



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO
CARTOGRAFÍA PARA LA ZONIFICACION GEOFÍSICA DEL ACANTILADO DE LA
COSTA VERDE - LIMA METROPOLITANA

Línea de investigación:

Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de
Ingeniero Geógrafo

Autor:

Oyola Coral, Leonidas Javier

Asesor:

Martínez Cabrera, Rubén

ORCID: 0000-0002-4561-8627

Jurado:

Zamora Talaverano, Noe Sabino

Paricoto Simón, María Mercedes

Pérez Flores, Brandon Watson

Lima - Perú

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

LEONIDAS V2.pdf

AUTOR

Ruben Martinez

RECUENTO DE PALABRAS

4888 Words

RECUENTO DE CARACTERES

25919 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

32 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.9MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 23, 2024 10:04 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 23, 2024 10:05 PM GMT-5**● 26% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 24% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 6% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y DE
ECOTURISMO

CARTOGRAFÍA PARA LA ZONIFICACION GEOFÍSICA DEL
ACANTILADO DE LA COSTA VERDE - LIMA
METROPOLITANA

Línea de Investigación:

Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de Ingeniero
Geógrafo

Autor

Oyola Coral, Leonidas Javier

Asesor

Martínez Cabrera, Rubén
ORCID: 0000-0002-4561-8627

Jurado

Zamora Talaverano, Noe Sabino
Paricoto Simón, María Mercedes
Pérez Flores, Brandon Watson

Lima - Perú
2024

INDICE

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Trayectoria del autor.....	8
1.1.1. Grado académico.....	8
1.1.2. Certificación profesional.....	8
1.1.3. Área de experiencia.....	9
1.2. Descripción de la empresa.....	11
1.2.1. Reseña histórica.....	11
1.2.2. Marco legal.....	11
1.2.3. Área de investigación.....	11
1.2.4. Visión.....	12
1.2.5. Misión.....	12
1.3. Organigrama de la empresa.....	13
II. CARTOGRAFÍA PARA LA ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE - LIMA METROPOLITANA	14
2.1. Objetivos.....	14
2.1.1. Objetivo general.....	14
2.1.2. Objetivos específicos.....	15
2.2. Metodología.....	15
2.2.1. Ubicación del área de estudio.....	15

2.2.2. Procedimiento.....	17
2.3. Resultados.....	27
2.3.1. Levantamiento de información de los ensayos geofísicos en el acantilado de la Costa Verde.	27
2.3.2. Determinar la posición geoespacial de los datos geofísicos con información cartográfica.....	27
2.3.3. Elaborar el mapa de Zonificación geofísica del acantilado de la Costa Verde.	30
III. APORTES MÁS DESTACADOS A LA ENTIDAD.....	36
IV. CONCLUSIONES.....	37
V. RECOMENDACIONES.....	38
VI. REFERENCIAS.....	39
VII. ANEXOS	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de estudio.....	16
Figura 2. Recolección del registro de vibraciones ambientales.....	17
Figura 3. Recolección de datos por el método de tomografía eléctrica.....	18
Figura 4. Recolección de datos por el método de MASW y MAM.....	19
Figura 5. Recolección de datos usando la antena de 100 MHz y 350 MHz.....	20
Figura 6. Mapa de Ubicación de registro de vibración ambiental.....	21
Figura 7. Mapa de Ubicación de ensayos de tomografía eléctrica.....	22
Figura 8. Mapa de Ubicación de ensayos de MASW y MAM.....	23
Figura 9. Mapa de Ubicación de ensayos de georadar.....	24
Figura 10. Mapa de Zonificación Geofísica del acantilado de la costa verde.....	26
Figura 11. Mapa de Ubicación de registro de vibración ambiental de Chorrillos.....	28
Figura 12. Mapa de Ubicación de ensayos de tomografía eléctrica de Chorrillos.....	28
Figura 13. Mapa de Ubicación de ensayos de MASW-MAM de Chorrillos.....	29
Figura 14. Mapa de Ubicación de ensayos de georadar de Chorrillos.....	29
Figura 15. Mapa de zonificación geofísica en el distrito de San Miguel.....	30
Figura 16. Mapa de zonificación geofísica en el distrito de Magdalena del Mar.....	31
Figura 17. Mapa de zonificación geofísica en el distrito de San Isidro.....	32
Figura 18. Mapa de zonificación geofísica en el distrito de Miraflores.....	33
Figura 19. Mapa de zonificación geofísica en el distrito de Barranco.....	34
Figura 20. Mapa de zonificación geofísica en el distrito de Chorrillos.....	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de registro de los métodos geofísicos	27
---	----

RESUMEN

El presente informe describe mi experiencia profesional además de mi desempeño en la geomática y la gestión de los sistemas de información geográfica aplicados a zonificación geofísica. **Objetivo:** Obtener los mapas de zonificación geofísica del acantilado de la Costa Verde, con estandarización en los procesos para así obtener información más eficientemente. **Método:** El desarrollo del presente informe fue descriptivo, el cual estuvo basado en la caracterización de la capa superficial del suelo mediante métodos geofísicos y los sistemas de información geográfica. **Resultados:** Se obtuvieron fueron los mapas temáticos de zonificación geofísica del acantilado de la Costa Verde, donde se identificó las áreas con mayor riesgo de deslizamiento por cada distrito. **Conclusión:** Los mapas obtenidos en la zonificación geofísica, nos muestra los lugares donde de ocurrir un sismo de gran magnitud estos serías muy afectados debido a sus características, y es ahí donde las autoridades deben poner mayor énfasis para poder tomar acciones que minimicen los daños en la población cercana.

Palabras claves: Zonificación geofísica, acantilado, cartografía, gestión de riesgo de desastres.

ABSTRACT

This report describes my professional experience in addition to my performance in geomatics and the management of geographic information systems applied to geophysical zoning..

Objective: Obtain the geophysical zoning maps of the Costa Verde cliff, with standardization in processes to obtain information more efficiently. **Method:** The development of this report was descriptive, which was based on the characterization of the surface layer of the soil using geophysical methods and geographic information systems. **Results:** The thematic maps of geophysical zoning of the Costa Verde cliff were obtained, where the areas with the highest risk of landslide were identified for each district.. **Conclusion:** The maps obtained in the geophysical zoning show us the places where, if a large earthquake occurred, they would be very affected due to their characteristics, and that is where the authorities should put greater emphasis in order to take actions that minimize the damage in the nearby population.

Keywords: Geophysical zoning, cliff, cartography, disaster risk management.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Trayectoria del autor

1.1.1. *Grado académico*

Egresado de la Universidad Nacional Federico Villarreal, con bachiller obtenido en agosto del 2014, aprobado con Resolución R. N° 6190-2014-CU-UNFV, con conocimientos sólidos en Sistema de Información Geográfica (GIS), base de datos, identificación de riesgos, peligros naturales y generación de cartografía.

1.1.2. *Certificación profesional*

- Diplomado en Gestión Pública, con un total de 240 horas académicas, realizado durante los meses de enero hasta febrero del 2020, organizado por la Escuela Nacional de Políticas Públicas y la Facultad de Economía de UNMSM.
- Diplomado en Sistemas de Información Geográfica y modelado territorial, con un total de 384 horas académicas, realizado durante los meses de diciembre del 2018 hasta mayo del 2019, organizado por el Centro de Investigación Geográfica y Geopolítica en convenio con la Sociedad Peruana de Ingeniería Geográfica, Ecología y Ambiental.
- Acreditación Transitoria de Operador/Piloto de RPAS N° 997, emitida el 22 de abril del 2019 por la Dirección General de Aeronáutica Civil del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, la cual me autoriza al manejo de drones multirrotores.
- Curso de Percepción Remota, con un total de 55 horas académicas, realizado durante los días del 14 al 18 de mayo del 2018, organizado por la Agencia Espacial del Perú – CONIDA.

- Diplomado en Topografía, Agrimensura y Fotogrametría, con un total 80 horas académicas, realizado durante los meses de octubre hasta diciembre 2017, organizado por el Instituto de Capacitación en Ingeniería.
- Diplomado en Gestión de Riesgos de Desastres, con un total de 455 horas académicas, realizado durante los meses de abril hasta noviembre del 2015, organizado por el Instituto Peruano de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Diplomado en Ordenamiento Territorial, con un total de 390 horas académicas, realizado durante los meses de agosto del 2014 hasta marzo del 2015, organizado por Instituto Peruano de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible en convenio con la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

1.1.3. Área de experiencia

- **Instituto Geofísico del Perú.** Actualmente me encuentro desempeñando labores desde abril del 2015, en la Subdirección de Ciencias de la Tierra Solida, desempeñándome como Especialista Geomático, donde me hago cargo de la elaborar la base de datos con la finalidad de obtener una cartografía base para la generación mapas temáticos para estudios de zonificación sísmica, mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica, con uso de Software como el ArcGis, Global Mapper, Sas Planet y Google Earth. También realizo el levantamiento de información en campo de métodos geofísicos, tales como las razones espectrales (H/V), y apoyo en los métodos de tomografía eléctrica, refracción sísmica y georadar, que luego son analizados por especialistas en geofísica, y complementados por el análisis de imágenes de satélite para la generación de los productos finales que son los mapas de zonificación sísmica. He participado en la ejecución de estudios en más de 60 localidades ubicados en la costa

peruana, donde es precisamente que se tiene mayor prioridad para el desarrollo de estos proyectos debido a la alta ocurrencia de sismos que suceden en ella.

- **Geoproject Consultores S.A.** He laborado en esta empresa en el periodo de agosto del 2014 hasta marzo del 2015, desempeñándome como cadista y topógrafo, elaborando memorias descriptivas de independización para proyectos saneamiento físico legal de predios en proyectos de construcción de carreteras. Además de generar el levantamiento topográfico de linderos de los predios afectados.
- **Consorcio Diagypro-URPE.** He laborado en esta empresa en el periodo de mayo hasta julio del 2014, desempeñando la labor de editor de la base gráfica en afectaciones prediales, elaborando planos en proyectos saneamiento físico legal de predios para proyectos de construcción de carreteras.
- **GTS Consultores S.A.C.** Habiendo laborado en esta empresa en el periodo de agosto del 2013 hasta enero del 2014, desempeñando el puesto de Técnico CAD/GIS, en cual era el encargado de la recopilación de la información de campo para sistematizarla y armar la base de datos que servirían para la creación de un visor geográfica para el área de rentas de la Municipalidad Metropolitana de Lima.
- **Cía. de minas Buenaventura S.A.A.** Habiendo laborado en esta empresa durante los meses de enero hasta marzo del 2013, he desempeñado el cargo de Practicante GIS en el área de exploraciones, donde nos encargábamos la elaboración de planos para el análisis de exploración de minerales, la georreferenciación de fotos aéreas y el procesamiento de información recopilada de campo.
- **Municipalidad distrital de Los Olivos.** Habiendo laborado durante los meses de octubre hasta diciembre 2012 en la Subgerencia de Obras Privadas, Catastro y Planeamiento Urbano, ocupando el cargo de Técnico editor de catastro, en donde me desempeñaba elaborando planos de lotes catastrales.

1.2. Descripción de la empresa

1.2.1. Reseña histórica

El Instituto Geofísico del Perú (IGP), creado en el año 1922 con el nombre de “Observatorio Geofísico de Huancayo”, ubicado en la provincia de Huancayo del departamento de Junín, administrado por la Institución Carnegie de Washington; posteriormente en 1947 pasa a llamarse “Instituto Geofísico de Huancayo” siendo administrado por el gobierno peruano. Siendo hasta 1962 que finalmente pasa a tener el nombre actual de IGP, trasladándose su sede central a la ciudad de Lima.

1.2.2. Marco legal

El IGP es una institución pública que se encuentra adscrito al Ministerio del ambiente, la cual esta regida por su propia Ley de creación, la cual se establece en el Decreto Legislativo N° 136, del 12 de junio de 1981.

El 3 de mayo del 2023, se crea la “Ley del Instituto Geofísico del Perú” con ley N° 31733, con la finalidad de consolidar la investigación científica en los diversos campos de la Geofísica, aportar con información mediante la prestación servicios la cual la cual ayuda a la gestión del riesgo de desastres mediante los campos de acción, y así contribuir a la reducción y mitigación de los impactos de los peligros naturales y antrópicos, mediante el aprovechamiento de las oportunidades y potencialidades que nos otorga la Geofísica en el desarrollo socioeconómico y ambiental del país.

1.2.3. Área de investigación

El IGP aporta con su conocimiento científico en el campo de la geofísica relacionados con los peligros naturales y a otras disciplinas de interés internacional, tales como:

- Ciencias de la Tierra Sólida: La cual de investiga y monitorea los procesos geofísicos que se desarrollan en el interior y la superficie de la Tierra.
- Ciencias de la Atmósfera e Hidrosfera: La cual investiga los procesos geofísicos que se desarrollan en la atmósfera e hidrósfera de la Tierra.
- Ciencias del Geoespacio y Astronomía: La cual de investiga y monitorea los procesos geofísicos que se desarrollan en el geo espacio.
- Desarrollo tecnológico y Redes Geofísicas: La cual es encargada del desarrollo tecnológico en geofísica y el mantenimiento y operación de las redes de monitoreo de parámetros geofísicos.

1.2.4. Visión

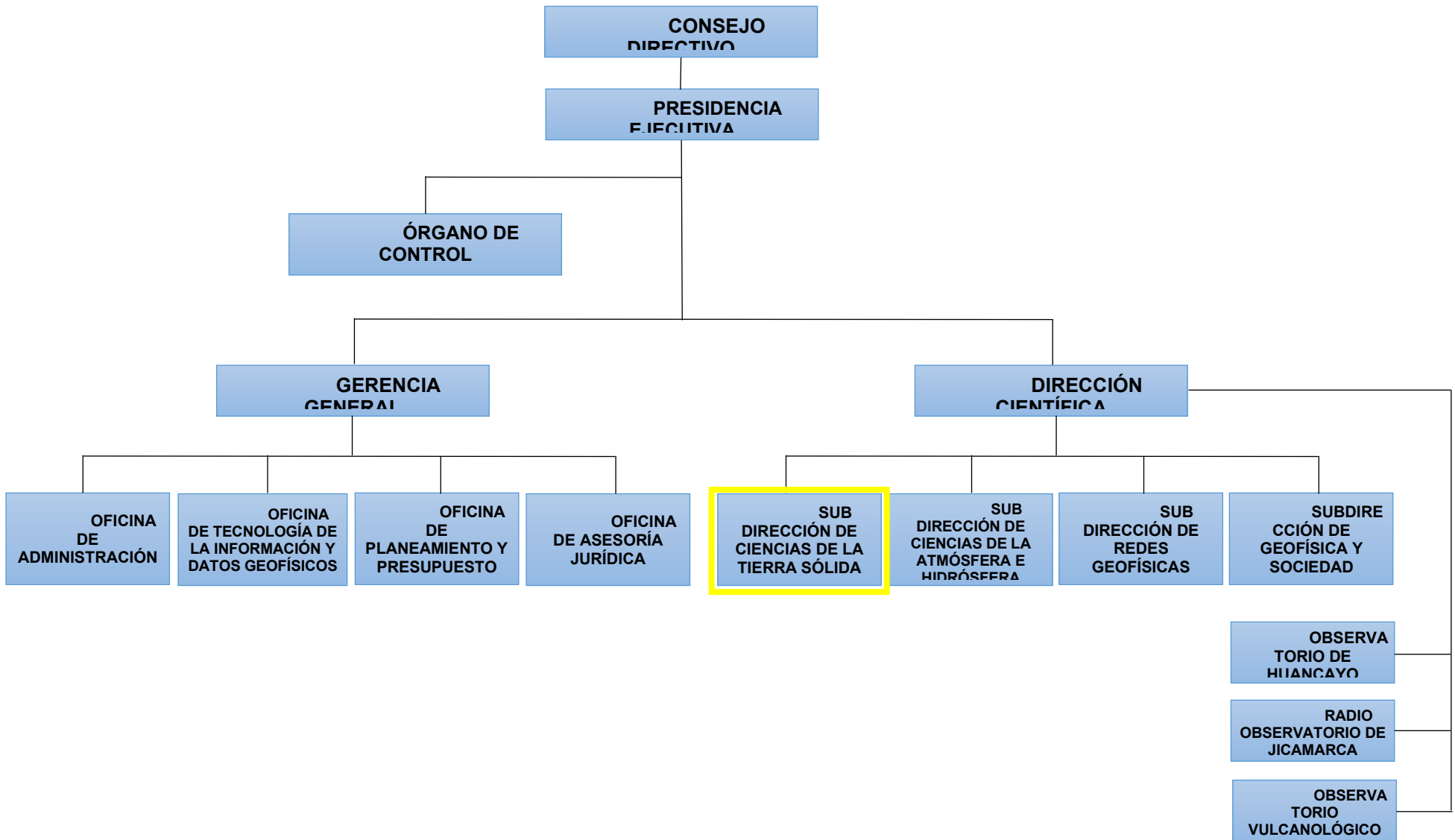
El Instituto Geofísico del Perú se ha consolidado nacional e internacionalmente como una institución líder en la investigación científica y gestión del ambiente geofísico aportando significativamente a la toma de decisiones en beneficio de la sociedad peruana.

1.2.5. Misión

Desarrollar investigación científica y tecnológica en geofísica y ciencias afines para el bienestar de la sociedad de manera eficiente y eficaz

1.3. Organigrama de la empresa

ORGANIGRAMA DEL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP)



II. CARTOGRAFÍA PARA LA ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA DEL ACANTILADO DE LA COSTA VERDE - LIMA METROPOLITANA

Para la generación de cartografía para la evaluación geofísica en el acantilado de la Costa verde, se procedió a delimitar el área de influencia de los estudios, con el fin de distribuir adecuadamente los ensayos geofísicos para su posterior análisis. Dicha distribución está acorde a los requerimientos donde se identificaron daños y efectos de sitio, lo cual ocasionaron daños en la población.

Además, se obtuvo información de cartografía base (manzanas, red vial, lugares de referencia) mediante la digitalización de imágenes de satélite extraídas de la plataforma SasPlanet, y el geoprocesamiento de Modelos Digital de Terreno (MDT), de imágenes raster que se obtuvieron de vuelos con drones, para generación de curvas de nivel.

Los principales productos que se obtuvieron en la actividad son los mapas de distribución de ensayos geofísicos (Razones espectrales, Tomografía Eléctrica, Refracción sísmica, Gravimetría y Georradar), además de la distribución de los periodos dominantes.

Con el resultado obtenido y el posterior análisis de los ensayos geofísicos se busca determinar el grado de riesgo a la cual la población está expuesta de ocurrir un sismo de gran magnitud, clasificando el suelo de acuerdo a sus características físicas, y grado de compactación que estos presentan en el lugar.

2.1. Objetivos

2.1.1. *Objetivo general*

- Generar la cartografía para determinar la zonificación geofísica del acantilado de la Costa Verde.

2.1.2. *Objetivos específicos*

- Levantamiento de información de los ensayos geofísicos tales como registro de vibración ambiental, tomografía eléctrica, MASW-MAM y georadar en el acantilado de la Costa Verde.
- Determinar la posición geoespacial de los datos geofísicos con información cartográfica.
- Elaborar el mapa de Zonificación geofísica del acantilado de la Costa Verde.

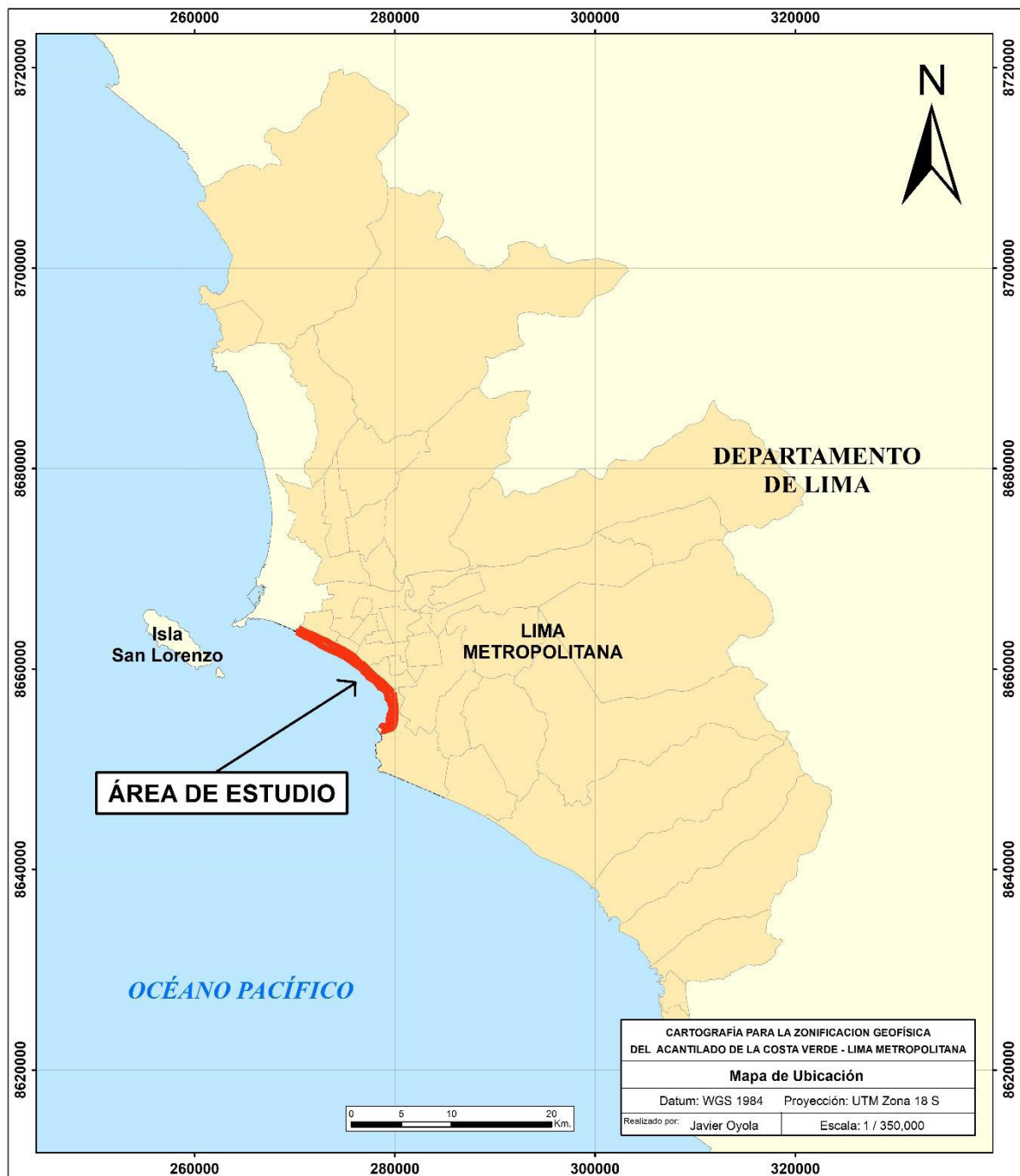
2.2. Metodología

2.2.1. *Ubicación del área de estudio*

El acantilado de la Costa Verde está ubicado en la franja costera de Lima Metropolitana (Figura 1), el cual se encuentra comprendido en los distritos de San Miguel, Magdalena, San Isidro, Miraflores, Barranco y Chorrillos, con una extensión aproximada de 16 km de longitud (área de estudio), con altitudes que van desde los 40 a 70 metros aproximadamente y pendientes mayores a 60°.

Figura 1

Ubicación del área de estudio



2.2.2. Procedimiento

2.2.2.1 Levantamiento de información de los ensayos geofísicos en el acantilado de la Costa Verde. En esta fase se procedió a ejecutar el levantamiento de información, de los ensayos propuestos, Los métodos que se desarrollaron fueron:

A. *Registro de vibración ambiental*

El registro de vibración ambiental se utiliza determinar la respuesta dinámica del suelo y calcular su amplificación, la cual nos brinda información sobre la estratigráfica superficial de los suelos desde la superficie hasta las primeras decenas de metros de profundidad.

Para la recolección de datos se recolectaron registros de vibración ambiental se utilizó sensores Lennartz y registradores CityShark II (Figura 2). En total se recolectaron se 604 registros, distribuidos en 97 líneas perpendiculares al acantilado con una distancia entre de 40 a 50 metros entre un punto y otro, con un tiempo de registro de 15 minutos.

Figura 2

Recolección del registro de vibraciones ambientales



Nota: Fotografía tomada en el Morro Solar - Chorrillos. Tomada de “Evaluación Geofísica de los acantilados de la costa verde, distrito de Chorrillos” (p.67), 2021, Instituto Geofísico del Perú.

B. Método de Tomografía Eléctrica

El método de tomografía eléctrica, permite calcular las variaciones de resistividad y conductividad eléctrica en las rocas y suelos, y así poder determinar los niveles freáticos en su estructura. Ya que los materiales que forman parte de la estructura del subsuelo tienen diversos rangos de valores de resistividad, esto debido al grado de porosidad del suelo, conductividad de las partículas y del contenido de humedad o de sales que están presentes en las fracturas de las rocas.

Para realizar la recolección de información en campo se utilizó un equipo de Resistividad /IP Syscal Pro (Figura 3), en total se realizaron un total de 41 arreglos de tomografía para todo el acantilado.

Figura 3

Recolección de datos por el método de tomografía eléctrica



Nota: Fotografía tomada en la bajada de Marbella – Magdalena del Mar. Tomada de “Evaluación Geofísica de los acantilados de la costa verde, distrito de Magdalena del Mar” (p.8), 2021, Instituto Geofísico del Perú

C. Métodos sísmicos MASW-MAM:

El ensayo de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) permite identificar las capas del subsuelo de manera vertical a partir de un punto en la superficie, y así para poder determinar la velocidad de propagación de las ondas de corte (V_s) en el subsuelo, a partir del

análisis de ondas superficiales, que son emitidos por una fuente de energía mecánica, que es registrada por arreglos lineales de estaciones sísmicas.

El ensayo de Análisis Multicanal de Microtremores (MAM) nos permite conocer la estructura del subsuelo a partir de la velocidad de ondas de corte, teniendo en cuenta el registro de ruido sísmico (vibración generada por la actividad humana), la cual registra bajas frecuencias, lo cual permite el análisis de mayores profundidades. La combinación de los métodos MASW y MAM nos permite conocer el subsuelo a niveles superficiales y en profundidad.

Para la realización de la recolección de información en campo del método MAS y MAM se ha utilizado un equipo sísmico (GEODE) de 24 sensores de baja frecuencia (4.5 Hz). Para la técnica MASW se generó las ondas sísmicas con una comba de 10 kg. (Figura 4). Los parámetros de los registros dependieron de las características geomorfológicas de la zona de estudio. La frecuencia utilizada fue de 4000 Hz (0.25 ms) con una longitud de registro de 2 segundos, para el acantilado de la Costa Verde se realizó 60 arreglos de MASW y MAM.

Figura 4

Recolección de datos por el método de MASW y MAM



Nota: Fotografía tomada en el Parque Cuadros - Chorrillos. Tomada de “Evaluación Geofísica de los acantilados de la costa verde, distrito de Chorrillos” (p.29), 2021, Instituto Geofísico del Perú.

D. Método de Georadar

El georadar es una técnica que permite el análisis del subsuelo, mediante la emisión de las ondas electromagnéticas de baja frecuencia (10 MHz - 2,5 GHz) las cuales viajan por medios con poca conductividad de distintas con características físicas y químicas. Para lo cual hace uso de una antena que emite pulsos electromagnéticos con la finalidad de encontrar discontinuidades o cambios significativos en el subsuelo.

. Este método permite determinar e identificar los límites de las interfaces de las diferentes capas de suelo analizando las anomalías existentes, la cual se distingue con algún tipo de material distinto al contenido del suelo.

Para la realización de este método se utilizó un georadar GSSI, antena de 350 MHz y 100 MHz (Figura 5). La capacidad de penetración de la onda electromagnética dependerá de las características conductivas del subsuelo, llegando a una profundidad de 6 metros con la antena de 350 MHz y a los 20 metros con la antena de 100 MHz. Durante el trabajo de campo se realizó un total de 79 registros de georadar.

Figura 5

Recolección de datos usando la antena de 100 MHz y 350 MHz



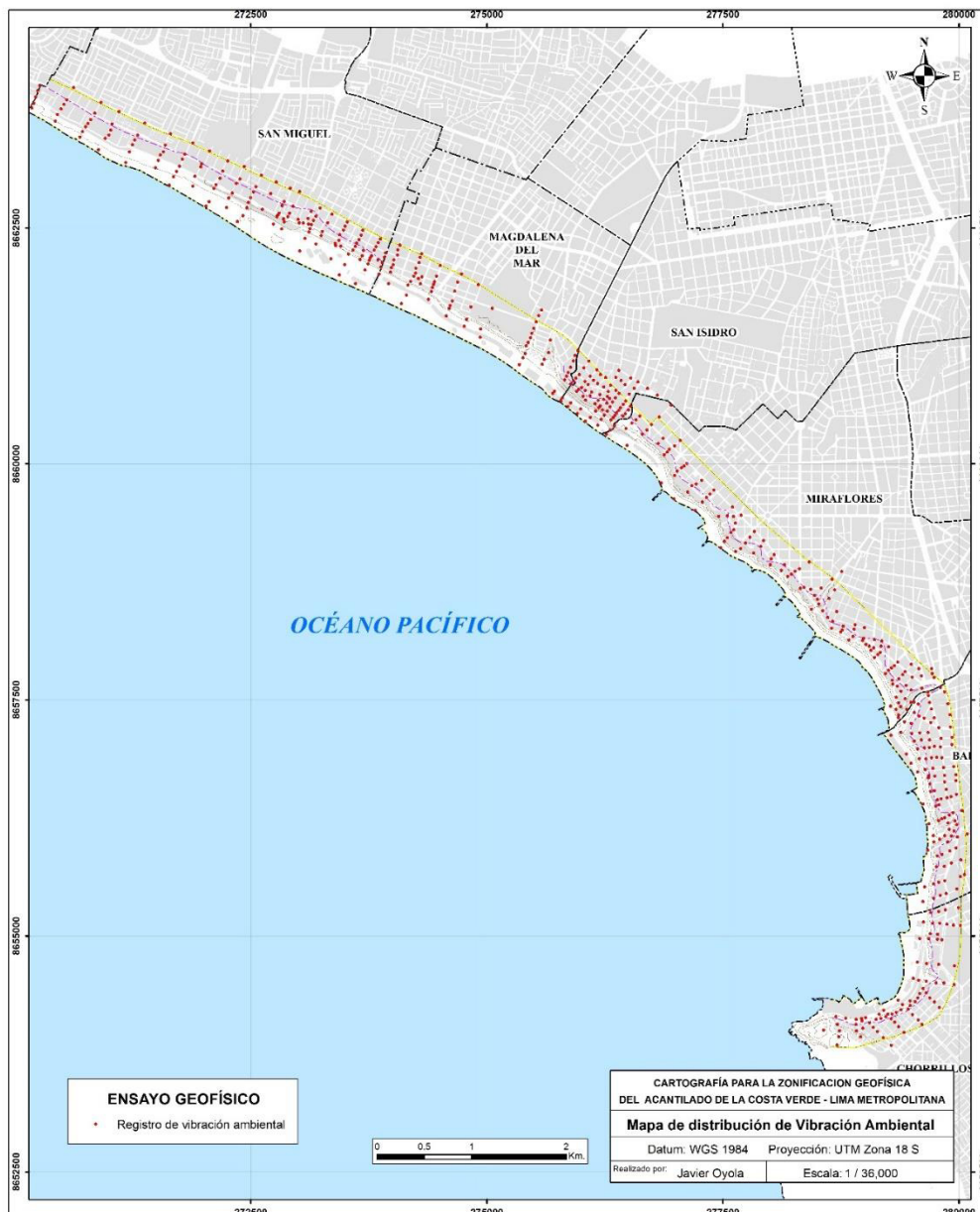
Nota: Tomada de “Evaluación Geofísica de los acantilados de la costa verde, distrito de Chorrillos” (p.55), 2021, Instituto Geofísico del Perú.

2.2.2.2 Determinar la posición geoespacial de los datos geofísicos con información cartográfica. Se ha realizado el ploteo de la ubicación de los ensayos geofísicos realizados en campo en los mapas preliminares donde se puede distinguir la distribución geoespacial de estos.

Para el método de vibración ambiental, se ha ploteado como entidad de puntos, que se muestran a continuación en la figura 6.

Figura 6

Mapa de Ubicación de registro de vibración ambiental



Para el método de tomografía, se ha planteado como entidad de líneas, como se muestran a continuación en la figura 7.

Figura 7

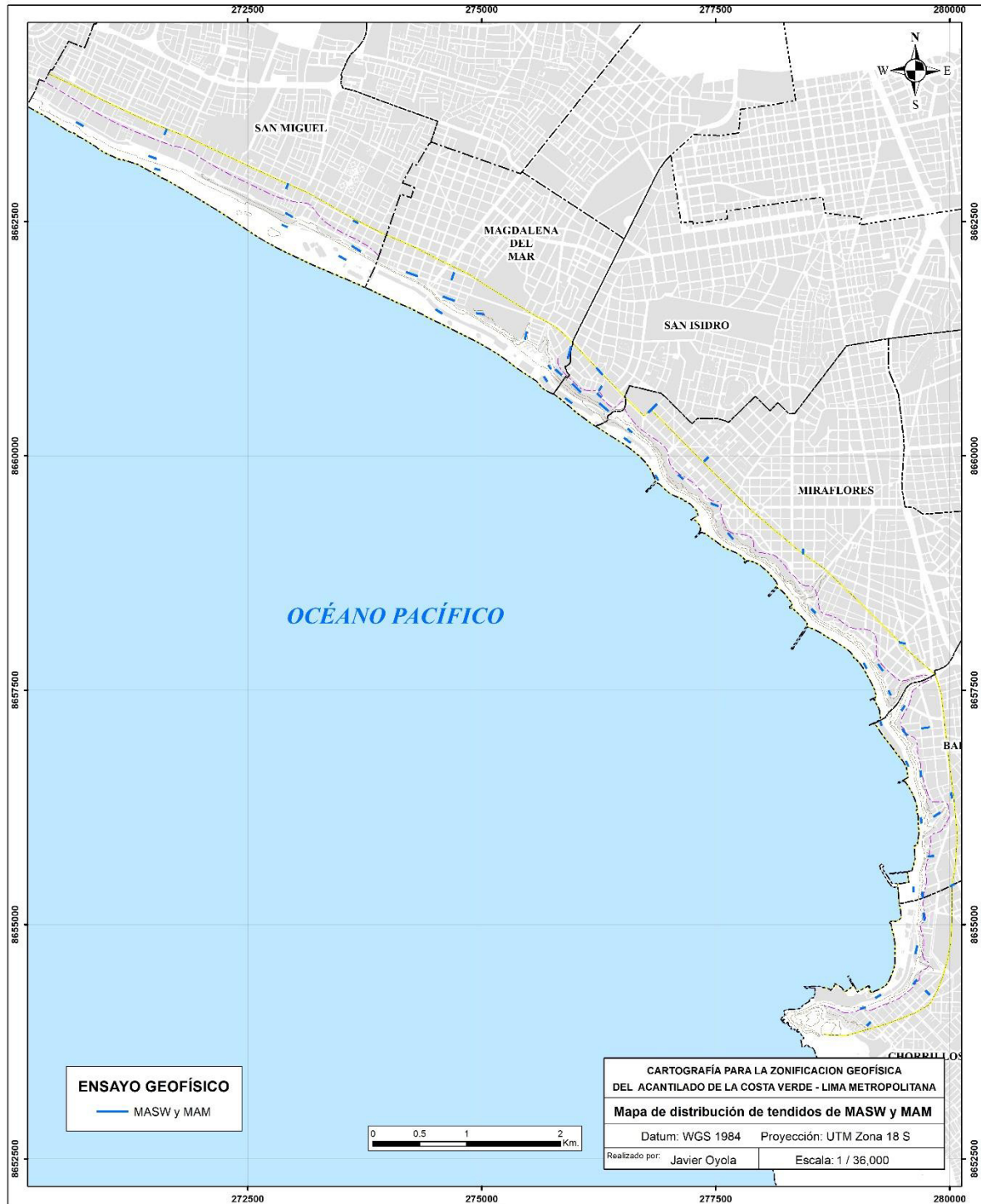
Mapa de Ubicación de ensayos de tomografía eléctrica



Para el método de tomografía, se ha planteado como entidad de puntos, como se muestran a continuación en la figura 8.

Figura 8

Mapa de Ubicación de ensayos de MASW y MAM



Para el método de tomografía, se ha planteado como entidad de líneas, como se muestran a continuación en la figura 9.

Figura 9

Mapa de Ubicación de ensayos de georadar



2.2.2.3 Elaborar el mapa de Zonificación geofísica del acantilado de la Costa Verde. Se elaboró la cartografía base de la zona, digitalizando las manzanas mediante el uso de ortofotos obtenidas del vuelo fotogramétrico del dron y las imágenes satelitales extraídas de la plataforma del SasPlanet, además de la obtención de nomenclatura de las vías y los lugares donde se propondrá los métodos geofísicos extraídas del Google maps, y visores de como el Geollaqta, Open Street maps y otros

En esta fase se procedió a analizar cada uno de los métodos geofísicos aplicados en el acantilado de la Costa Verde, cada uno de los especialistas (geofísicos) procedieron al procesamiento de la data recopilada en campo, para su posterior interpretación. Tomando como principal insumo, para mi análisis, la distribución de los puntos de las Razones espectrales (H/V), en donde se obtuvo valores de periodos dominantes, los cuales fueron interpolados con el Software ArcGis, para determinar las características físicas del subsuelo, y zonificarlos de acuerdo a la clasificación de suelos de la Norma E-030. Agrupando los puntos donde presentan periodos 0.1 - 0.2 Hz. considerados como suelos estables, los periodos altos mayores a 0.3 Hz. se caracterizan por ser suelos más flexibles.

También se hizo el filtro de para identificar puntos donde los valores donde presentan las amplificaciones mayores a dos veces en el distrito de Barranco y en la parte baja del acantilado de la Costa Verde se determinó amplificaciones mayores a 4 veces, caracterizándose como suelos muy inestables. Además, se analizó el Modelo digital del terreno (MDT), obtenida de un vuelo fotogramétrico mediante un dron, donde se clasificó las pendientes de según el cuadro 1, considerando a las pendientes mayores a 45° como una zona de fuerte pendiente que por el tipo de material visualizados en la superficie de los suelos, estos tiendan a ocasionar deslizamientos, considerándolas como inestable.

Finalmente, con el análisis de los métodos geofísicos, y la información obtenida del modelo digital de elevación se obtuvo se obtuvo el mapa de zonificación geofísica (Figura 10).

Figura 10

Mapa de Zonificación Geofísica del acantilado de la costa verde



2.3. Resultados

2.3.1. Levantamiento de información de los ensayos geofísicos en el acantilado de la Costa Verde.

Después de finalizado la etapa de levantamiento de campo, se hizo una división por distrito en los cuales se obtuvieron los siguientes números detallados en la siguiente tabla 1.

Tabla 1

Cantidad de registro de los métodos geofísicos

DISTRITO	CANTIDAD DE REGISTROS POR MÉTODO			
	VIBRACIÓN AMBIENTAL (puntos)	TOMOGRFÍA ELÉCTRICA (líneas)	MASW-MAM (líneas)	GEORADAR (líneas)
San Miguel	142	8	10	17
Magdalena del mar	66	4	10	16
San Isidro	77	5	6	9
Miraflores	133	8	14	11
Barranco	107	10	13	14
Chorrillos	79	6	7	12
TOTAL	604	41	60	79

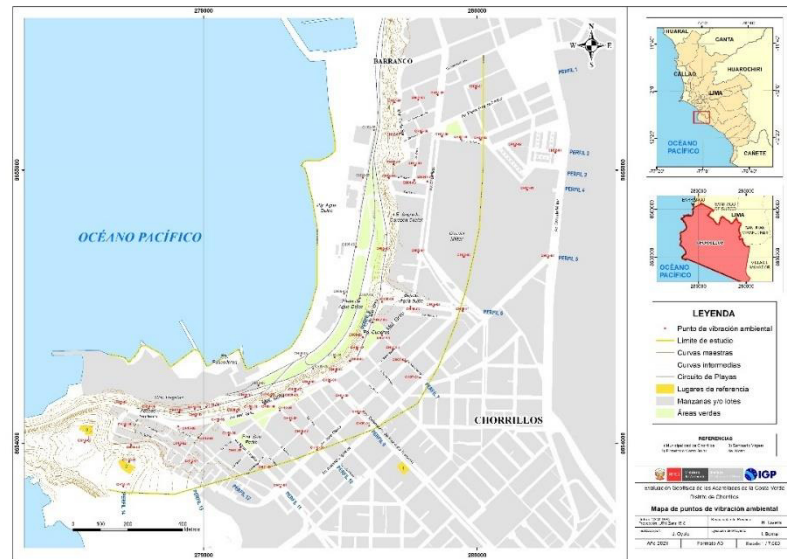
2.3.2. Determinar la posición geoespacial de los datos geofísicos con información cartográfica.

Después de ubicar los métodos geofísicos en un mapa preliminar, se procedió a elaborar los mapas de ubicación de cada método a nivel distrital, donde se hace mayor detalle de la información y la codificación de estos, obteniendo los mapas temáticos de la distribución geoespacial de para los distritos de San Miguel, Magdalena del mar, San Isidro, Miraflores, Barranco y Chorrillos.

A continuación, mostraremos algunos ejemplos de los mapas elaborados para el distrito de Chorrillos, registro de vibración ambiental (figura 11), ensayos de tomografía eléctrica (figura 12), ensayos de MASW-MAM (figura 13) y ensayos de georadar (figura 14).

Figura 11

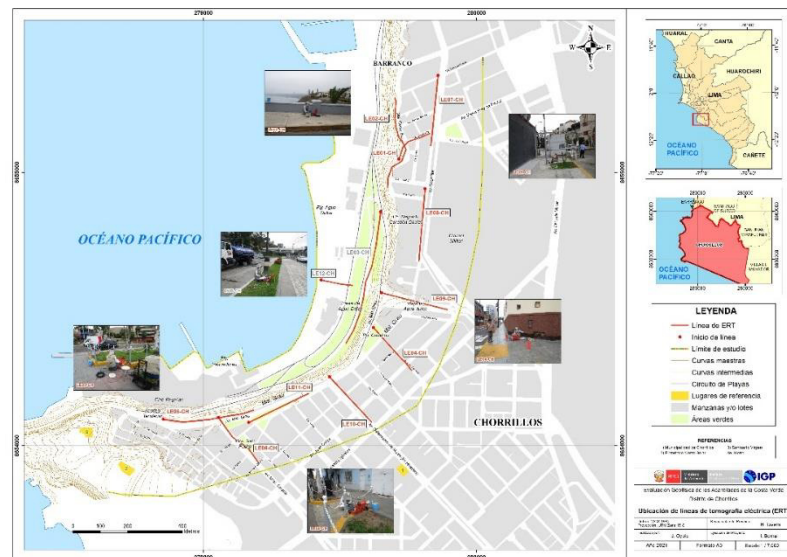
Mapa de Ubicación de registro de vibración ambiental de Chorrillos



Nota: Tomada de “Evaluación Geofísica de los acantilados de la costa verde, distrito de Chorrillos” (p.69), 2021, Instituto Geofísico del Perú.

Figura 12

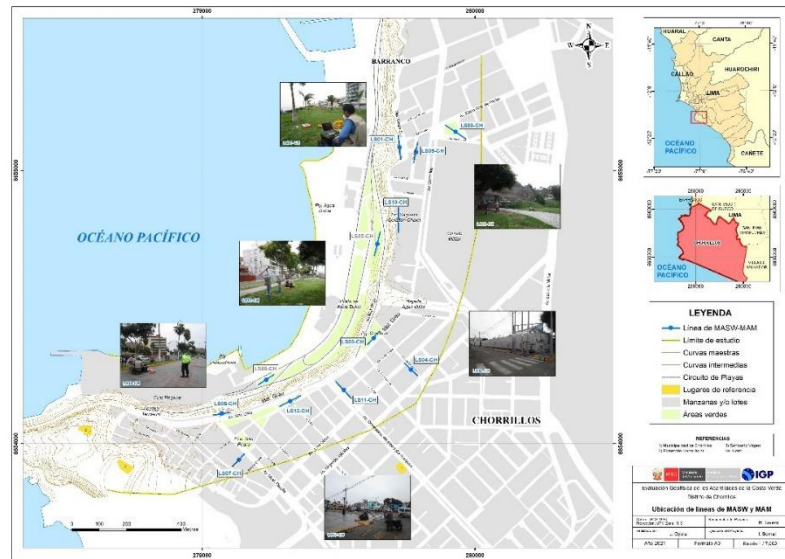
Mapa de Ubicación de ensayos de tomografía eléctrica de Chorrillos



Nota: Tomada de “Evaluación Geofísica de los acantilados de la costa verde, distrito de Chorrillos” (p.44), 2021, Instituto Geofísico del Perú.

Figura 13

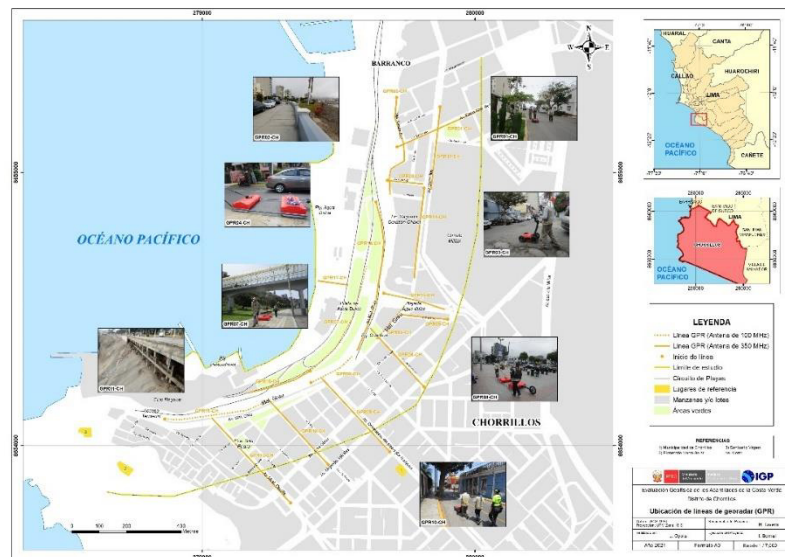
Mapa de Ubicación de ensayos de MASW-MAM de Chorrillos



Nota: Tomada de “Evaluación Geofísica de los acantilados de la costa verde, distrito de Chorrillos” (p.31), 2021, Instituto Geofísico del Perú.

Figura 14

Mapa de Ubicación de ensayos de georadar de Chorrillos



Nota: Tomada de “Evaluación Geofísica de los acantilados de la costa verde, distrito de Chorrillos” (p.58), 2021, Instituto Geofísico del Perú.

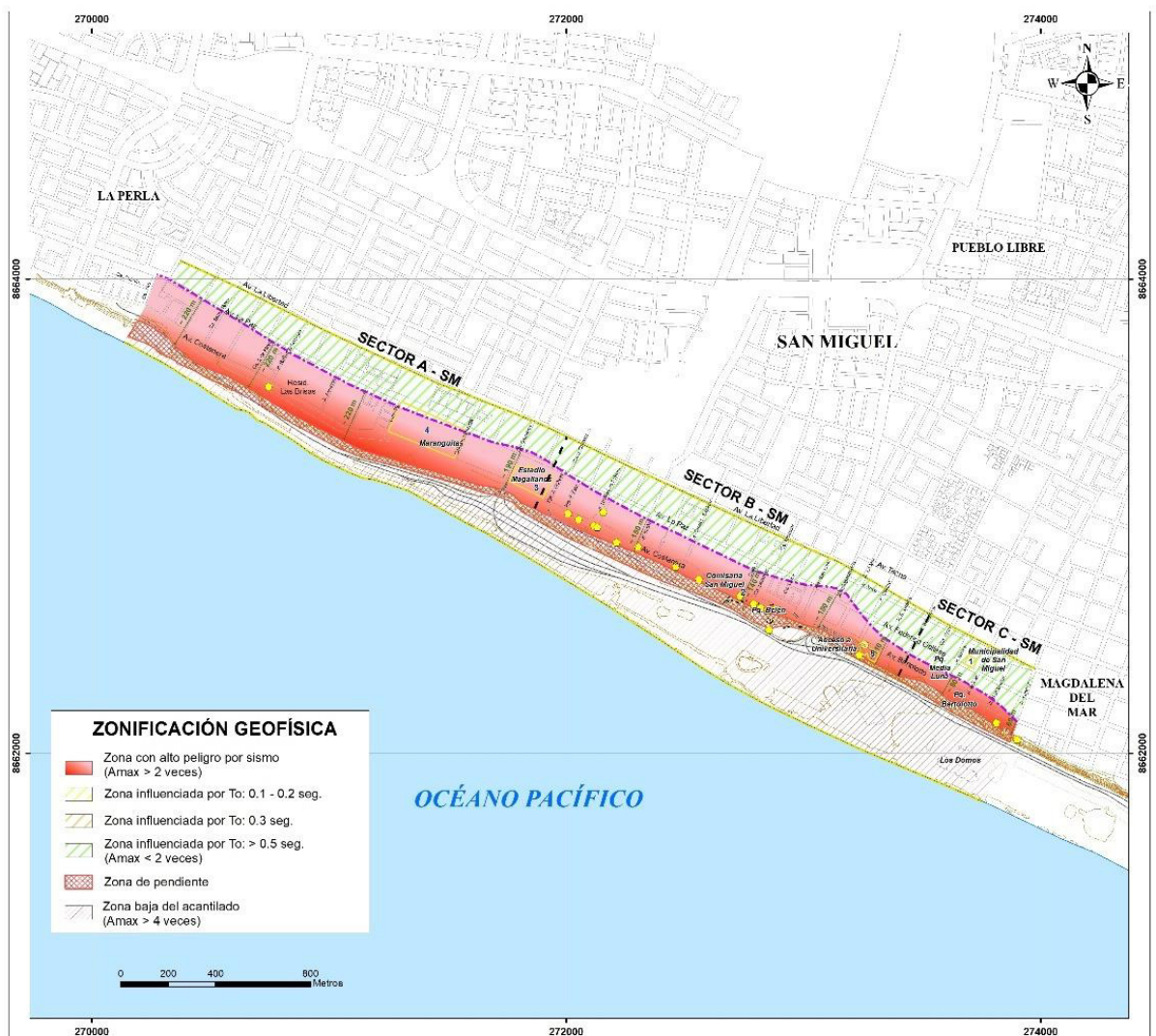
2.3.3. Elaborar el mapa de Zonificación geofísica del acantilado de la Costa Verde.

El insumo final es el mapa de zonificación geofísica, donde también se elaboró por cada distrito, donde se detalla y se hace énfasis en las zonas más vulnerables.

Se toma como referencia el distrito que se encuentra más al norte del área de, se muestra la Zonificación geofísica del distrito de San Miguel (figura 15), donde se dividió en tres sectores A, B y C, siendo el sector A donde se presenta un alto peligro por sismo, llegando a tener una distancia de 220 metros desde el acantilado.

Figura 15

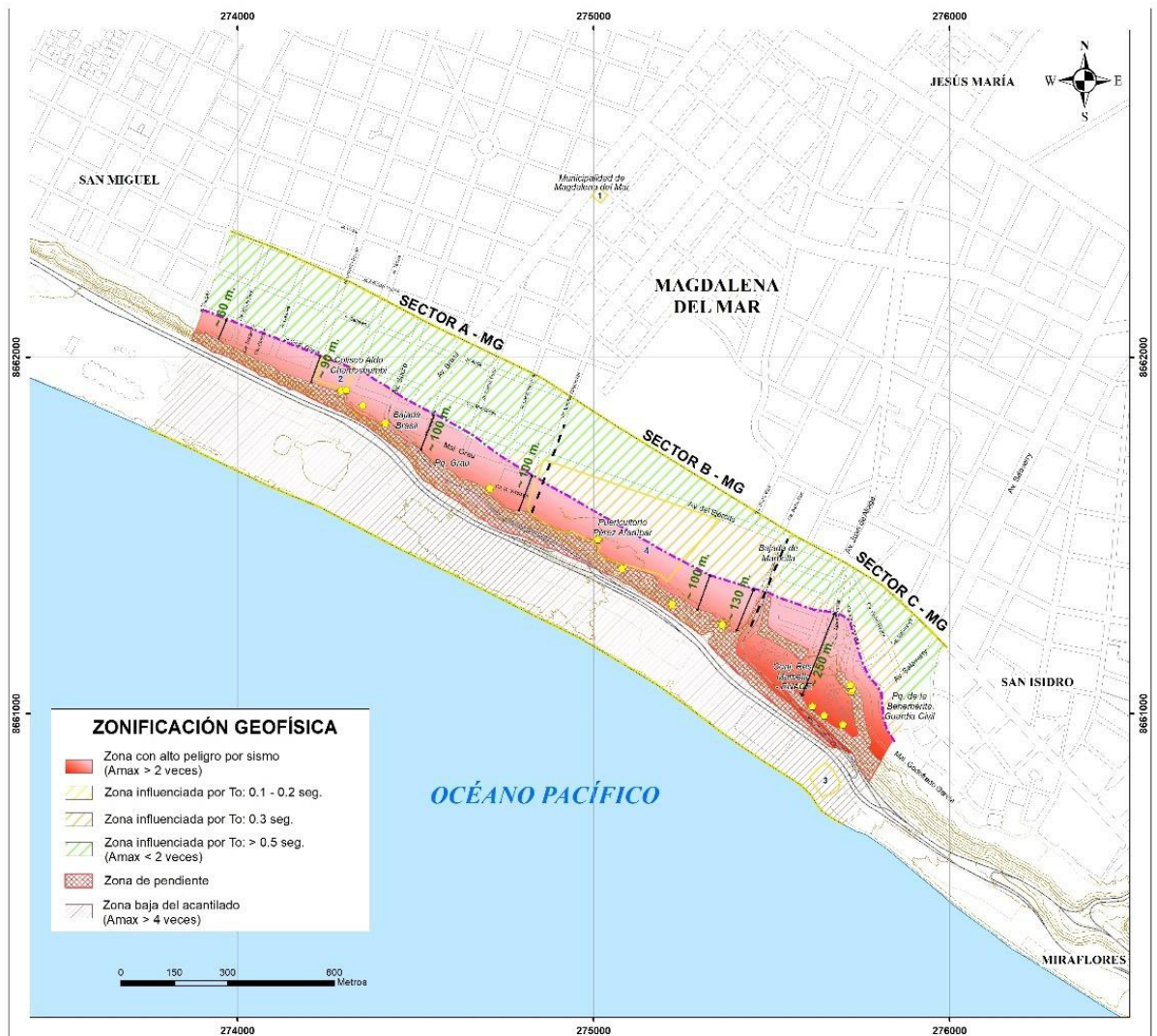
Mapa de zonificación geofísica en el distrito de San Miguel



Seguidamente, para el distrito colindante en la parte sur, se muestra la Zonificación geofísica del distrito de Magdalena del Mar (figura 16), donde también se dividió en tres sectores A, B y C, siendo el sector C donde se presenta un alto peligro por sismo, llegando a tener una distancia de 250 metros desde el acantilado.

Figura 16

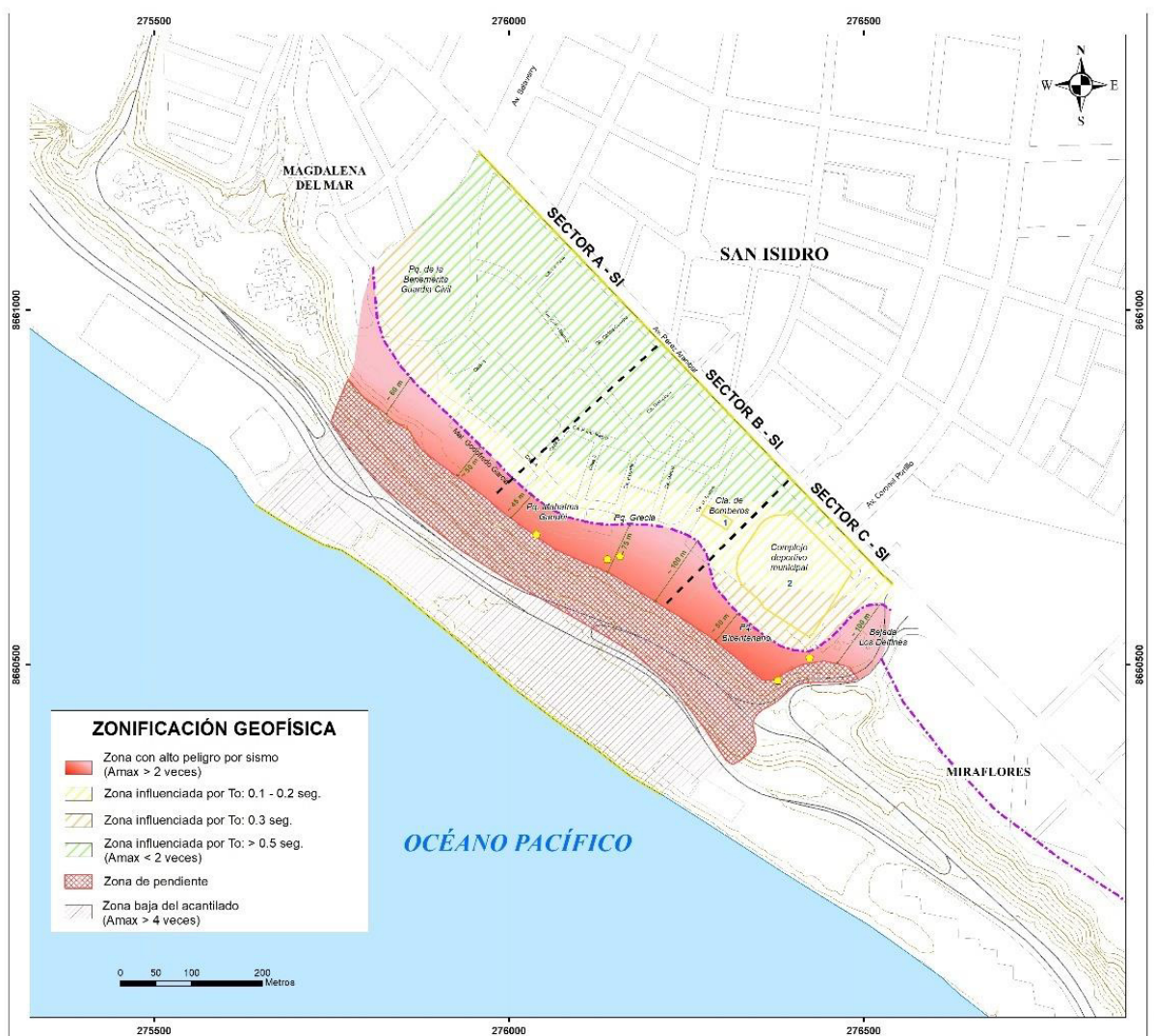
Mapa de zonificación geofísica en el distrito de Magdalena del Mar



Luego, para el distrito colindante, se muestra la Zonificación geofísica del distrito de San Isidro (figura 17), donde también se dividió en tres sectores A, B y C, siendo el sector B donde se presenta un alto peligro por sismo, llegando a tener una distancia de 100 metros desde el acantilado.

Figura 17

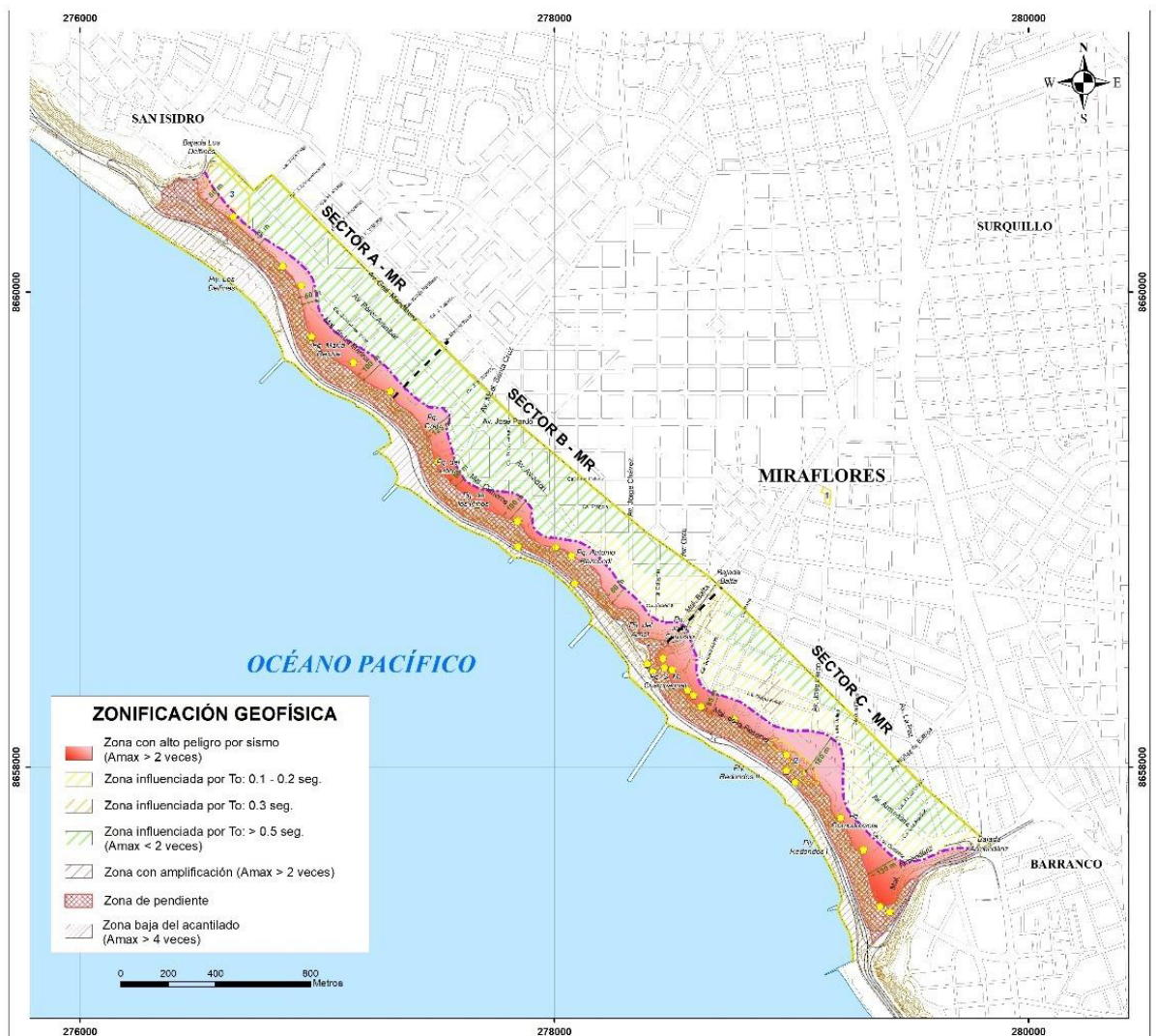
Mapa de zonificación geofísica en el distrito de San Isidro



Después, para el distrito colindante, se muestra la Zonificación geofísica del distrito de Miraflores (figura 18), donde también se dividió en tres sectores A, B y C, siendo el sector C donde se presenta un alto peligro por sismo, llegando a tener una distancia de 180 metros desde el acantilado.

Figura 18

Mapa de zonificación geofísica en el distrito de Miraflores



Posteriormente, para el siguiente distrito colindante, se muestra la Zonificación geofísica del distrito de Barranco (figura 19), donde también se dividió en tres sectores A, B y C, siendo el sector B donde se presenta un alto peligro por sismo, llegando a tener una distancia de 270 metros desde el acantilado, además de tener suelos con periodo dominantes altos.

Figura 19

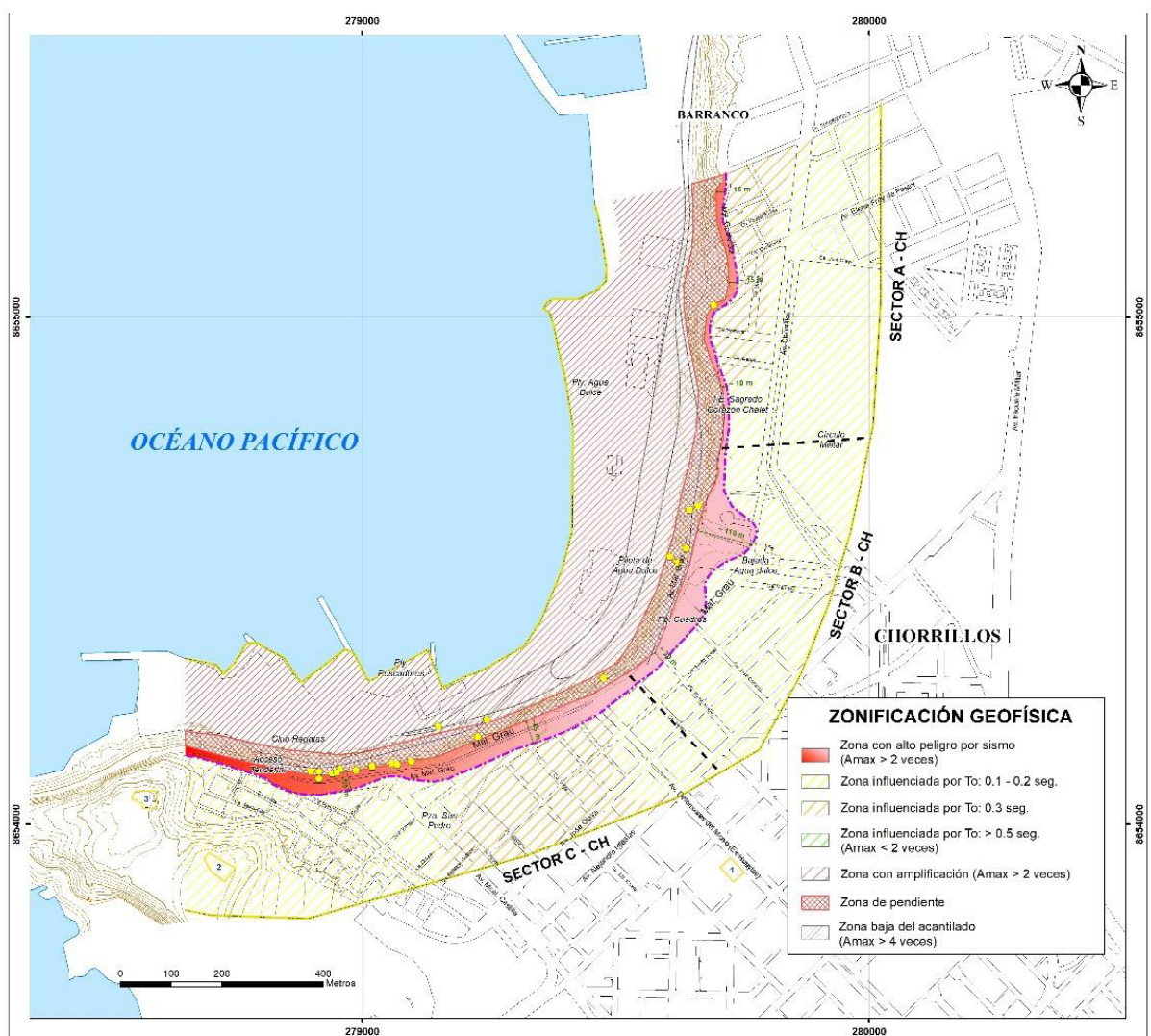
Mapa de zonificación geofísica en el distrito de Barranco



Finalmente, para el siguiente distrito colindante, se muestra la Zonificación geofísica del distrito de Chorrillos (figura 20), donde también se dividió en tres sectores A, B y C, siendo el sector B donde se presenta un alto peligro por sismo, llegando a tener una distancia de 110 metros desde el acantilado, además de tener suelos con periodo dominantes altos.

Figura 20

Mapa de zonificación geofísica en el distrito de Chorrillos



III. APORTES MÁS DESTACADOS A LA ENTIDAD

Entre los aportes más destacados a la entidad que laboro que se puede mencionar son los siguientes:

A. *Implementación de una base de datos uniformizada.* Lo cual nos permite tener la información generada de manera organizada, ya que cuando empecé a desempeñar mis labores en el IGP, al hacerme cargo de la generación de los mapas temáticos para la evaluación geofísica, no existía un orden de esta información , teniendo los archivos en diferentes ubicaciones, la cual dificultaba el manejo y procesamiento de estas, además de que esta información posteriormente sería utilizada para la implementación del geoportal del IGP (figura 21), debía cumplir con requisitos de estructura de datos para poder ser adicionada en el geoportal.

B. *Uniformización de criterios para la zonificación sísmica.* Ya que en los primeros estudios que se habían realizado solo se consideraba el resultado de los métodos geofísicos, lo cual solamente hacían referencia a la estructura interna del suelo, y después del aporte de los especialistas que participamos en el estudio se llegó a definir los aspectos que se deberían considerar, teniendo en cuenta la geodinámica externa del suelo, tomando en cuenta las zonas inundables, flujos de detritos, zona de derrumbe definidos por especialistas en geología. De mi parte defino lo que es las zonas con pendiente alta, mediante el uso de imágenes Alos Palsar e imágenes de satélite, con el propósito de clasificarlas como una zona con alto riesgo debido a que está expuesta a deslizamientos (figura 22).

C. *Estandarizar la presentación de los mapas temáticos.* Debido a que los mapas que se antes se habían elaborado en estudio anteriores, carecía de una presentación adecuada, visualmente se mejoró la presentación de los mapas temáticos de la zonificación geofísica, haciendo un control de calidad previo para su posterior publicación.

IV. CONCLUSIONES

- 4.1. La generación de los mapas de zonificación geofísica, implica una interacción de profesionales de forma multidisciplinaria, ya que su elaboración depende de varios profesionales con experiencia en temáticas en ciencias de la tierra. Además, que este producto ayuda a los profesionales y autoridades con capacidad de gestión a tomar medidas para evitar y/o reducir riesgos por un acontecimiento de un sismo de grandes proporciones, y con ello fortalecer Gestión de Riesgo de Desastre en su localidad mediante una buena toma de decisiones.
- 4.2. Para el levantamiento de la información de los métodos geofísicos se debe tener en cuenta, analizar adecuadamente los antecedentes del área de estudio, para un mejor análisis de la zona, y así poder optimizar de los recursos en campo.
- 4.3. Para Determinar la posición de geoespacial se tuvo en cuenta diversos insumos como imágenes de satélite, fotografías aéreas históricas, geología entre otros, ya que en base a ello se planificó la ubicación de los ensayos, y posteriormente se recopiló in situ la información con equipos de sistema de posicionamiento global (GPS).
- 4.4. Para elaborar los mapas de zonificación geofísica, no solo se tuvo en cuenta los resultados de los ensayos geofísicos, también se hizo un análisis de pendientes y de los mapas de periodos dominantes, para poder establecer similitudes y zonificar las áreas con características similares.

V. RECOMENDACIONES

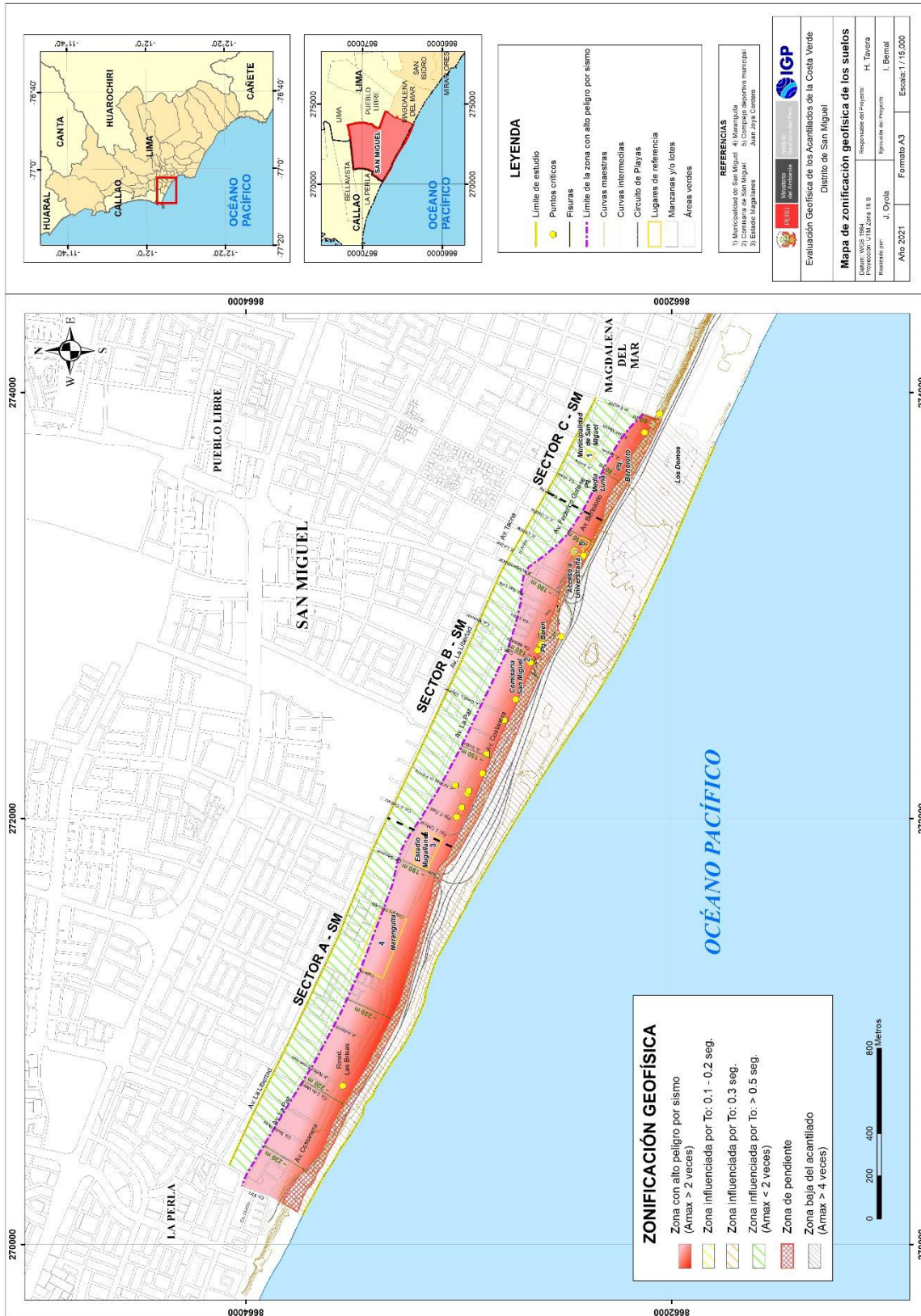
- 5.1. Promover el uso de las imágenes generadas por el satélite peruano Peru-SAT, ya que la escala en la que se trabaja no requiere demasiada precisión, y con la información de dichas imágenes se puede generar modelos de elevación que aportarían mayor detalle a la cartografía que se presenta en los mapas temáticos, y la ortofoto nos da mayor extensión de área que un vuelo fotogramétrico convencional.
- 5.2. La información obtenida en los mapas de evaluación geofísica, cuando son entregados a las autoridades, debe ser utilizados por los profesionales competentes y entendidos en el tema, ya que esta información ayudaría a un mejor ordenamiento del territorio y con ello minimizar los riesgos en la población.
- 5.3. Es recomendable hacer los estudios de evaluación geofísica, en las zonas de expansión urbana, ya que permitiría establecer normativas para las futuras construcciones, y así la población pueda saber qué tipo de edificación poder construir teniendo en cuenta el tipo de suelo.

VI. REFERENCIAS

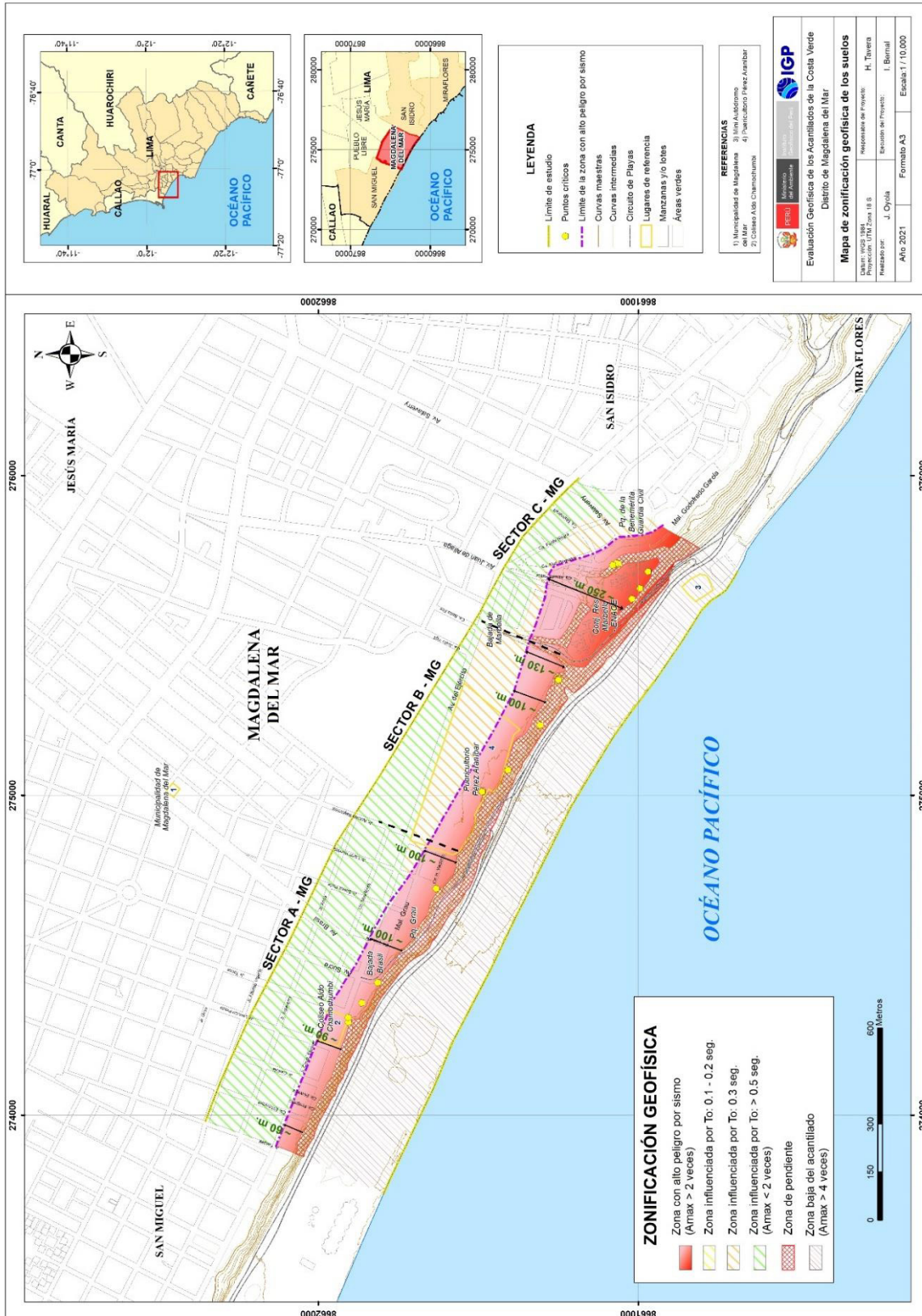
- Bernal, I., Tavera, H., y Sulla, W. (2021). *Evaluación geofísica de los acantilados de la Costa Verde - Distrito de San Miguel*. Instituto Geofísico del Perú. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/4996>
- Bernal, I., Tavera, H., Sulla, W., y Torres, L. (2021). *Evaluación geofísica de los acantilados de la Costa Verde - Distrito de Magdalena del Mar*. Instituto Geofísico del Perú. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/4997>
- Bernal, I., Tavera, H., Sulla, W., y Salas, J. (2021). *Evaluación geofísica de los acantilados de la Costa Verde - Distrito de San Isidro*. Instituto Geofísico del Perú. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/4998>
- Bernal, I., Tavera, H., y Sulla, W. (2021). *Evaluación geofísica de los acantilados de la Costa Verde - Distrito de Chorrillos*. Instituto Geofísico del Perú. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/4999>
- Bernal, I., Tavera, H., Sulla, W., y Pari, K. (2021). *Evaluación geofísica de los acantilados de la Costa Verde - Distrito de Miraflores*. Instituto Geofísico del Perú. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/5000>
- Bernal, I., Tavera, H., Sulla, W., y Rosado, F. (2021). *Evaluación geofísica de los acantilados de la Costa Verde - Distrito de Miraflores*. Instituto Geofísico del Perú. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12816/5001>

VII. ANEXOS

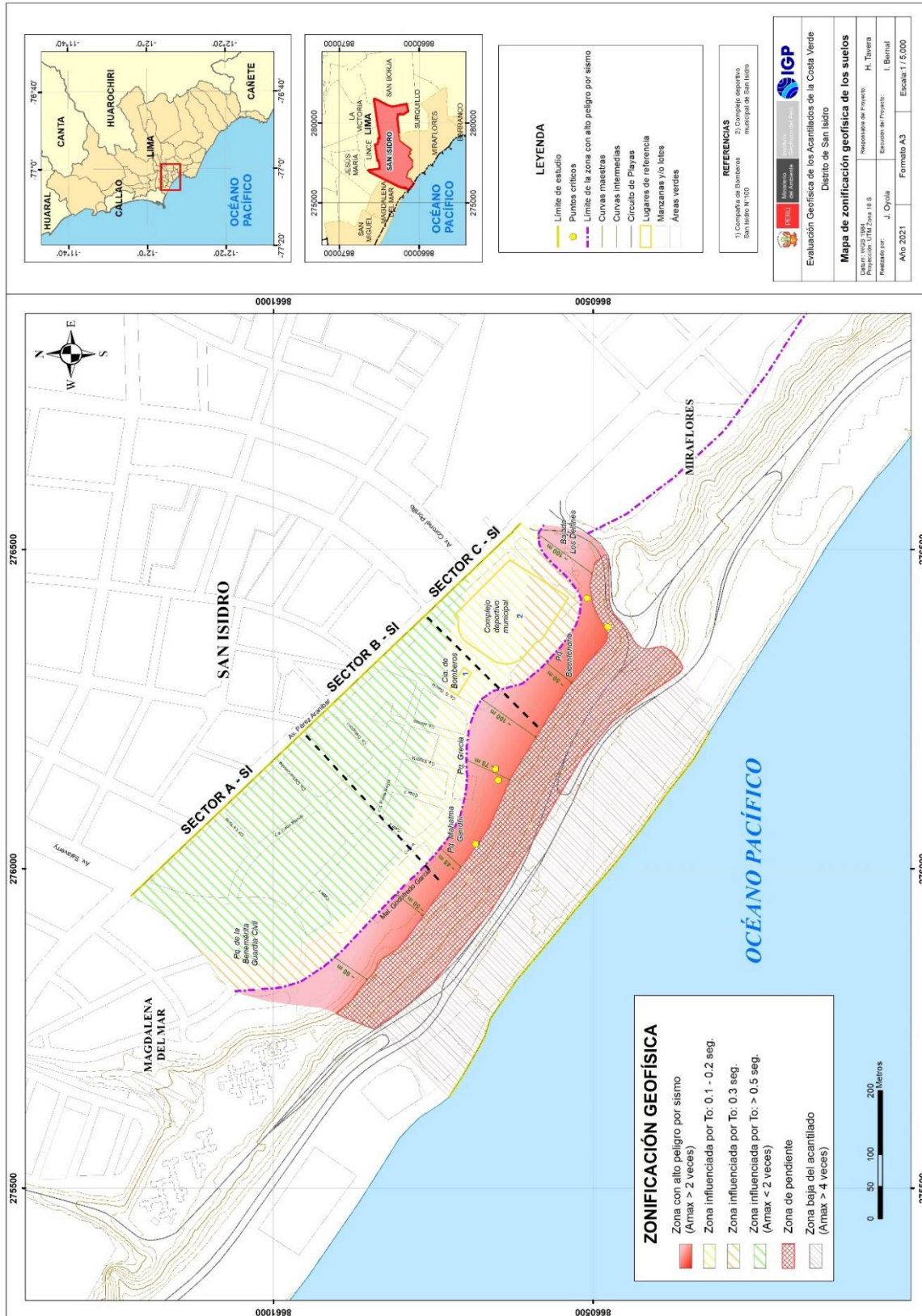
Anexo A. Mapa de Zonificación de San Miguel



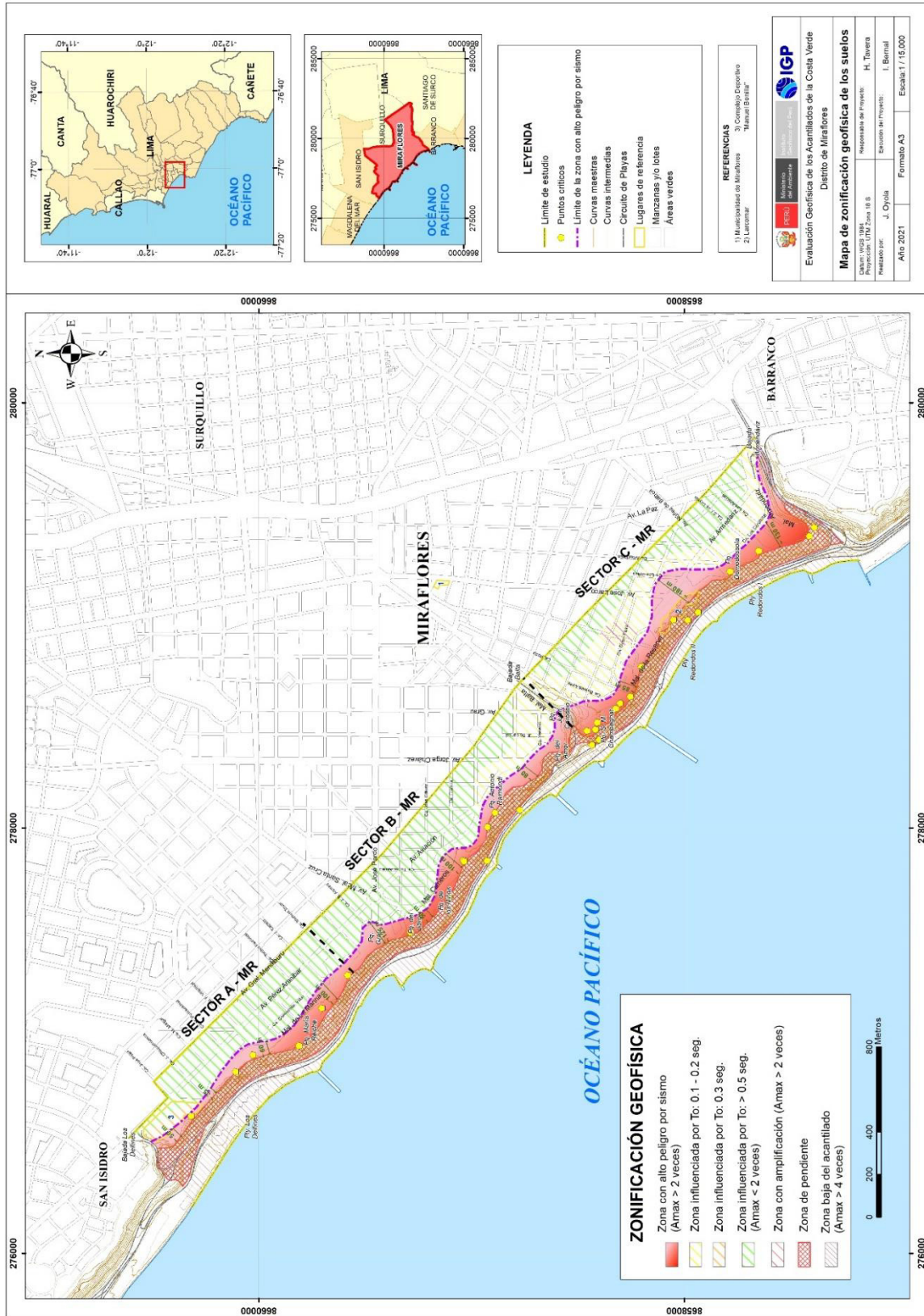
Anexo B. Mapa de Zonificación de Magdalena del Mar



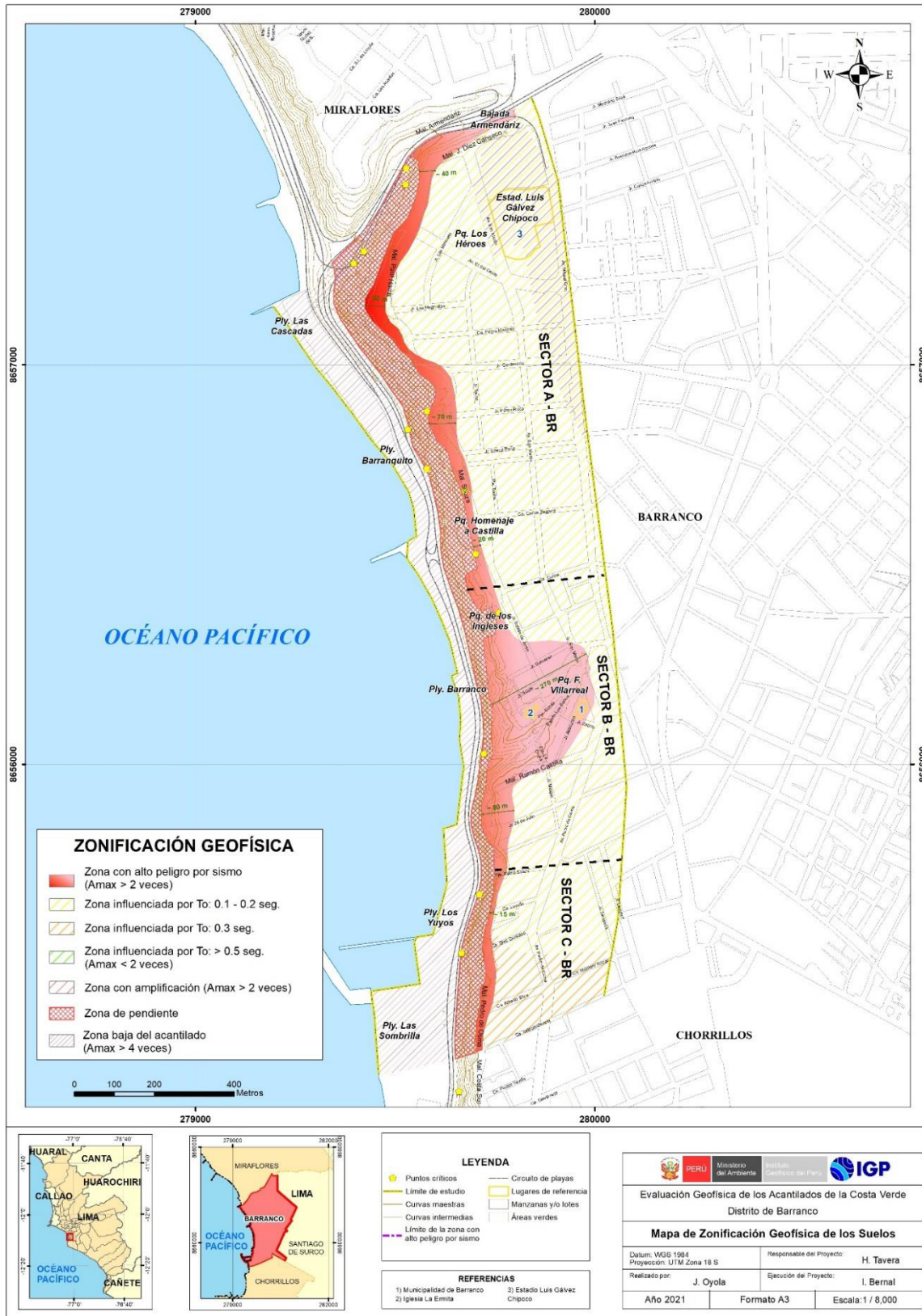
Anexo C. Mapa de Zonificación de San Isidro



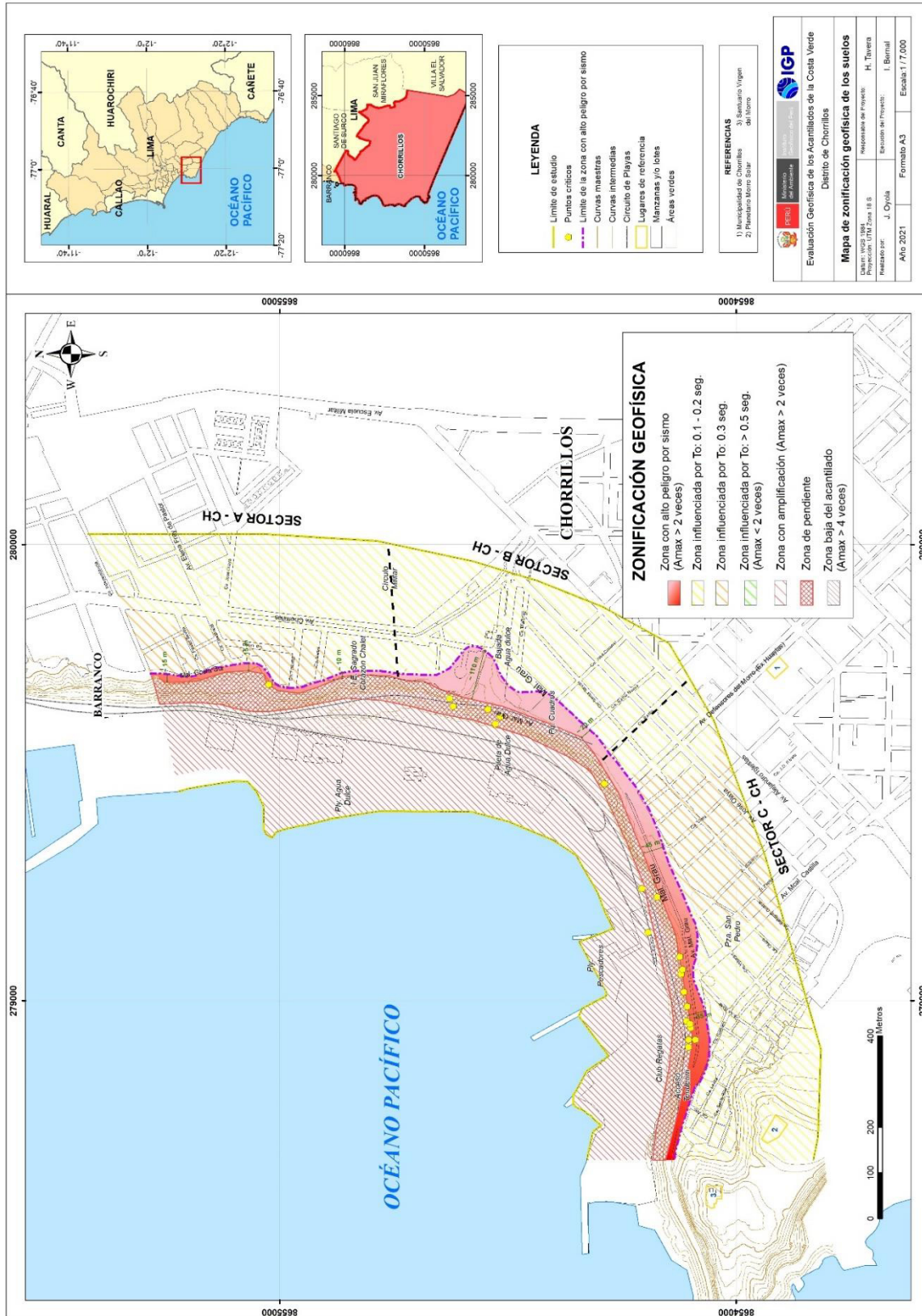
Anexo D. Mapa de Zonificación de Miraflores



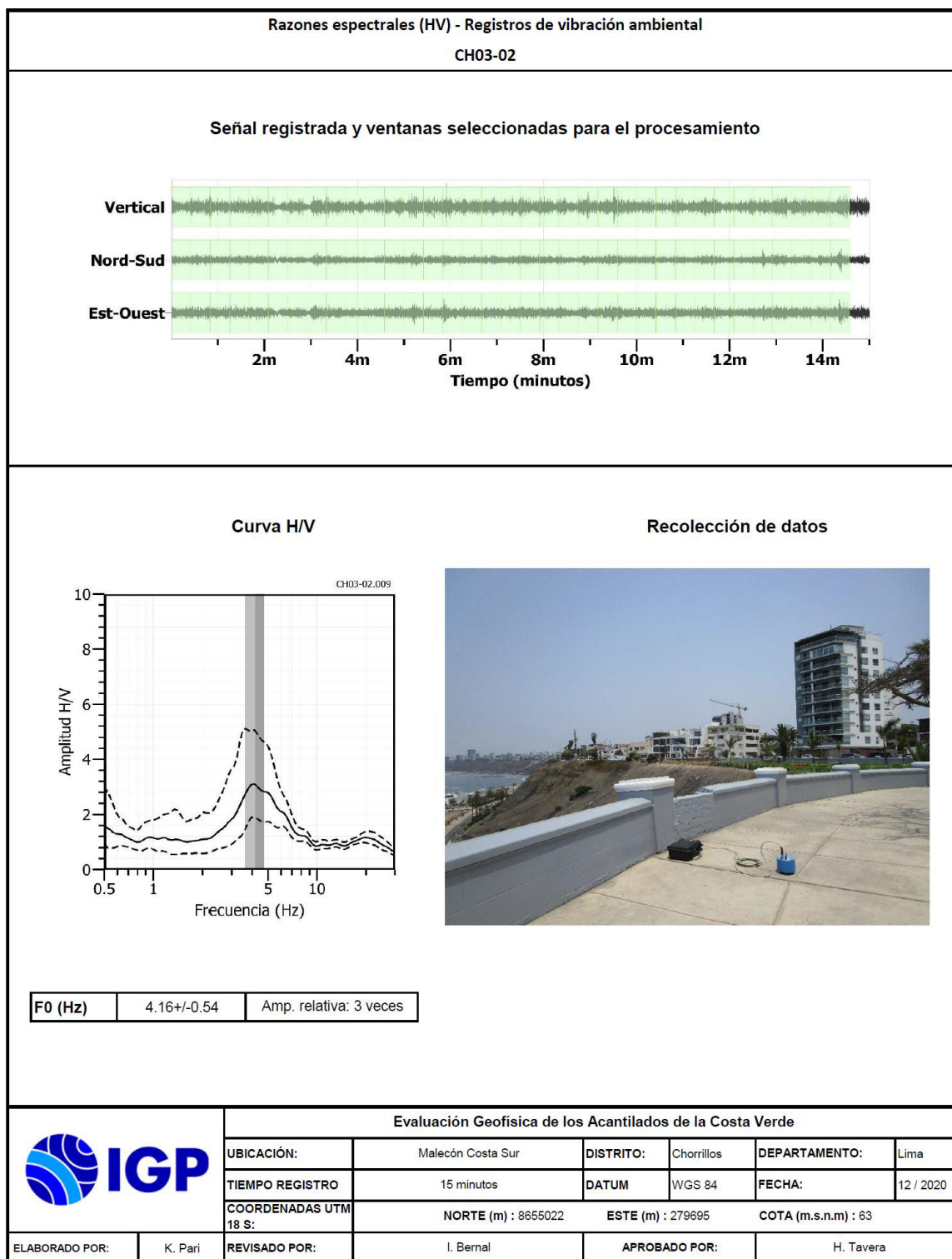
Anexo E. Mapa de Zonificación de Barranco



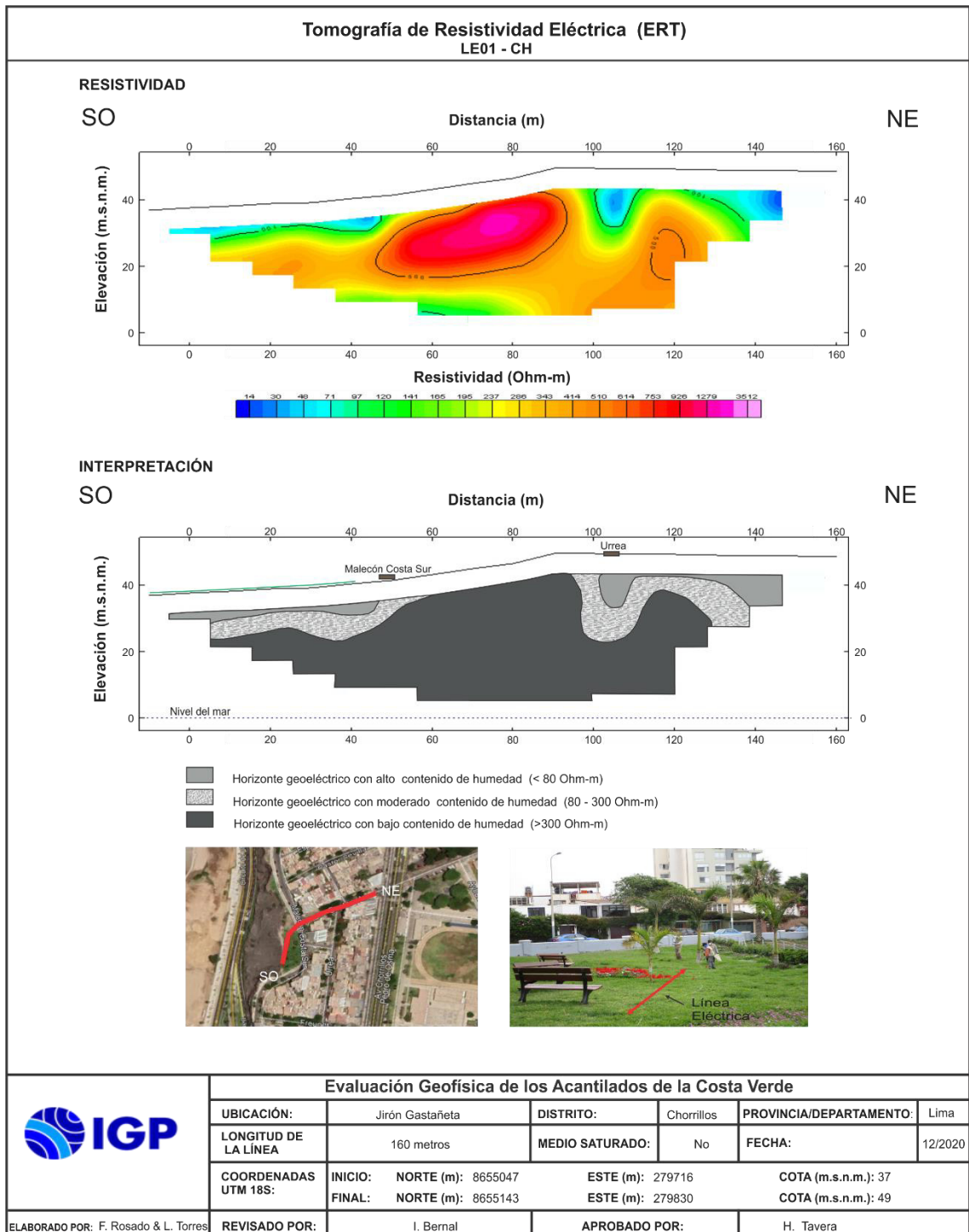
Anexo F. Mapa de Zonificación de Chorrillos



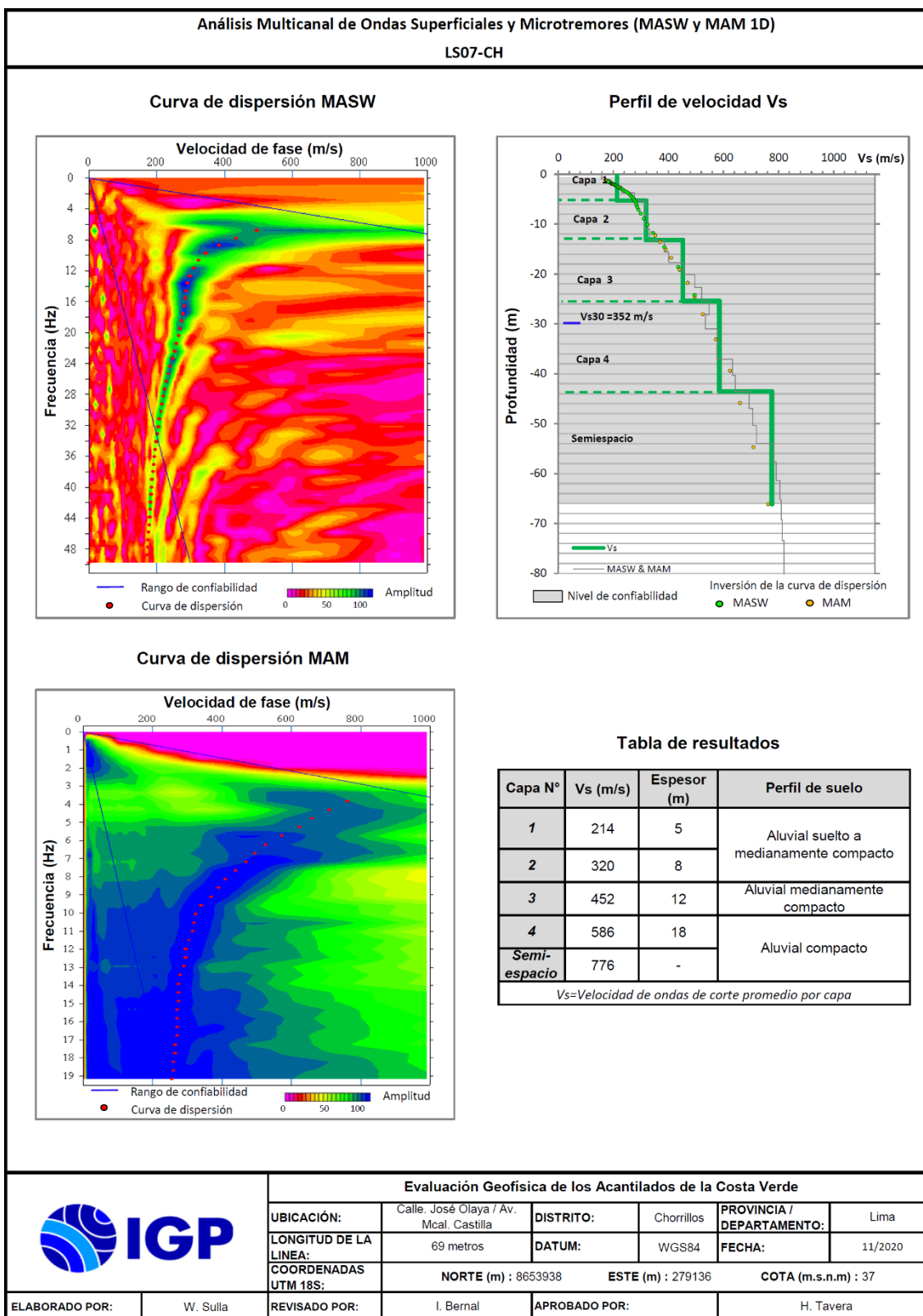
Anexo G. Ficha de Razones espectrales



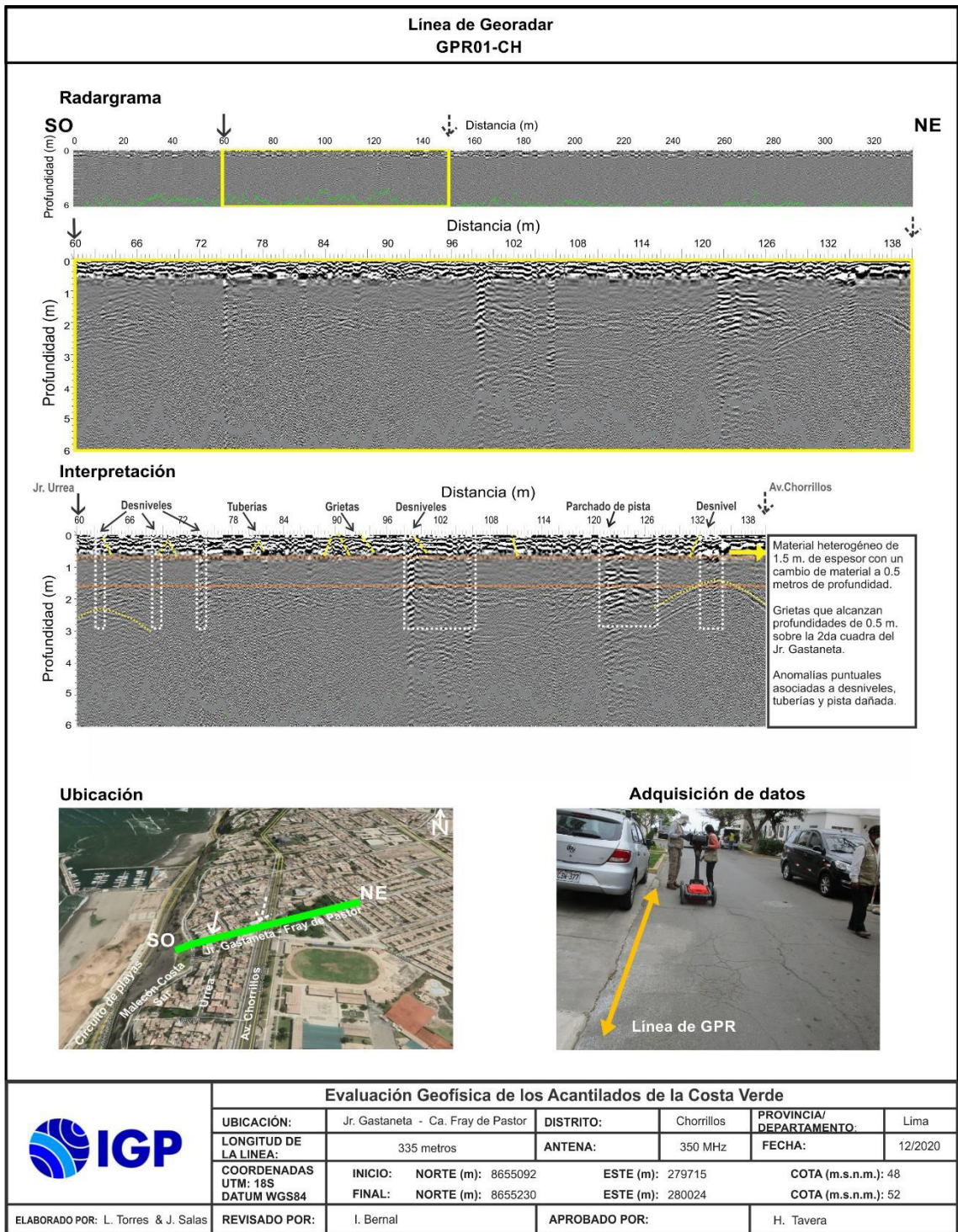
Anexo H. Ficha de Tomografía Eléctrica



Anexo I. Ficha de MASW y MAM



Anexo J. Ficha de Georadar



Anexo K. Ficha técnica City Shark II

Especificaciones técnicas del City Shark II	
Batería interna:	12 V/7 Ah (batería de plomo)
Fuerza:	Versión de un sensor de 1,4 W Versión de seis sensores de 2,4 W
Entrada analógica:	3 a 18 canales (entradas diferenciales)
14 ganancias seleccionables:	1 a 8192 (0 a 78 dB)
Conductor de autobús:	Delta Sigma de 24 bits
18 frecuencias de muestreo seleccionables:	De 10 a 1000 sps
Rango dinámico:	108dB a 100 segundos por segundo 90dB a 250 segundos por segundo
Capacidad de almacenamiento:	2 GB

Especificaciones mecánicas del City Shark II	
Dimensiones:	420 x 335 x 180 mm
Peso:	5 kilogramos
Temperatura de funcionamiento:	-10 °C/+55 °C
Clasificación de protección:	IP65
Conectores:	SOURIAU 851 (Compatibilidad con Lennartz)

Anexo L. Ficha técnica Siscal Pro

Transmisor	
Voltaje:	0-2000 Vpp
Actual:	0-2500 mA
Fuerza:	Convertidor CC/CC interno de 250 W con control automático y 1200 W con CA/CC externa
Batería:	Batería interna o externa 12V
Receptor	
Duración del pulso:	250 ms, 500 ms, 1 s, 2 s, 4 s u 8 s
Canales:	10 entradas diferenciales reales
Impedancia de entrada:	100 MOhms
Voltaje de entrada:	15 V, ganancia automática, protección de entrada 1000 V
Resolución / Precisión:	1 μ V / 0,2 %
GPS:	Entrada GPS para coordenadas y sincronización
Lecturas:	Resistividad, potencial propio, polarización inducida (hasta 20 ventanas), control de calidad y forma de onda completa opcional
Rechazo de ruido:	rechazo de línea eléctrica, corrección de deriva lineal SP.
Almacenamiento:	44800 lecturas, hasta 8 horas de forma de onda completa, almacenadas en memoria de estado sólido
Dimensiones	
(Largo x Ancho x Alto)	Carcasa de fibra de vidrio de 31 x 23 x 31 cm, resistente a la intemperie.
peso:	11 kg con baterías internas RX y TX
Temperatura de funcionamiento:	-20 a +70°C

Anexo M. Ficha técnica GEODE

Especificaciones del Geode:

Configuraciones: 3, 6, 8, 12, 16 o 24 canales en un módulo Geode de campo a prueba de agua. El geode es operado tanto desde una laptop bajo Windows 98/NT4/ME/W2K/XP como por un robusto sismógrafo /computador de campo StrataVisor NZ de Geometrics. El software básico de operación controla un Geode y opcionalmente se puede expandir para controlar múltiples Geodes, hacer estudios marinos, registro continuo, repetidor, perfilamiento marino, VSP, sincronización GPS, monitoreo de voladuras y vibraciones y vigilancia.

Conversión A/D: 24 bits que resultan de utilizar un convertidor sigma-delta de Cristal Semiconductor y sobremuestreo propiedad de Geometrics.

Rango Dinámico: 144 dB (sistema), 110 dB (instantáneo, medico) a 2 ms, 24 dB.

Distorsión: 0.0005% @ 2 ms, 1.75 a 208 Hz.

Ancho de banda: 1.75 Hz a 20 kHz. Opciones de baja frecuencia 0.6Hz y DC disponibles.

Rechazo de modo común: > 100dB a <= 100 Hz, 36 dB.

Crosstalk: -125 dB a 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms.

Piso de Ruido: 0.20 uV, RFI a 2 ms, 36 dB, 1.75 a 208 Hz.

Exactitud del disparo para apilamiento: 1/32 del intervalo de muestreo.

Señal máxima de entrada: 2.8V PP, 0 dB.

Impedancia de entrada: 20 kOhm, 0.02 uF.

Ganancia de Preamplificadores: La Configuración estándar de fábrica es de 24 y 36 db, seleccionable por software. Opcionalmente, se puede puentear para seleccionar por software entre 12 y 24 dB o puede ser puentado en bloques de 4 canales como ganancia fija de 0 dB para dispositivos de alto voltaje.

Filtros Anti-alias Filters: -3 dB a 83% de la frecuencia Nyquist, 90 dB abajo.

Filtros de Adquisición y Pantalla:

Pasa Altas: FUERA, 10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 Hz, 24 o 48 dB/octava, Butterworth.
Notch: 50, 60, 150, 180 Hz y FUERA, con 50dB de rechazo, ancho de banda 2% de la frecuencia central.
Pasa Bajas: FUERA, 32, 64, 125, 250, 500 o 1000 Hz, 24 o 48 dB/octava.

Intervalo de Muestreo: 0.02, 0.03125, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0 ms.

Correlación: Hay disponible opcionalmente hardware Correlador de alta velocidad en cada Geode para un rápido tiempo ciclo con vibradores y fuentes pseudo aleatorias (MimSose). Correlaciona en menos de un segundo un registro de 16K y canales ilimitados.

Longitud del Registro: 16,384 muestras estándar, 65,536 muestras opcional².

Datos en Predisparo: Hasta el registro completo.

Retrazo: 0 a 100 seg en pasos con 1 muestra de intervalo.

Transmisión de Datos: Usa el estándar de transmisión Ethernet sobre cable de cobre CAT 5 o fibra óptica multi modo. Distancia entre cajas: Cable CAT 5 hasta 0.25 km; cable de fibra óptica hasta 1.5 km.

Auto Disparo Inteligente: Temblores, monitoreo de voladuras y vibraciones²

Registro Continuo: Disponible par monitoreo de vibraciones².

Canales Auxiliares: Todos los canales del geode se pueden programar como AUX o DATOS. El Stratavisor NZ cuenta con datos fijos y canales auxiliares.

Roll Along: Interconstruido, no requiere de cajas de rotación externas²

Prueba de Línea: Un monitor de ruido en tiempo real presenta la salida de los geófonos. Opcionalmente hay un pulso de prueba de geófonos que ayuda a identificar geófonos malos, cortos o cables rotos².

Prueba de Instrumento: Opción interna de prueba diaria, semanal o mensual². Hay disponible un sistema de laboratorio de prueba externo con exactitud de especificaciones de fábrica para medir ruido, crosstalk, rango dinámico, similitud de ganancias y exactitud de disparo.

Formato de Datos: SEG-2 estándar. SEG-D y SEG-Y disponibles².

Software del Sistema:

La operación básica del software incluye funciones completas de adquisición desplegado, graficador, filtrado y almacenamiento. Hay otras funciones disponibles como control de múltiples Geodes, añadir ganancias adicionales de preamplificación, expandir la longitud de registro, correlación de alta velocidad, escritura en cinta, pulso de prueba de geófonos, pruebas expandidas y diagnóstico, capacidad de rotación (roll along), estudios marinos, perfilamiento marino, monitoreo de voladuras y vibraciones y vigilancia.

Software Aplicaciones interno:

- SIPQC software para refracción, de Rimrock Geophysics
- SeisImager/2D Lite software para análisis de refracción, de OYO
- WinSeis Lite software para proceso de reflexión, del Kansas GS.

Hay disponibles actualizaciones del SeisImager/2D, por favor contacte a la fábrica con sus requerimientos.

Almacenamiento de Datos: Almacena datos localmente en SEG2 en el medio de la laptop. Hay unidades disponibles para almacenamiento en cinta/disco en SEG2/D/Y².

Graficado: Maneja una variedad de impresores compatibles con WindowsTM incluyendo graficadores Printrex de 4, 8 y 12 pulgadas. Consulte al fabricante.

Disparo: Positivo, negativo o cerrado de contacto, umbral ajustable por software. Se autodisparará en registro continuo usando el algoritmo STA/LTA-like de detección por umbral.

Poder: Requiere batería externa de 12V. Usa 0.65 W/canal durante adquisición, en modo de espera se reduce el poder en un 70% mientras.

Ambiental: -30 a 70 grados C. A prueba d agua y sumergible. Soporta una caída de 1 mt sobre concreto en los 6 lados y las 8 esquinas. Pasa la prueba de vibración MIL810E/F.

Físico: 25.4cm (L) x 30.5cm (A) x 17.75cm (P). (10"L x 12"A x 7"P). Pesa 3.6Kg. (8 lb). Usa conectores herméticos Bendix de 61 pines par la entrada de geófonos..

Operación del Sistema: Windows 98/ME/NT4/W2K/XP.

Garantía: Tres años estándar, hay garantía extendida disponible.

1- **La mayoría de las laptops NO son para trabajo de campo.** Son fáciles de dañar por uso rudo o por exposición a ambientes extremos. Los computadores Stratavisor NZ/Cs de Geometrics se diseñaron para operar en condiciones adversas por periodos largos y deben ser usados con el Geode en estudios en donde la confiabilidad es importante.

2 – Disponible como opción.

Geode_v10_ds-SP.doc 102705

Funciones de Prueba Opcionales Internas

Digital:

- CPU, diagnóstico
- Prueba interna de red
- Funciones digitales
- Aviso de Batería

Instrumento:

- Ruido
- DC Offset
- Exactitud de ganancias
- Similitud de Ganancias y Fase
- Distorsión
- Crossfeed
- Ancho de banda
- Exactitud de Tiempo

Línea:

- Ruido
- Similitud de geófonos
- Geófonos desconectados

Anexo N. Ficha técnica Georadar GSSI (350 hz)

Frecuencia	350MHz
Tasa de muestreo	Hasta 500.000.000 muestras / seg
Velocidad de escaneo	250 escaneos / seg
Método de reducción de ruido de RF	Tramado de señal de transmisión patentado
Rango típico	12 pies / 6m (depende del medio)
Rango máximo	35 pies / 10 m (depende del medio)
Medición horizontal (Precisión)	0,8 cm (0,3) pulgadas
Medición vertical típica (Precisión)	4,0 mm (0,16 pulgadas)
Interfaz de comunicación	Wi-Fi o Ethernet
GPS	Interno (Tableta) y Externo (Bluetooth)
GPR – Baterías / Duración de batería	Iones de litio / 6 horas
Consumo de energía	13,8 vatios
Temperatura de funcionamiento	-20°C a 40°C (-4°F a 104° F)
Temperatura de almacenamiento	-40°C a 60°C (-40°F a 140°F)
Peso con tableta y batería	37 libras (16,8 kg)
Dimensiones (plegado)	22 x 19,25 x 12,5 pulgadas (56 x 49 x 32 cm)
Índice de Protección	IP65
Formatos de datos	RADAN (.dzt)
Velocidad de recopilación de datos	Hasta 3,5 mph (5,6 km/h)