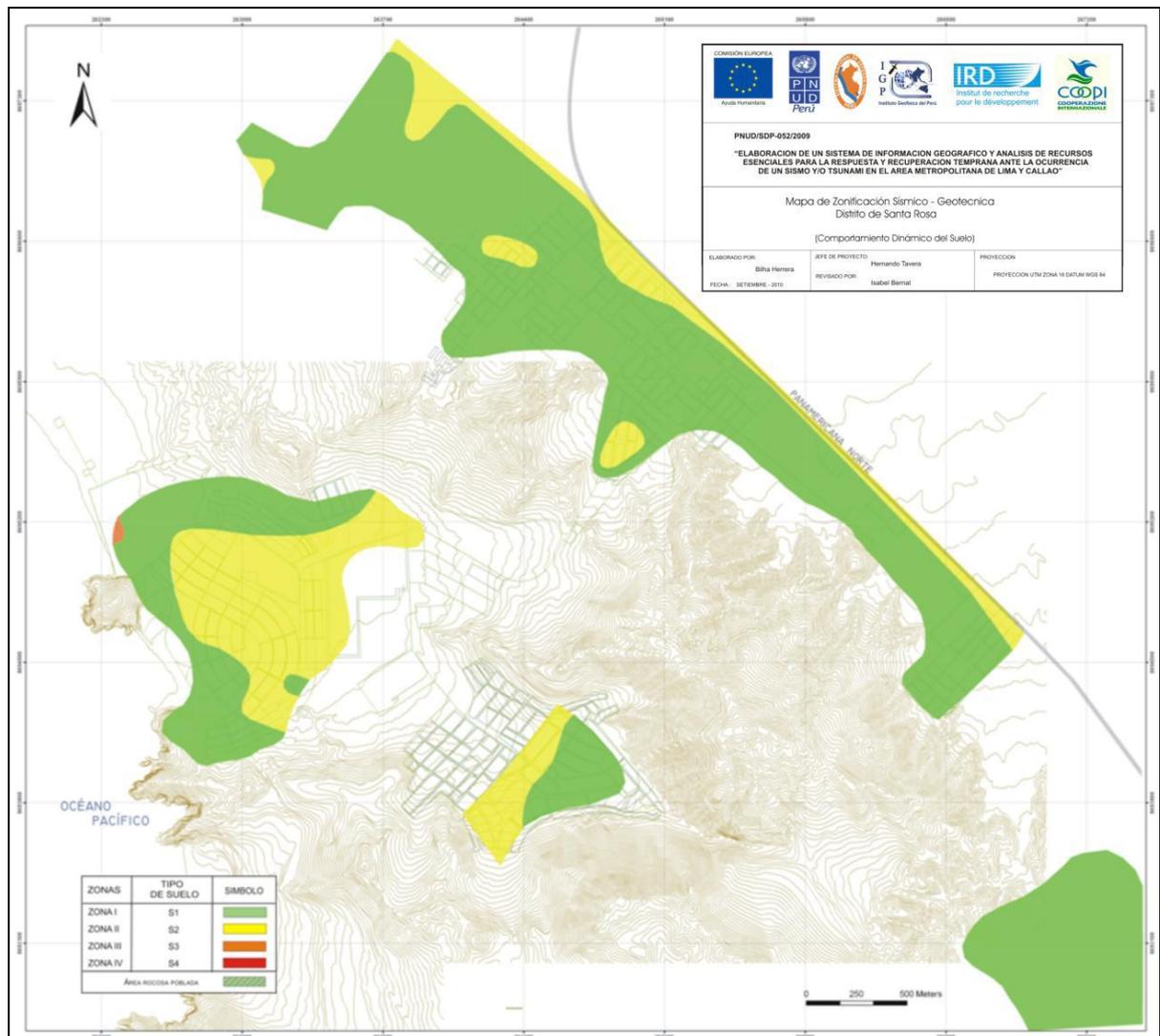


Figura 3. Mapa de Zonificación Sísmico-Geotécnica (Comportamiento Dinámico del Suelo) para el distrito de Santa Rosa

REFERENCIAS:

1. APESEG (2005). Estudio de vulnerabilidad y riesgo sísmico en 42 distritos de Lima y Callao, CISMID, 10 pag.
2. Bard, P.Y. (1999): Microtremor Measurements: A tool for a seismic effect estimation. The effect of surface geology on seismic motion. Irikura, Kudo, Okada and Sasatni (Eds.). Balkema Rotterdam pp. 1231-1275.
3. Lermo, J. y F.J. Chávez-García (1994a), "Are microtremors useful in site response evaluation?", Bull. Seism. Soc. Am. 84, 1350-1364 pp.
4. Nakamura, Y., (1989), A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, QR of RTRI, 30, No.1,25-33 pp.
5. Nogoshi, M. y T. Igarashi (1971), On the amplitude characteristics of microtremors (Part-2), Jour. Seism. Soc. Japan, 24, 26-40.
6. Norma E-30 (2003). Technical Building Standard E.030 Earthquake Resistant Standards (E-030 Diseño Sismorresistente). Ministry of Housing, Construction and Sanitation.
7. Kanai K. y T. Tanaka, (1961), On microtremors VIII, Bull. Earthq. Res Inst., 39,97-114
8. Tavera, H. y Bernal, I., (2010): Zonificación Sísmico-Geotécnica para 7 distritos de Lima Metropolitana (Comportamiento Dinámico del Suelo). Informe Técnico.
9. Wathelet, M., 2006. Geopsy software manual. Tech. rep. SESAME European Project.

APLICACIÓN DE MÉTODOS SÍSMICOS Y GEOTÉCNICOS PARA LA ZONIFICACIÓN DE SUELOS EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA (LIMA)



Luz Arredondo, Hernando Tavera, Isabel Bernal, Juan Carlos Gómez y Henry Salas

Instituto Geofísico del Perú



INTRODUCCIÓN

La zonificación sísmica es considerada como una metodología de trabajo adecuada para utilizarse en la reducción del riesgo sísmico en ciudades. El objetivo es evaluar los niveles de amenaza sísmica y sus efectos locales debido a la calidad de los suelos, para ello se analiza con un enfoque multidisciplinario la información sísmica, geofísica, geológica, geodinámica, geomorfológica y geotécnica. Toda esta información es procesada en un sistema SIG a fin de obtener el mapa de zonificación sísmico-geotécnico.

Para el análisis dinámico se utiliza datos de vibración ambiental aplicando el método de Nakamura a fin de obtener mapas de isoperíodos y amplificaciones relativas; asimismo, el análisis geotécnico para conocer la clasificación SUCS de los suelos y su capacidad portante. En el presente estudio se obtiene el mapa Sísmico-Geotécnico para el distrito de Santa Rosa (Lima) a partir de la aplicación de métodos geofísicos y geotécnicos.

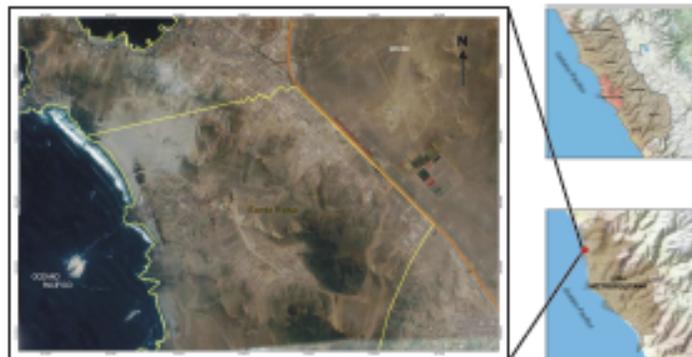


Figura 1. Ubicación del área de estudio. Distrito de Santa Rosa

La información permite identificar las zonas vulnerables ante amenazas sísmicas, la cual debe ser utilizada como herramienta básica para los proyectos de expansión y mejora urbana de dicho distrito.

RECOLECCIÓN DE DATOS

- **Sísmica:** Los 98 puntos de toma de datos de vibración ambiental fueron seleccionados considerando el mapa catastral del distrito de Santa Rosa, todos distribuidos en 4 áreas: 53 para el Área-1; 28 en el Área-2; 10 en el Área-3 y 6 en el Área-4.

- **Geotécnica:** Para el estudio geotécnico se elaboraron 7 calicatas de exploración a cielo abierto con dimensiones de 1.5 m x 1.5 m de lado y 3.0 m de profundidad máxima.

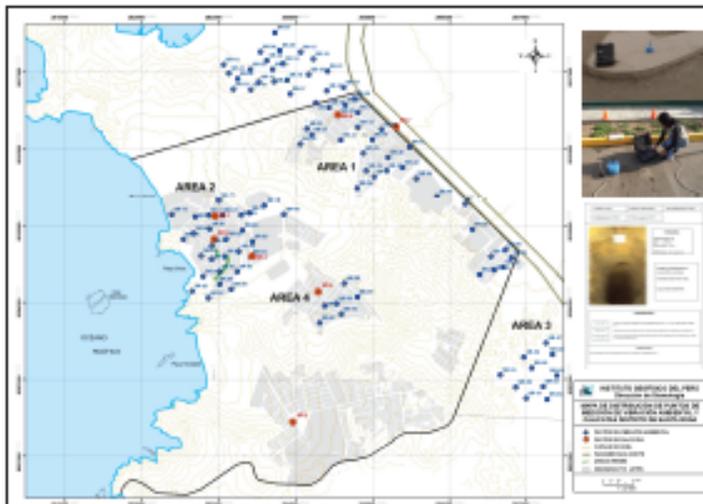


Figura 2. Distribución de puntos de medida de vibración ambiental. Las letras SR-1, SR-2, SR-3, SR-4, SR-5, SR-6 y SR-7, indican la ubicación de las calicatas en el distrito de Santa Rosa.

METODOLOGÍA Y ANÁLISIS

Las metodologías utilizadas en el presente estudio son la técnica de Nakamura o HV (sísmica) y la técnica de Calicatas (y su respectivo análisis geotécnico).

El análisis e interpretación de los resultados sísmicos, son expresados en periodos dominantes. En el distrito de Santa Rosa se ha definido la existencia de tres zonas sísmicas:

- La primera zona abarca casi el 80% del Distrito (llanura aluvial-eólica) en donde sobresalen periodos de 0.2s o menos.
- La segunda zona rodea de manera dispersa la primera sobre los extremos norte y oeste del Distrito. La zona se caracteriza por presentar periodos dominantes de 0.3 s.
- La tercera zona considera un área pequeña ubicada en el extremo oeste del Distrito y se caracteriza por presentar los periodos dominantes más altos (0.4s).

El análisis geotécnico sugiere que los valores de capacidad portante en el distrito de Santa Rosa, presentan suelos de regular a baja resistencia al corte y falla. Los valores más bajos de capacidad portante se presentan en las zonas del Bañerío (SR-1, SR-2 y SR-3), los valores intermedios en el sector de La Bajada y el Autódromo (SR-4 y SR-5), y los valores más altos por la Panamericana Norte (SR-6 y SR-7).

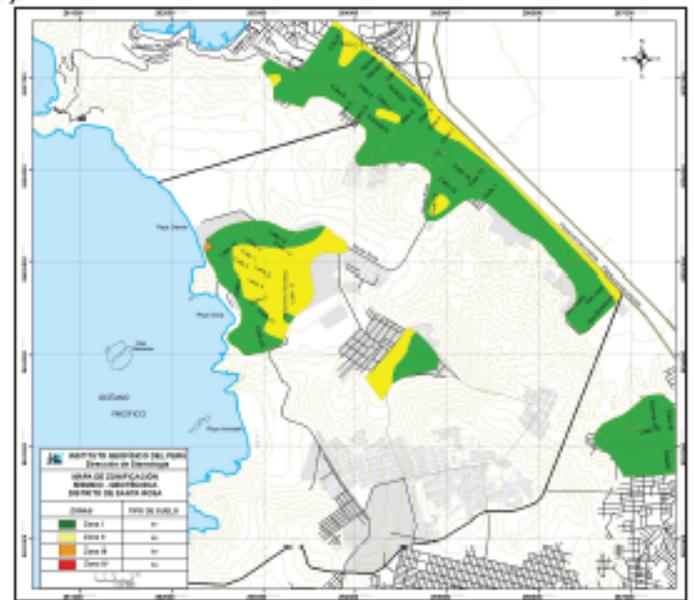


Figura 3. Mapa de Zonificación Sísmico-Geotécnica (Compartmentamiento Dinámico de Suelos) para el distrito de Santa Rosa

CONCLUSIONES

La realización del presente estudio ha permitido llegar a las siguientes conclusiones:

-Los valores de periodos dominantes, presentes en el distrito de Santa Rosa sugieren la presencia de suelos homogéneos y relativamente competentes.

-De acuerdo a la Norma de Construcción Sismorresistente E-030, en el distrito de Santa Rosa se ha identificado 2 zonas sísmico-geotécnicas, las mismas que corresponden a los suelos de Tipo-1 y Tipo-2.

Zona I: Está conformada por secuencias vulcano-sedimentarias subyaciendo a depósitos aluvial-eólicos de poco espesor y cuyos periodos de vibración natural determinados por las mediciones de vibración ambiental varían entre 0.1 y 0.3 s. El 80% del distrito se encuentra en esta zona con el predominio de periodos de 0.2s.

Zona II: Considera las áreas conformadas por depósitos aluvio-marinos compuestos por rellenos de arena gruesa y fragmentos de roca sub-angulosa de baja compactación en estado seco. Los periodos predominantes del suelo determinados por las mediciones de vibración ambiental en esta zona son de 0.4s.