



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



**ESTUDIO GEOFÍSICO – GEOTÉCNICO DE LOS SUELOS EN CENTROS
POBLADOS DE LA REGIÓN PIURA Y SU APORTE A LA GRD
C.P. VIVIATE**

Informe Técnico N°003-2024/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima – Perú
Enero, 2024

Instituto Geofísico del Perú

Presidente Ejecutivo: Hernando Tavera

Director Científico: Edmundo Norabuena

Director Ciencias de la Tierra Sólida: Juan Carlos Gómez

Informe Técnico

Estudio geofísico – geotécnico de los suelos en centros poblados de la Región Piura y su aporte a la gestión del riesgo de desastres – C.P. Viviate.

Autores

Isabel Bernal, Kelly Pari, Hernando Tavera, Juan Carlos Gómez

Participantes:

Evaluación Geofísica: Kelly Pari / Isabel Bernal / Fabiola Rosado / Wilfredo Sulla / Liliانا Torres / Luz Arredondo/ Jorge Salas.

Cartografía: Javier Oyola.

Evaluación Geodinámica-Geotécnica: Roberth Carrillo/ Segundo Ortiz/ Juan Carlos Gómez/ Juan Carlos Villegas /Keiko Moroccoire / Oscar Balladares.

Apoyo técnico: Jesús Huarachi.

Apoyo logístico: Robert Yupanqui / Augusto Cárdenas.

Apoyo administrativo: Marisol Enríquez / Susana Huaccachi

Este informe ha sido producido por el Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz 169 Mayorazgo
Teléfono: 51-1-3172300

**ESTUDIO GEOFÍSICO – GEOTÉCNICO DE LOS SUELOS EN CENTROS
POBLADOS DE LA REGIÓN PIURA Y SU APORTE A LA GESTIÓN DEL RIESGO
DE DESASTRES**

– CENTRO POBLADO VIVIAE –

Lima – Perú
Enero - 2024

CONTENIDO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

- 1.1. Objetivos
- 1.2. Área de estudio
- 1.3. Marco teórico

2. GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y GEOTÉCNIA

- 2.1. Geología local
- 2.2. Geomorfología
 - 2.2.1. Levantamiento topográfico
 - 2.2.2. Unidades geomorfológicas
- 2.3. Geodinámica
- 2.4. Geotecnia

3. EVALUACIÓN GEOFÍSICA

- 3.1. Metodología
 - 3.1.1. Razones espectrales (H/V)
 - 3.1.2. Análisis de ondas superficiales y microtremores
 - 3.1.3. Tomografía eléctrica
- 3.2. Adquisición de datos
- 3.3. Resultados
 - 3.3.1. Frecuencias predominantes
 - 3.3.2. Perfiles sísmicos
 - 3.3.3. Secciones geoeléctricas

3.4. INTEGRACIÓN DE RESULTADOS

4. ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS

CONCLUSIONES

REFERENCIAS

ANEXOS

ANEXO 1: Información topográfica

Ortomosaico

Curvas de nivel

ANEXO 2: Información geofísica

Perfiles sísmicos

Secciones geoeléctricas

RESUMEN

En este estudio se analiza y evalúa las características físicas y dinámicas de los suelos del Centro Poblado Viviate – Región Piura con la aplicación de técnicas geofísicas y geotécnicas. Los resultados obtenidos evidencian la presencia de suelos blandos a medianamente rígidos (suelos aluviales con velocidades V_{s30} : 224-293 m/s) formando capas de 44 metros en dirección oeste y norte (sectores San José y La Cruz) y de 35 metros en dirección sur y sureste (sector Monteverde y el centro de Viviate); ambos con alto contenido de humedad. Los suelos responden principalmente a periodos largos de vibración (>0.5 segundos) y a profundidades de 1.0 a 1.5 metros presentan capacidad de carga admisible Muy Baja (<1.0 Kg/cm²). De acuerdo con estas características, en el C.P. Viviate predominan Suelos Tipo S3 y S4 correspondiente a suelos intermedios y blandos (Norma E.030– adaptada para el área de estudio). A la ocurrencia de un sismo de moderada a mayor magnitud, estos suelos pueden experimentar niveles altos de sacudimiento debido a la presencia de suelos blandos y altos niveles de humedad a nivel superficial.

1. INTRODUCCIÓN

Por su ubicación geográfica, el Perú es un país altamente sísmico debido a que en su borde occidental se desarrolla el proceso de convergencia entre las placas de Nazca y Sudamericana a velocidades del orden de 6-8 cm/año (Norabuena et al, 1999; Villegas et al, 2016). En este contexto, la región norte ha sido afectada por eventos sísmicos de variada magnitud que han generado altos niveles de sacudimiento del suelo, puesta en evidencia con los daños observados post-sismo (Silgado, 1978; Tavera et al. 2016). Al ser los sismos cíclicos, es de esperarse que, en el futuro, las mismas ciudades y/o áreas urbanas sean afectadas por nuevos eventos sísmicos con la misma o mayor intensidad, tal como ocurrió en la provincia de Sullana el 30 de julio del 2021 con un sismo de magnitud $M_{6.1}$ que sacudió los suelos en un radio de 250 km tomando como referencia el epicentro del sismo.

Después de ocurrido el sismo de Sullana, la evaluación de los daños fue mayor en las ciudades y localidades de Piura, Sullana, Paita, Chulucanas y Colán, debido principalmente a la presencia de suelos blandos y/o con efectos de sitio, llegando a corroborar que las características físicas del subsuelo influyen directamente en el comportamiento dinámico del suelo sobre el cual se levantan las ciudades y/o futuras áreas de expansión. En este sentido, resulta de vital importancia conocer la composición geológica de los suelos y su comportamiento dinámico a la ocurrencia de sismos y ello, es posible con la aplicación de métodos geofísicos. Estos métodos permiten conocer, por ejemplo, el contenido de humedad, espesores y velocidades de las ondas de corte (V_s) en las capas que conforman su subsuelo y a su vez, los resultados obtenidos pueden ser correlacionados con los aspectos geo-ambientales de la zona de estudio. El suelo

acondiciona el diseño y la construcción de viviendas y estructuras apropiadas para cada tipo de suelo.

En este contexto, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) y la Región Piura, mediante la firma de un convenio acuerdan realizar el estudio Geofísico-Geotécnico de los suelos en el Centro Poblado Viviate (provincia de Paita, región Piura) y cuyos resultados contribuirán a la Gestión del Riesgo de Desastres ante la ocurrencia de sismos de gran magnitud y sus efectos asociados.

1.1. Objetivo

El presente estudio tiene como objetivo generar el Mapa de Zonificación Geofísica – Geotécnica para el C.P. Viviate, ubicado en el distrito de La Huaca, provincia de Paita en la región Piura. Mediante el uso de diferentes métodos geofísicos, geológicos y geotécnicos se recolectará información para que en conjunto, se determine los diferentes parámetros físicos del suelo (velocidades, espesores, resistividad, periodos de respuesta, amplificaciones, capacidad portante y otros) con el fin de conocer su comportamiento dinámico a la ocurrencia de sismos. Los resultados a obtenerse en este estudio deben ser considerados por las autoridades locales como insumo para la gestión de desastres, a fin de realizar una adecuada planificación territorial y expansión urbana.

1.2. Área de estudio

El C.P. Viviate se ubica en el distrito de La Huaca, provincia de Paita, región Piura (Figura 1), siendo sus coordenadas latitud 4.92°S y longitud 80.92°O, a una altura de 37 m.s.n.m. Asimismo, tiene una población de 4666 habitantes (INEI, 2017) y su superficie se caracteriza

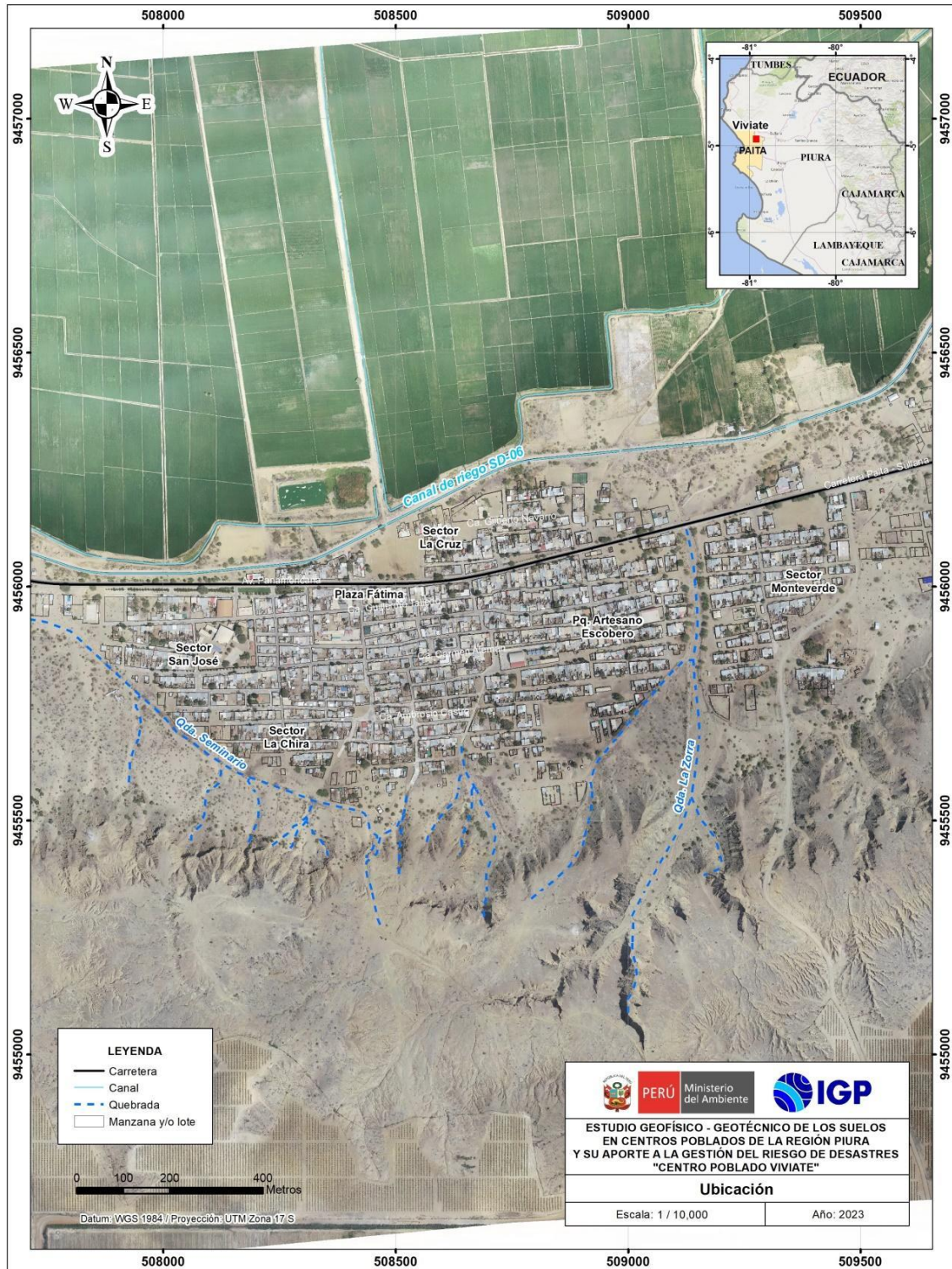


Figura 1. Ubicación geográfica del Centro Poblado Viviate.

por presentar un relieve llano con zonas elevadas y desniveles pronunciados, el canal de riego SD-06 y el cauce del río Chira se

encuentra a una distancia de 100 m y 2.91 km del Centro Poblado Viviate. Los fenómenos naturales que afectan directamente a esta población son los sismos y las intensas precipitaciones que pueden generar altos niveles de sacudimiento del suelo e inundaciones, que causarían daños a la población.

1.3. Marco teórico

- **Zonificación, Norma Técnica E.030**

En el Perú, la construcción de obras civiles de cualquier envergadura debe considerar lo establecido por la Norma Técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones, modificada según Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda y actualizada según Resolución Ministerial N° 355-2018-Vivienda. Básicamente, esta norma considera los perfiles de suelos en función de sus propiedades físicas, tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte, o alternativamente estudios de mecánica de suelos (EMS). A continuación, se describen los parámetros empleados para clasificar los perfiles de suelos en la Tabla 1.

La velocidad de propagación de ondas de corte para los primeros 30 metros (V_{s30}) se determina con la siguiente fórmula:









$$V_{s30} = \frac{\sum_{i=1}^n di}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{di}{V_{si}} \right)}$$

Dónde:

di = espesor de cada uno de los estratos n .

V_{si} = velocidad de ondas de corte (m/s).

Tabla 1. Clasificación de los perfiles de suelos considerando lo establecido en la Norma Técnica E.030 (2018) y su adaptación al área de estudio.

NORMA E.030 (2018)			ADAPTACIÓN DE LA NORMA E.030 AL ÁREA DE ESTUDIO					
Perfil	Velocidad - Vs30 -	Tipos de suelos	Perfil	Velocidad- Vs30 -	Periodos To (s)	Tipos de suelos	Zonas	
S0	>1500 m/s	Roca dura	S0	>1500 m/s	-	Roca dura	---	
S1	500 a 1500 m/s	Suelos muy rígidos	S1	500 a 1500 m/s	0.1-0.2	Suelos muy rígidos	Zona I	
S2	180 a 500 m/s	Suelos intermedios	S2	350 a 500 m/s	0.2-0.4	Suelos rígidos	Zona II	
			S3	180 a 350 m/s	0.5-0.7	Suelos intermedios - (medianament e rígidos)	Zona III	
S3	<180	Suelos blandos	S4	<180 m/s	>0.7	Suelos blandos	Zona IV	
S4	Condición basada en EMS	Condiciones Excepcionales	S5	Condición basada en EMS		Suelos inestables por su composición	Zona V	
						Suelos inestables por topografía		
Zonas con factor de amplificación relativa ≥ 2.5 veces								

Para este estudio, la Zonificación Geofísica - Geotécnica de las ciudades se realiza en función de las características mecánicas, físicas y dinámicas de los suelos que conforman el terreno de cimentación del área de estudio y de las consideraciones dadas por la Norma E.030. De acuerdo con los estudios realizados por el Instituto Geofísico del Perú (IGP), el rango de velocidad de los perfiles de suelo S1 y S2 se subdividen, a fin de analizar con mayor detalle las velocidades de ondas de corte que caracterizan a los suelos identificados en la zona de estudio, en ese sentido se establece la existencia de 5 zonas cuyas características se muestran en la Tabla 1.

- **Antecedentes:**

La información más relevante para conocer los fenómenos naturales de mayor recurrencia y sus efectos asociados en la región Piura y centro poblado Viviate, fue consultada de las siguientes fuentes:

Alfaro et al. (2014): Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Estimación de umbrales de precipitaciones extremas para la emisión de avisos meteorológicos. El estudio detalla el cálculo de umbrales de precipitación usando datos de la red de estaciones meteorológicas del SENAMHI para el periodo 1964 – 2014 y de la estación meteorológica La Esperanza que se ubica a 15.20 km al sureste del área de estudio. De acuerdo con los datos meteorológicos de dicha estación, las precipitaciones en el área de estudio se presentan entre el periodo diciembre – abril, siendo el registro histórico máximo de precipitaciones el día 24 de mayo de 1983 con valores de 134.80 mm/día.

Laboratorio de mecánica de suelos del Gobierno Regional de Piura (2022): El estudio de mecánica de suelos se realizó con fines de cimentación para el proyecto: "Elaboración de los estudios de evaluación de riesgo de desastres - EVAR para la formulación del plan regional integral de reconstrucción ante el sismo de 30 de julio del 2021".

Según el estudio, se han realizado seis (6) calicatas en el área urbana del centro poblado Viviate con profundidades máximas de 3.0 m; posteriormente se realizaron ensayos de mecánica de suelos (contenido de humedad del suelo, análisis granulométrico, límites líquido y plástico, proctor modificado, corte directo y sales solubles totales) y cuyos resultados han permitido identificar, según la

clasificación SUCS, que en el centro poblado Viviate, los suelos están compuestos por arena mal gradada con limo y arcilla de mediana plasticidad. Asimismo, los parámetros geotécnicos obtenidos mediante el ensayo de corte directo indican que, el ángulo de fricción de los suelos presenta valores entre 16° y 21° , y no presentan cohesión. Según el estudio geotécnico, la capacidad portante en Viviate presenta capacidad de carga admisible muy baja ($< 1.0 \text{ kg/cm}^2$).

2. GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA Y GEOTÉCNIA

2.1. Geología local

El análisis de la geología regional ha sido desarrollado en base a información consolidada por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET, 1999) a escala 100,000 (Cuadrángulo Geológico de Sullana – hoja 10-b); mientras que, para la geología local se ha hecho uso de información recolectada directamente en campo para el presente estudio. De acuerdo con estos resultados, se ha logrado identificar las siguientes unidades geológicas:

Depósitos coluviales (Q-co): Consiste en materiales recientes que han sido meteorizados y depositados sobre laderas, formando abanicos, están conformados por clastos de roca, arena, limos y arcillas. Esta unidad se sitúa en el extremo suroeste, sur y sureste del centro poblado Viviate (Figura 2).

Depósitos eólicos (Q-e): Están conformados por arenas de grano medio a fino, color gris a beige que han sido transportados por la acción de los vientos. Se ha identificado formando mantos en las laderas de las lomas, montañas y en la llanura costanera (Figura 3).

Depósitos aluviales 2 (Q-al 2): Unidad geológica que se encuentra conformada por materiales heterogéneos como gravas, arenas y limos que fueron transportados por flujos de agua a través de quebradas y torrenteras hasta ser depositados en zonas de baja pendiente. Sobre esta unidad se practica la actividad agrícola del centro poblado Viviate (Figura 4).

Depósitos aluviales 1 (Q-al 1): Consiste en materiales heterogéneos de origen aluvial antiguo (Pleistoceno). Sobre esta

unidad geológica se asienta el área urbana del centro poblado Viviate (Figura 5).

Formación Chira (Te-ch): Constituidas por conglomerados con areniscas arcósicas de grano fino y color amarillo, son poco compactas y deleznales; debido a ello son susceptibles a la erosión. Esta unidad fue identificada en el extremo suroeste, sur y sureste del centro poblado Viviate, limitado por los depósitos eólicos (Figura 6).

Las unidades geológicas antes descritas han sido cartografiadas en campo y representadas en el mapa geológico de la Figura 7.



Figura 2. Depósitos coluviales situados en el extremo suroeste, sur y sureste del centro poblado Viviate. Los materiales son transportados por medio de quebradas intermitentes.



Figura 3. Depósitos eólicos que forman mantos de arena cubriendo las laderas de montañas, lomas y llanura costanera.



Figura 4. Límite entre los depósitos aluviales 2 y 1 (los más antiguos), situados en el centro poblado Viviate.



Figura 5. Sobre estos depósitos aluviales antiguos (Pleistoceno) se encuentra asentado el centro poblado Viviate.



Figura 6. Conglomerados de la Fm. Chira ubicados en el extremo suroeste, sur y sureste del centro poblado Viviate.

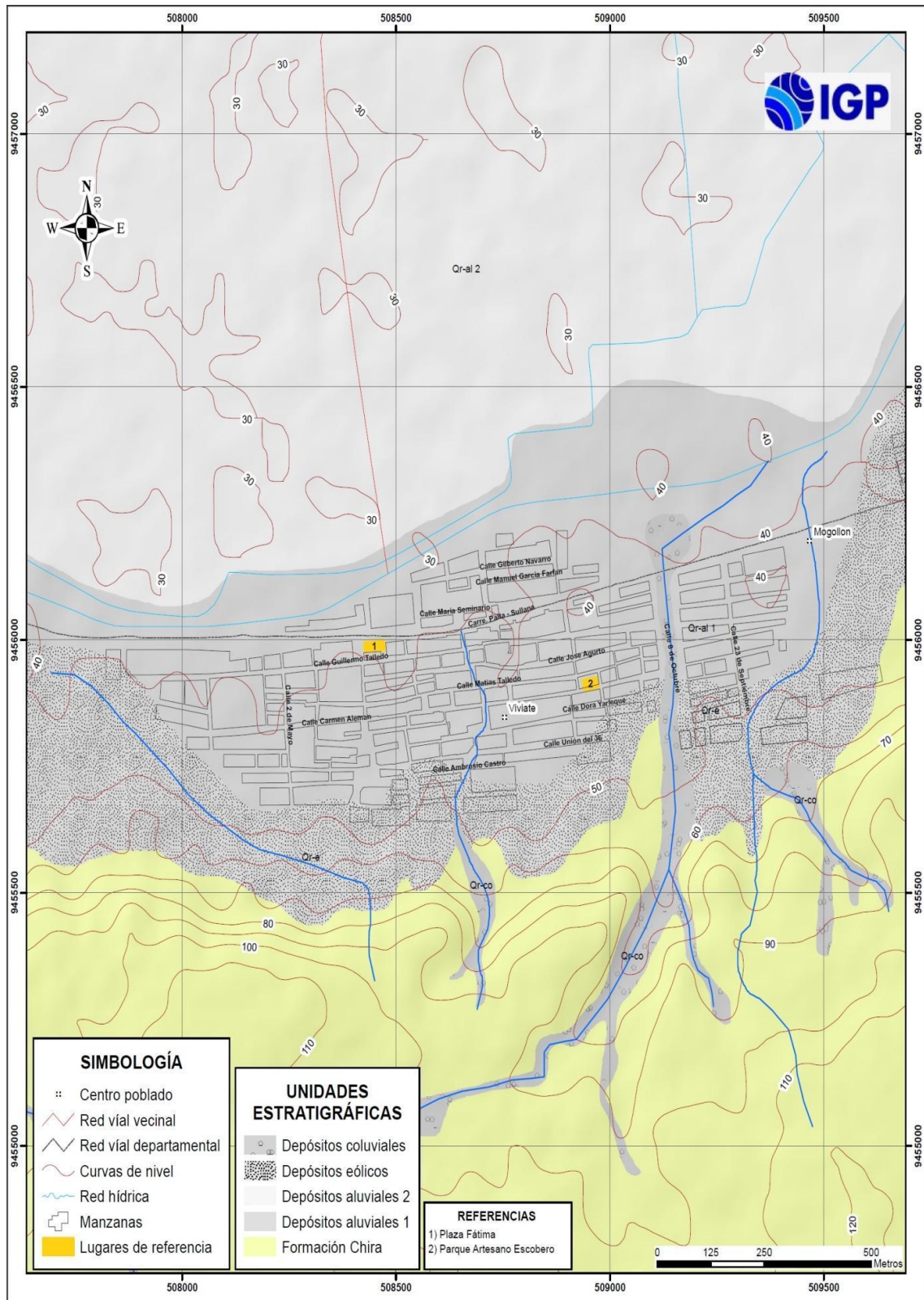


Figura 7. Mapa geológico del área urbana de centro poblado Viviate.

2.2. GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología estudia las diferentes formas del relieve de la superficie terrestre (geoformas) y los procesos que las generan. A continuación, se presenta el levantamiento topográfico del área de estudio identificando las elevaciones y pendiente del terreno y se describe las unidades geomorfológicas identificadas en el área urbana del C.P. Viviate en base a sus características físicas y los procesos que las han originado.

2.2.1.- Levantamiento topográfico

Se realizó el levantamiento topográfico en alta resolución en el centro poblado Viviate, mediante fotogrametría aérea con un dron modelo Phantom 4 Pro V2.0 y mediciones GNSS (sistema global de navegación por satélites), lo cual ha permitido generar lo siguiente:

-Modelo digital de superficie (MDS y de terreno (MDT): Ambos con una resolución espacial de 17 cm/pixel, las tonalidades de marrón oscura a verde claro indican las zonas de mayor a menor elevación, ambos modelos indican que el área de mayor elevación (70 a 108 m. s.n.m.) se encuentra en la zona sur del casco urbano de Viviate y zonas elevadas correspondientes al lugar en donde se realiza la extracción de material para construcción (cantera) y fundos de propiedad privada, mientras que la zona de menor elevación (14 a 18 m.s.n.m) se distribuye al centro y norte abarcando áreas de cultivo y del área urbana (Figura 8).

-Ortomosaico: Se ha generado a partir de la unión de 1,399 mosaicos que han sido corregidos por distorsiones ocasionados por el relieve y los objetos presentes en el C.P. Viviate. La imagen abarca un área de

1,020 has en total, comprendiendo el casco urbano, áreas de cultivo hasta 300 metros de distancia del centro urbano. A partir del ortomosaico es posible extraer información del área que ocupan los diversos objetos que se observan, por ejemplo, las áreas de cultivo identificadas abarcan un área aproximada de 245 has, el casco urbano 105 has y la zona de la cantera 51 ha, estas zonas representan el 24%, 13% y 5% del área total respectivamente.

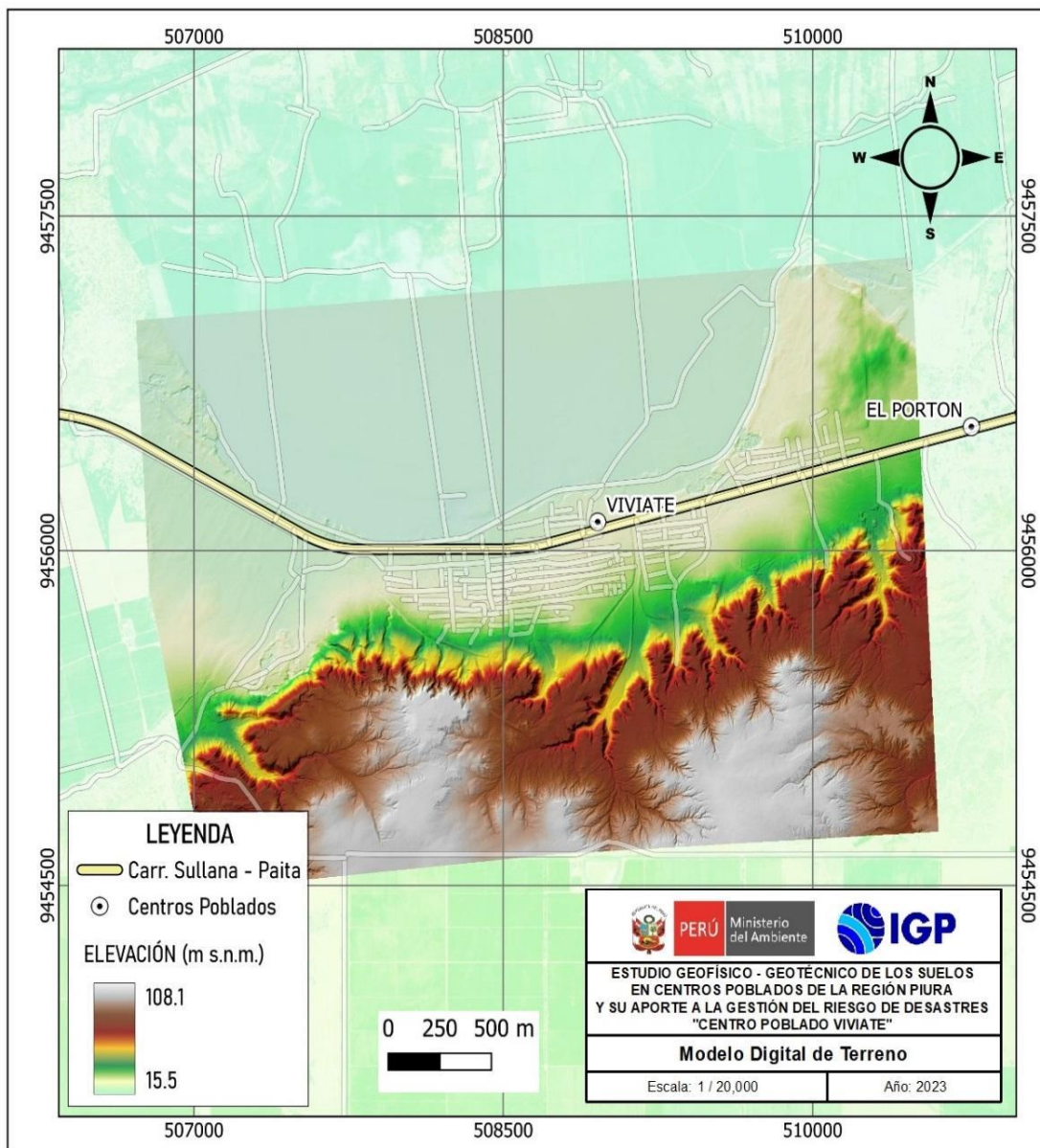


Figura 8. Modelo digital de terreno del C.P. Viviate.

-Mapa de curvas de nivel: A partir del Modelo Digital del Terreno, se ha generado un mapa de curvas de nivel para el centro poblado Viviate con un intervalo de 5 metros a escala 1: 25000. Los resultados muestran que, el área presenta zonas con un relieve llano y otra zona con desnivel presentando un cambio de elevación de 80 metros en un perfil de 1.2 km en dirección norte-sur desde el centro poblado; así también, se observa un cambio de elevación de 12 metros en un perfil de 2 km a lo largo del casco urbano en dirección oeste-este.

En el Anexo 1, se presenta el mapa de ortomosaico y de curvas de nivel con intervalos de 5 metros, para el C.P. Viviate.

2.2.2. Unidades geomorfológicas

Las principales unidades geomorfológicas identificadas en el centro poblado Viviate en base a sus características físicas y los procesos que las han originado son las siguientes:

Terraza aluvial 1: Las terrazas aluviales son plataformas, más o menos extensas y continuas que tiene un desnivel de entre 2 a 5 metros con respecto a la llanura de inundación. Esta unidad geomorfológica es de origen depositacional, presenta una pendiente $< 10^\circ$, así como una geometría irregular y drenaje variable. Sobre esta geoforma se practica la actividad agrícola de la zona, (Figura 9).

Terraza aluvial 2: Consiste en una superficie llana o planicie antigua de origen aluvial, más o menos extenso y continua, con ligeras ondulaciones y depresiones que tiene un desnivel de entre 2 a 5

metros con relación a la terraza aluvial 1. Sobre esta unidad se asienta el área urbana del centro poblado Viviate (Figura 10).

Ladera: Unidad geomorfológica constituida por superficies elevadas que conforman terrenos inclinados de montañas, lomas, etc., presentan pendientes superiores a los 20° de inclinación. Está unidad se sitúa a 300 metros. al sur de la plaza Fátima (Figura 11).



Figura 9. Vista de las terrazas aluviales 1 y 2, la segunda es más antigua y sobre esta geoforma se asienta al área urbana del centro poblado Viviate.

Llanura costera: Se define como una superficie llana o ligeramente ondulada con pendientes menores a 15° de inclinación y que presenta un desnivel topográfico de entre 10 a 15 metros respecto a la zona urbana. Se encuentra conformada por materiales heterogéneos de origen aluvial, desde esta geoforma las aguas de escorrentía pluvial discurren hacia la zona urbana del centro poblado Viviate (Figura 12).



Figura 10. Sobre esta terraza aluvial 2 se asienta el área urbana del centro poblado Viviate, presenta ligeras ondulaciones y depresiones.



Figura 11. Laderas con pendientes superiores a los 20° de inclinación, situados a 300 metros, al sur de la plaza Fátima.

Abanico aluvial: Constituye una superficie inclinada que tiene forma de abanico que resulta de la depositación de materiales que han sido erosionados desde las cabeceras de las subcuencas y transportados pendiente abajo por flujos aluviónicos antiguos a lo

largo de las quebradas. Esta unidad geomorfológica ha sido identificada en la parte baja de la llanura costanera con un desnivel topográfico de 4 metros respecto a la zona urbana del poblado de Viviate, (Figura 13).



Figura 12. Llanura costera, situada a 750 metros al sur de la plaza Fátima del centro poblado Viviate.



Figura 13. Abanicos aluviales (polígonos amarillos) formados en la parte baja de las quebradas, son de corta longitud y se encuentran ubicados en el centro poblado Viviate

Finalmente, en la Figura 14 se presenta el mapa de geomorfología del área urbana del C.P. Viviate, elaborado con la información recolectada en campo.

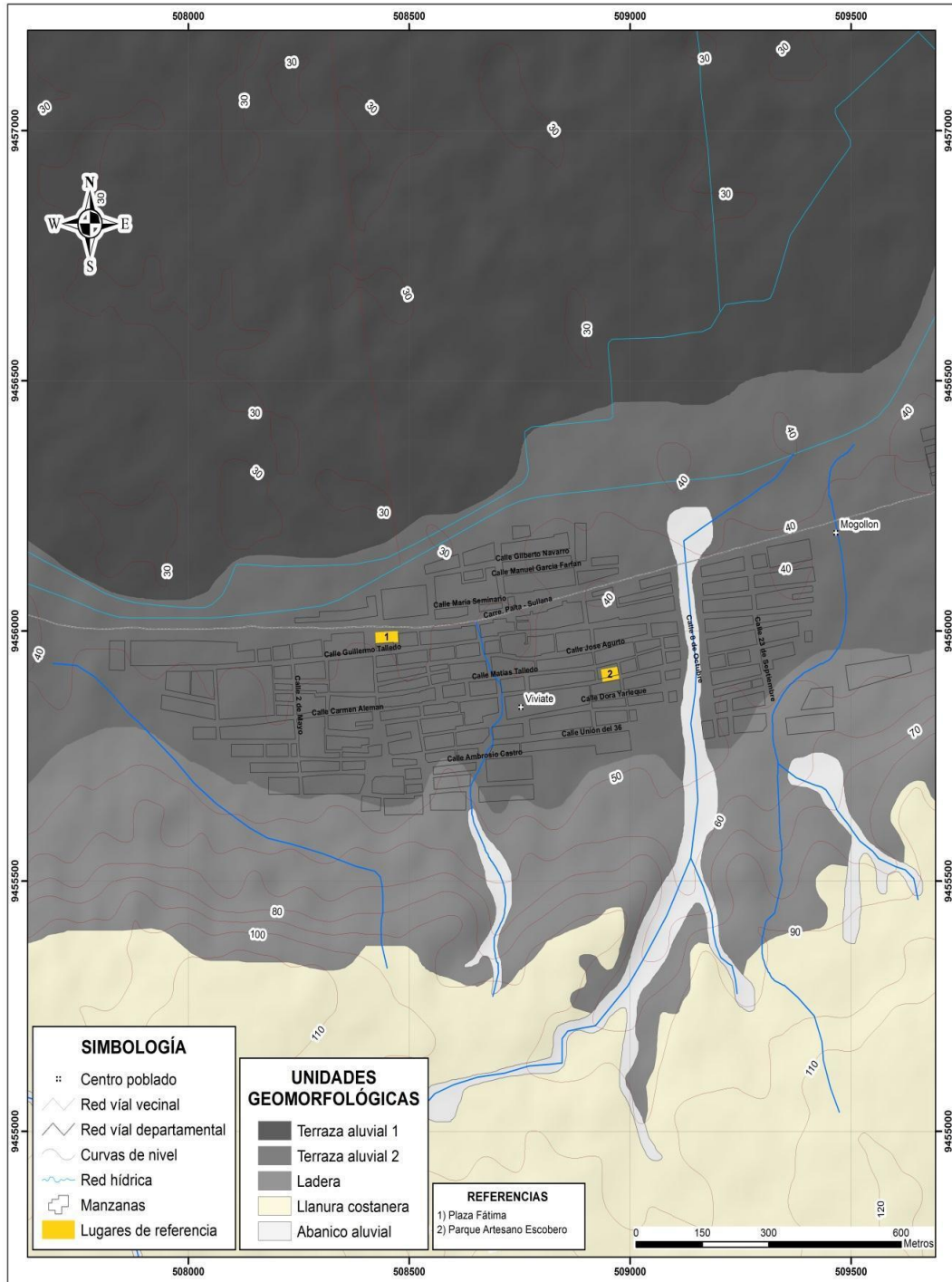


Figura 14. Mapa geomorfológico del área urbana del C.P. Viviate, donde la población se asienta principalmente sobre una terraza aluvial antigua.

2.3. GEODINÁMICA

La Geodinámica estudia los fenómenos geológicos que provocan modificaciones en la superficie terrestre producto de la interacción de procesos geológicos (internos y externos) que originan cambios físicos, químicos y/o morfológicos que alteran y modifican el relieve actual. Durante los trabajos de campo, en el área urbana del centro poblado Viviate, se identificaron los siguientes eventos geodinámicos:

Inundaciones pluviales: Evento geodinámico que resulta de la acumulación de las aguas provenientes de las precipitaciones pluviales en las partes bajas o de menor pendiente (depresiones). En general, se presentan cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer horas o días.

Las zonas fueron identificadas y delimitadas con ayuda de la coordinadora de Defensa Civil y pobladores, se sitúan en las inmediaciones del sector Mogollón y calle 23 de septiembre, donde las aguas discurren hasta atravesar a la carretera Piura – Sullana y desembocar en el canal de regadío de la zona. La acumulación de las aguas se produce por no contar con un sistema de drenaje perimetral (Figura 15).

Flujo de lodos y/o detritos: Es un flujo canalizado muy rápido a extremadamente rápido que contiene detritos (concentraciones de partículas finas de limos y arcillas) saturados y plásticos (índice plástico > 5%), cuyo contenido de agua es significativamente mayor al del material fuente. Estos tipos de eventos se generan por la remoción de los materiales que han sido erosionados en las partes altas de las

cuencas hidrográficas y transportadas a través del cauce de las quebradas hasta la parte baja, donde son depositados en forma de abanicos.



Figura 15. Áreas afectadas (polígono celeste) por inundaciones pluviales (escorrentías superficiales) en épocas de precipitaciones, esto ocurre en sector Mogollón.

Los flujos de lodo han sido identificados en las quebradas Seminario y La Zorra, ambas ubicadas en los extremos suroeste (contiguo al límite de la zona urbana) y sureste del poblado de Viviate.

La quebrada Seminario ha sido encauzada por los pobladores mediante diques conformados con sacos de arena, puestos en la zona debido a las afectaciones en viviendas que fueron generadas durante las precipitaciones del evento Niño Costero 2017. En la quebrada La Zorra, de mayor dimensión, predominan los flujos de detritos que podrían colmatar El Pontón ubicado en la vía Viviate – Paita y generar afectaciones en dicha vía de acceso, (Figuras 16 al 18).



Figura 16. Cauce de la quebrada Seminario que ha sido delimitado por sacos con arena que los mismos pobladores han formado.



Figura 17. Cauce de la quebrada Seminario que ha sido colmatado parcialmente con residuos sólidos arrojados por los pobladores.

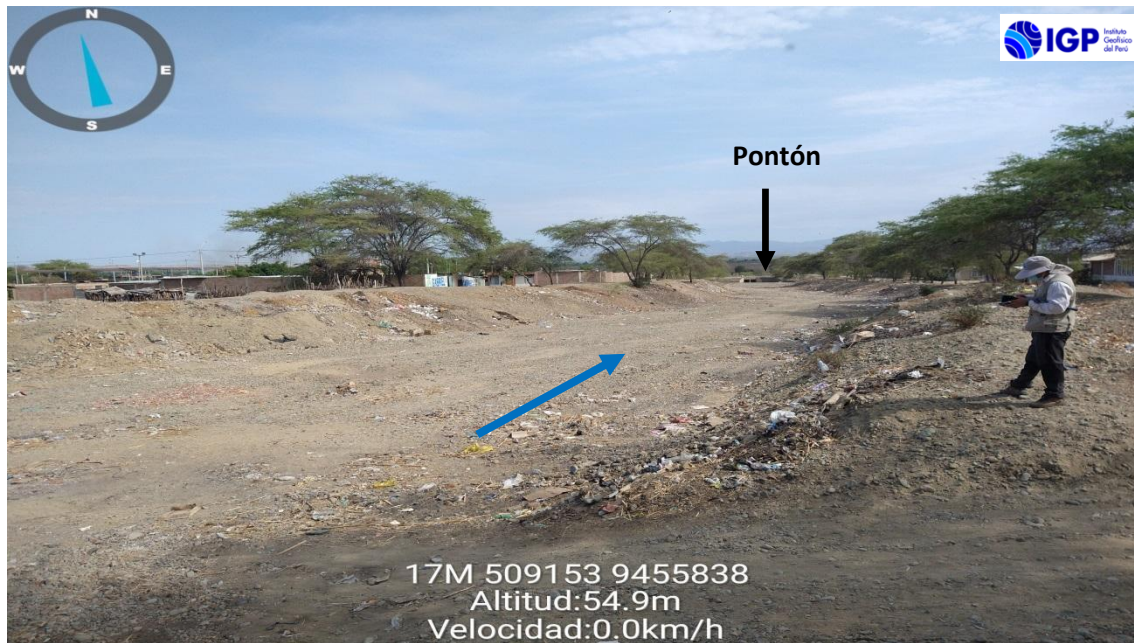


Figura 18. Cauce de la quebrada La Zorra que se encuentra colmatado, parcialmente, con residuos sólidos que los mismos pobladores arrojan al cauce. Dicho cauce se encuentra estrangulado en las inmediaciones de la vía Viviate – Paita, por la presencia del Pontón que podría ser colmatado y generar afectaciones en la vía y viviendas contiguas.

Finalmente, se cartografía y genera el mapa geodinámico para el área urbana del centro poblado Viviate (Figura 19).

2.4. GEOTECNIA

Con la finalidad de obtener la información geotécnica de los suelos de cimentación en el área urbana de Viviate, en coordinación con el Gobierno Regional de Piura, se ejecutaron exploraciones a cielo abierto (calicatas), análisis químico y cortes directos para la estimación de la capacidad de carga de los suelos.



Figura 19. Con la información recopilada en campo, se generó el mapa geodinámico de Viviate, delimitando las áreas susceptibles a inundaciones pluviales y el arenamiento eólico.

Exploraciones a cielo abierto (calicatas, norma ASTM 420): Es un método de exploración directa que consiste en realizar una excavación en el terreno para la observación directa del suelo. En el área de estudio se realizaron cuatro calicatas con profundidades de exploración de 3.0 metros, para describir los estratos que la conforman, así como extraer muestras en bolsas herméticas con capacidad de 5 kg. La ubicación de las calicatas se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Ubicación de calicatas.

CALICATA	UTM ESTE (m)	UTM NORTE (m)	PROFUNDIDAD (m)	NIVEL FREÁTICO (m)
CV - 01	509378	9456003	3.00	NP
CV - 02	509215	9455942	3.00	NP
CV - 03	509005	9456063	3.00	NP
CV - 04	508856	9455843	3.00	NP
CV - 05	508481	9456096	3.00	NP
CV - 06	508426	9455725	3.00	NP

Fuente: Gobierno Regional de Piura. NP= No presenta.

Clasificación de suelos SUCS en el área urbana de Viviate: En base a la información recolectada de las calicatas y los resultados obtenidos de los ensayos granulométricos y de plasticidad realizados por el Gobierno Regional de Piura, se han identificado 02 tipos de suelos, los mismos que han sido agrupados haciendo uso del Sistema de

Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y cuyos resultados son (Tabla 3 y Figura 20):

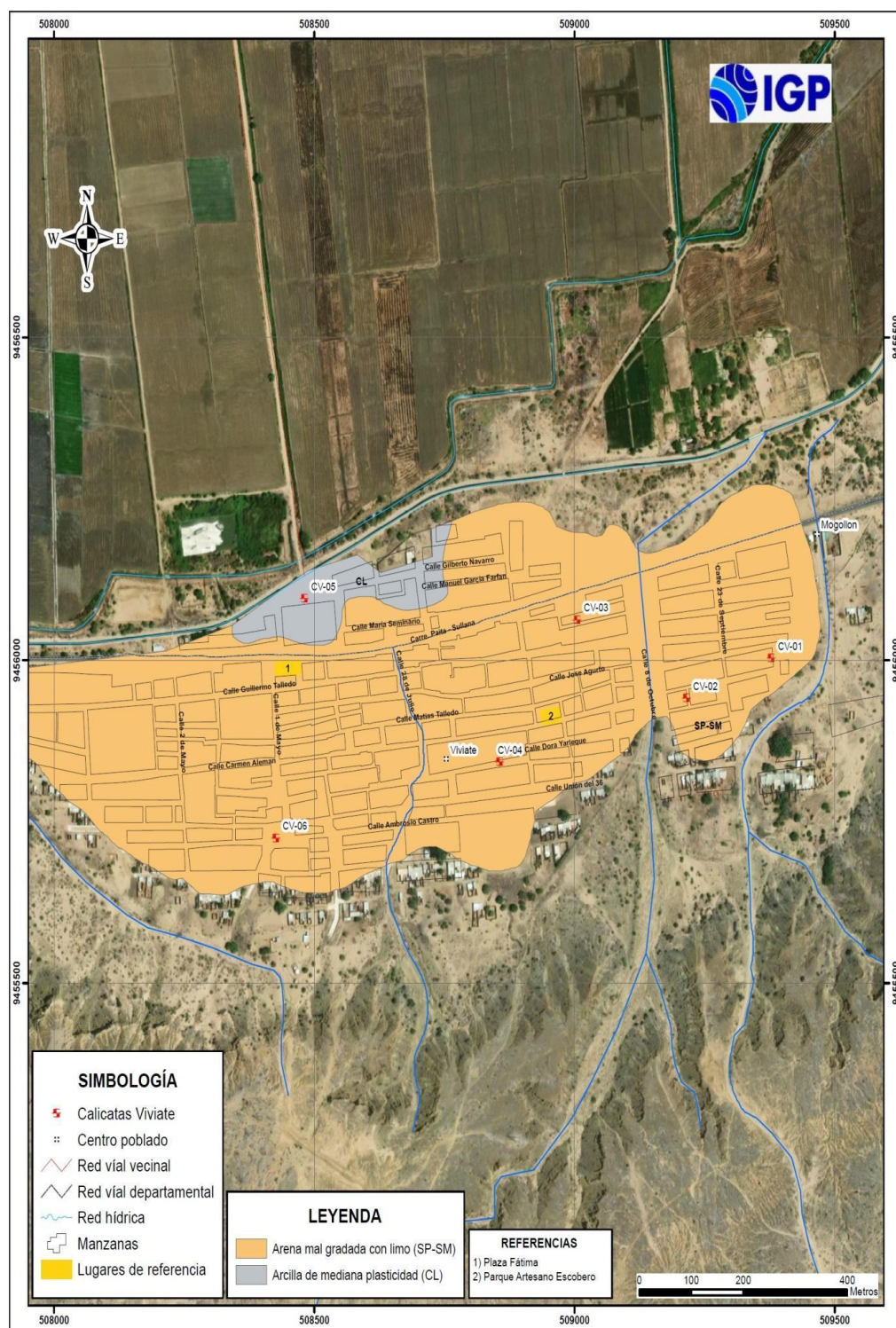
Tabla 3. Clasificación SUCS de los suelos de las 6 calicatas elaboradas en el área urbana de Viviate.

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	NIVEL FREÁTICO A (m)	GRAVAS % (>4.76 mm)	ARENAS % (>0.074 mm, <4.76 mm)	FINOS % (<0.074 mm)	LÍMITE LIQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE PLÁSTICO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	CLASIFICACIÓN SUCS	DENOMINACIÓN
CV - 01	3.00	N.P.	0.00	92.60	7.40	-	-	-	1.60	SP – SM	Arena mal gradada con limo
CV - 02	3.00	N.P.	0.00	95.00	5.00	-	-	-	1.60	SP - SM	Arena mal gradada con limo
CV – 03	3.00	N.P.	0.00	92.50	7.50	-	-	-	1.80	SP - SM	Arena mal gradada con limo
CV – 04	3.00	N.P.	0.00	94.90	5.10	-	-	-	2.30	SP - SM	Arena mal gradada con limo
CV – 05	3.00	N.P.	0.00	6.00	94.00	33	22	11	3.90	CL	Arcilla de mediana plasticidad
CV – 06	3.00	N.P.	0.00	94.90	5.10	-	-	-	1.30	SP - SM	Arena mal gradada con limo

Fuente: Gobierno Regional de Piura. NP= No presenta.

- Suelos tipo SP – SM: Están conformados por arena mal gradada con limos, con contenido de humedad de entre 1.30 – 2.30 %, constituyen suelos de compacidad muy suelta a suelta, no presentan plasticidad (debido a la escasa presencia de material fino). Presentan densidades naturales de entre 1.374 hasta 1.402 gr/cm³. Abarcan el 95% del área urbana del centro poblado Viviate.
- Suelos tipo CL: Están conformados por arcillas inorgánicas de baja plasticidad, de muy baja humedad (3.90%), constituyen suelos de compacidad media, presenta moderada plasticidad (IP=11) y densidad natural de 1.089 gr/cm³. Este tipo de suelos abarca el 5% del área urbana del centro poblado Viviate y ha sido identificado en la calicata 5, situada entre las calles Gilberto Navarro y Manuel García Farfán.

A continuación, se establece un cuadro resumen de los tipos de suelos existentes en el área urbana de Viviate.



Figura

20. Mapa de clasificación SUCS de suelos en el área urbana de Viviate.

Análisis químico de suelos: A fin de determinar el contenido de sales solubles en suelos, el Gobierno Regional de Piura realizó ensayos de análisis químicos a las 6 muestras extraídas de las cuatro calicatas. Los resultados obtenidos indican lo siguiente:

- Calicata CV 01, muestra 0.041%,
- Calicata CV 02, muestra 0.020%,
- Calicata CV 03, muestra 0.030%
- Calicata CV 05, muestra 0.285%.
- Calicata CV 06, muestra 0.071%.

Considerando estos resultados y haciendo la comparativa con los límites permisibles de agresividad del suelo al concreto (Tabla 4), se determina que las calicatas CV 01 al CV 04 y CV 06 se encuentran dentro de límite permisible; sin embargo, la calicata CV 05 es moderadamente salino; por lo tanto, se requieren tomar precauciones para protección de estructuras.

Tabla 4. Límites permisibles de agresividad del suelo al concreto.

Presencia en el Suelo de:	p.p.m.	Grado de Alteración ppm	Observaciones
*Sulfatos	0-1000	Leve	Ocasiona un ataque químico directo a las estructuras de concreto
	1000-2000	Moderado	
	2000-20 000	Severo	
	>20 000	Muy Severo	
**Cloruros	> 600	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión de armaduras o elementos metálicos.
	> 1000		
	> 1500		
**Sales Soluble totales	>5 000	Perjudicial	Ocasiona problemas de pérdida de resistencia mecánica por problema de lixiviación

Fuente: Reglamento Nacional de Construcción, NTE E060 Concreto Armado.

Ensayo de corte directo (Norma ASTM D – 3080): La finalidad del ensayo de corte directo es determinar la resistencia al esfuerzo de corte de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones (esfuerzos verticales y horizontales) que simula que existe o existirá en el terreno producto de la aplicación de carga. Esta resistencia al corte de los suelos se debe a dos componentes: la cohesión (comportamiento plástico que presentan las partículas finas) y el ángulo de fricción interna (rozamiento que existe en las partículas granulares).

Para conocer esta resistencia al corte en laboratorio se usa el equipo de corte directo, siendo el más usado una caja de sección cuadrada o circular dividida horizontalmente en dos mitades. Dentro de ella se coloca la muestra de suelo con dos placas de piedra porosa en ambos extremos, se aplica una carga vertical de confinamiento (P_v) y luego una carga horizontal (P_h) creciente que origina el desplazamiento de la mitad móvil de la caja originando el corte de la muestra.

Los parámetros geotécnicos obtenidos de los ensayos de corte directo que fueron realizados en el laboratorio de mecánica de suelos del Gobierno Regional de Piura a las muestras de suelos extraídas en el centro poblado Viviate se presentan en el Tabla 5.

Tabla 5. Parámetros geotécnicos obtenidos de las muestras tomadas en el área urbana de Viviate.

CALICATA	CV-1	CV-2	CV-3	CV-4	CV-5	CV6
ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	20	21	20	20	16	20
COHESIÓN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00

Fuente: Gobierno Regional de Piura.

La Tabla 5 indica que, los suelos del centro poblado Viviate presentan ángulos de fricción entre 16° y 21°, así mismo, solo en la calicata CV 05 presentan cohesión de 0.05 kg/cm².

Capacidad de carga admisible: Se define como el esfuerzo máximo que puede ser aplicado a la masa de suelo de tal forma que se cumplan los requerimientos básicos y se encuentra establecido por la relación entre la carga última y un factor de seguridad cuyo valor es de 3, de acuerdo con la norma técnica peruana para el diseño de cimentaciones E.050.

Carga última (Qult.): Es la presión última por unidad de área de la cimentación soportada por el suelo, en exceso de la presión causada por el suelo alrededor al nivel de la cimentación (Amézquita, J. et al, 2012). Para determinar la carga última se usaron los resultados de los ensayos de corte directo (ángulo de fricción y la cohesión), datos que se usarán con la fórmula de corte general (suelos granulares densos y cohesivos de consistencia rígida) y local (suelos granulares sueltos y cohesivos de consistencia media a semidura) de Terzaghi (1943), a través de las siguientes expresiones:

Fórmula para falla por corte general

$$q_u = cN_c S_c + qN_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma$$

Fórmula para falla por corte local

$$q_u = \frac{2}{3} * c * N'_c + q * N'_q + \frac{1}{2} * \gamma * B * N'_\gamma$$

Dónde: C= cohesión, q= carga ($\alpha * D_f$) y N_c , N_q , N_α : Factores de carga, Tabla 6.

Tabla 6. Factores de cohesión, carga y volumétricos. Modificado por Terzaghi.

TERZAGHI (según Kumbhojkar, 1993)				Modificado por TERZAGHI			
Ángulo Fi	Nc	Nq	Ng	Ángulo Fi	Nc	Nq	Ng
0	5.7	1	0	0	5.7	1	0
1	6	1.1	0.01	1	5.9	1.07	0.005
2	6.3	1.22	0.04	2	6.1	1.14	0.02
3	6.62	1.35	0.06	3	6.3	1.22	0.04
4	6.97	1.49	0.1	4	6.51	1.3	0.055
5	7.34	1.64	0.14	5	6.74	1.39	0.074
6	7.73	1.81	0.2	6	6.97	1.49	0.1
7	8.15	2	0.27	7	7.22	1.59	0.128
8	8.6	2.21	0.35	8	7.47	1.7	0.16
9	9.09	2.44	0.44	9	7.74	1.82	0.2
10	9.61	2.69	0.56	10	8.02	1.94	0.24
11	10.16	2.98	0.69	11	8.32	2.08	0.3
12	10.76	3.29	0.85	12	8.63	2.22	0.35
13	11.41	3.69	1.04	13	8.96	2.38	0.42
14	12.11	4.02	1.26	14	9.31	2.55	0.48
15	12.86	4.45	1.52	15	9.67	2.73	0.57
16	13.68	4.92	1.82	16	10.06	2.92	0.67
17	14.6	5.45	2.18	17	10.47	3.13	0.76
18	15.12	6.04	2.59	18	10.9	3.36	0.88
19	16.56	6.7	3.07	19	11.36	3.61	1.03
20	17.69	7.44	3.64	20	11.85	3.88	1.12
21	18.92	8.26	4.31	21	12.37	4.17	1.35
22	20.27	9.19	5.09	22	12.92	4.48	1.55
23	21.75	10.23	6	23	13.51	4.82	1.74
24	23.36	11.4	7.08	24	14.14	5.2	1.97
25	25.13	12.72	8.34	25	14.8	5.6	2.25
26	27.09	14.21	9.84	26	15.53	6.05	2.59
27	29.24	15.9	11.6	27	16.3	6.54	2.88
28	31.61	17.81	13.7	28	17.13	7.07	3.29
29	34.24	19.98	16.18	29	18.03	7.66	3.76
30	37.16	22.46	19.13	30	18.99	8.31	4.39
31	40.41	25.28	22.65	31	20.03	9.03	4.83
32	44.04	28.52	26.87	32	21.16	9.82	5.51
33	48.09	32.23	31.94	33	22.39	10.69	6.32
34	52.64	36.5	38.04	34	23.72	11.67	7.22
35	57.75	41.44	45.41	35	25.18	12.75	8.35
36	63.53	47.16	54.36	36	26.77	13.97	9.41
37	70.01	53.8	65.27	37	28.51	15.32	10.9
38	77.5	61.55	78.61	38	30.43	16.85	12.75
39	85.97	70.61	95.03	39	32.53	18.56	14.71
40	95.66	81.27	115.31	40	34.87	20.5	17.22
41	106.81	93.85	140.51	41	37.45	22.7	19.75
42	119.67	108.75	171.99	42	40.33	25.21	22.5
43	134.58	126.5	211.56	43	43.54	28.06	26.25
44	151.95	147.74	261.6	44	47.13	31.34	30.4
45	172.28	173.28	325.34	45	51.17	35.11	36
46	196.22	204.19	407.11	46	55.73	39.48	41.7
47	224.55	241.8	512.84	47	60.91	44.45	49.3
48	258.28	287.85	650.67	48	66.8	50.46	59.25
49	298.71	344.63	831.99	49	73.55	57.41	71.45
50	347.5	415.14	1072.8	50	81.31	65.6	85.75

Fuente: Braja Das, 2011.

Luego, en base a los resultados de la carga última (Qult.) se calculó la capacidad de carga admisible de los suelos para una profundidad

de cimentación de 1.0 metro y ancho de zapata de 1.0 metro, así como también para profundidad de cimentación de 1.50 metros y ancho de zapata de 1.00 metro. Los resultados de capacidad de carga admisible de suelos analizados se presentan en los Tabla 7.

Tabla 7. Capacidad de carga admisible de las muestras extraídas en el C.P. Viviate.

MUESTRA	Capacidad de carga última (Kg/cm ²)	Capacidad de carga admisible (Kg/cm ²)	Tipo de Corte	Capacidad de carga última (Kg/cm ²)	Capacidad de carga admisible (Kg/cm ²)	Tipo de Corte
CV-01	1.35	0.45	F.L	1.85	0.62	F.L
CV-02	1.57	0.52	F.L	2.15	0.72	F.L
CV-03	1.35	0.45	F.L	1.86	0.62	F.L
CV-04	1.34	0.45	F.L	1.84	0.61	F.L
CV-05	1.49	0.50	F.L	1.89	0.63	F.L
CV-06	1.34	0.45	F.L	1.84	0.61	F.L
DIMENSIONES DE CIMENTACIÓN	Profundidad: 1.00 m ancho:1.00m (Zapata Cuadrada)			Profundidad: 1.50 m y ancho:1.00m (Zapata cuadrada)		

Fuente: Gobierno Regional de Piura, 2022. Dónde: F.L.= Falla local.

De los resultados citados anteriormente y tomando en cuenta la Tabla 8, se ha determinado que para la profundidad de 1 y 1.5 metros, los suelos de cimentación del área urbana de Viviate presentan capacidad de carga admisible muy baja (menor a 1.0 kg/cm²) Figura 21.

Tabla 8. Rango de capacidad de carga admisible.

CAPACIDAD CARGA ADMISIBLE (kg/cm ²)	DENOMINACIÓN
< 1.0	MUY BAJA
1.0 - 2.0	BAJA
2.0 - 3.0	MEDIA
> 3.0	ALTA

Fuente: IGP, 2018.

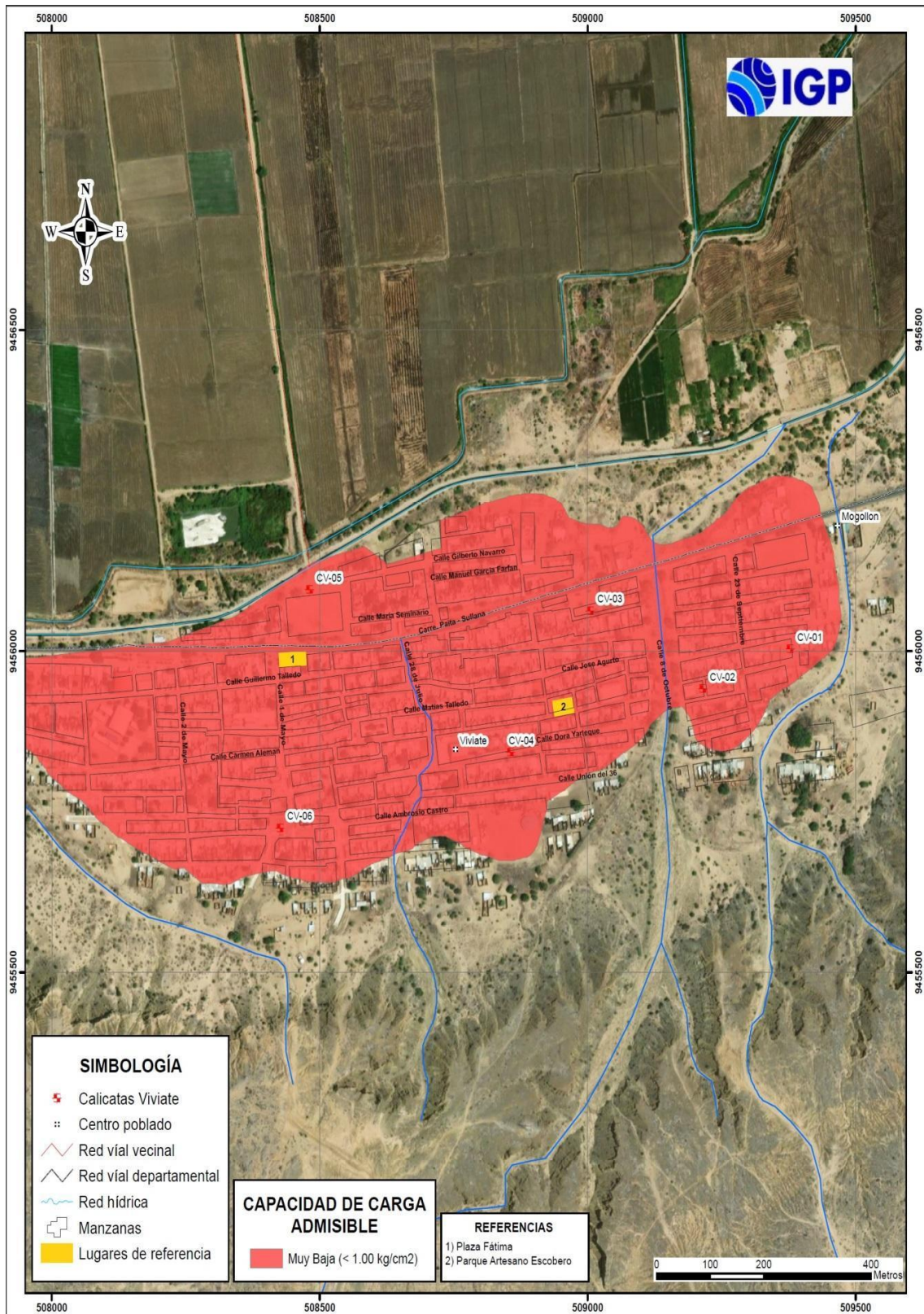


Figura 21. Mapa de capacidad de carga admisible de los suelos de cimentación del C.P. Viviate, para una profundidad de cimentación de 1.0 metro y ancho de zapata de 1.0 metro.

3. EVALUACIÓN GEOFÍSICA

A fin de conocer los diferentes parámetros físicos que controlan el comportamiento dinámico de la estructura del suelo en el área urbana de Viviate, se procede a aplicar diferentes métodos geofísicos, cuyos resultados se correlacionan entre sí y con los aspectos geo-ambientales de la zona de estudio.

3.1. Metodología

La metodología seguida consiste en la aplicación de tres métodos geofísicos: razones espectrales (H/V) a partir de registros de vibración ambiental, perfiles sísmicos obtenidos mediante el análisis multicanal de ondas superficiales y microtremores (MASW y MAM) y tomografía eléctrica. A continuación, se describe cada método.

3.1.1. Razones espectrales (H/V)

El método de razones espectrales (H/V) fue propuesto por Nakamura (1989) para caracterizar la respuesta dinámica del suelo a partir del periodo de respuesta del suelo y en algunos casos, estimar su amplificación, ante la sollicitación sísmica. El método hace uso de registros de vibración ambiental que contienen información sobre las características físicas de los suelos en sus primeras decenas de metros por debajo de la superficie. La variación de las propiedades físicas de los tipos suelos, espesor, geometría y composición litológica, condicionan, la amplificación de las ondas sísmicas.

En la Figura 22, se muestra un ejemplo del proceso de análisis usando como dato de entrada el registro de vibración ambiental (VT-11) obtenido en campo. El primer recuadro presenta la selección de las

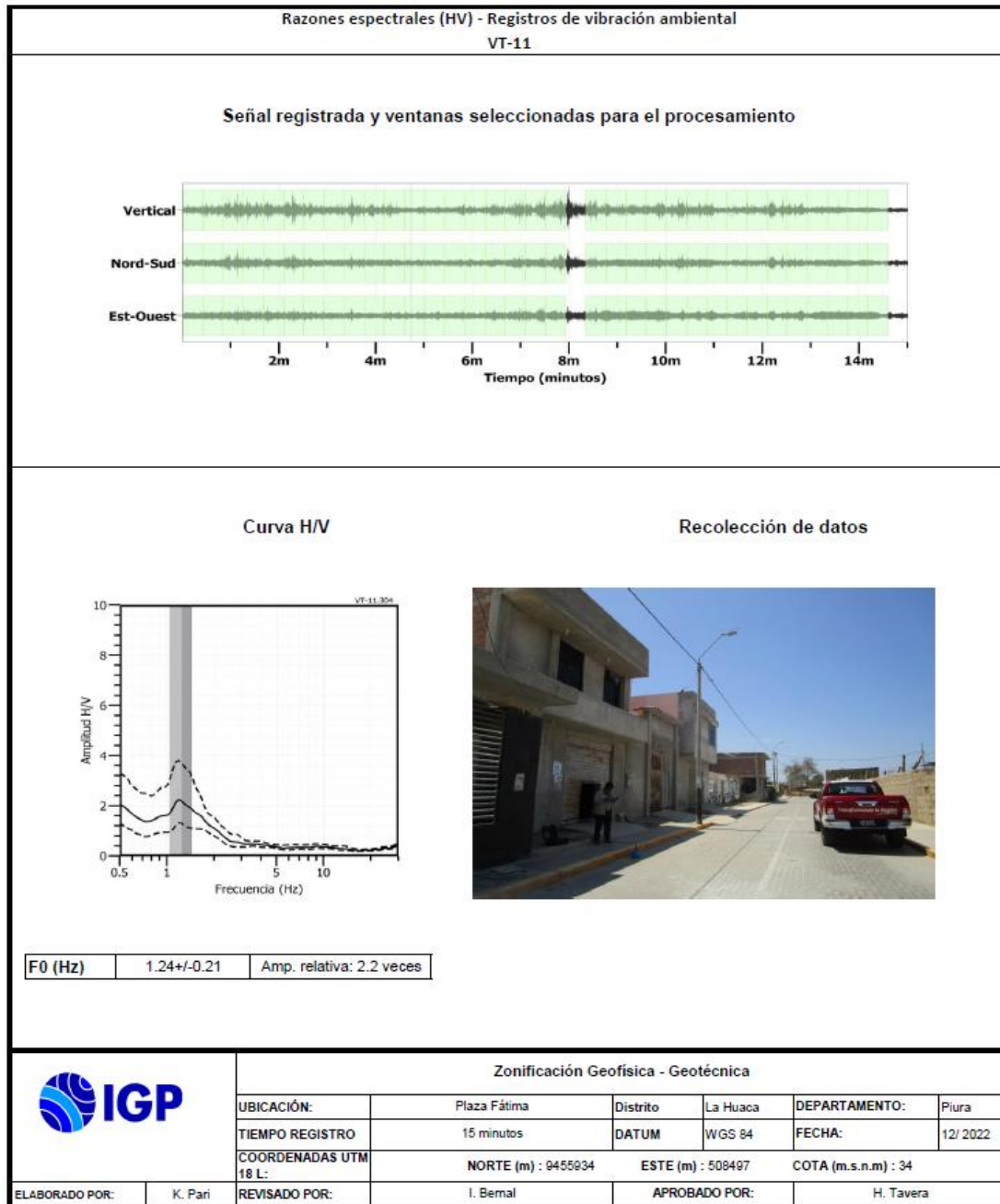


Figura 22. Resultados obtenidos con el método de razones espectrales (H/V) para el punto VT-11. Arriba, la señal registrada y abajo la curva promedio de las razones espectrales (H/V) en línea gruesa y su desviación estándar en líneas discontinuas. Las barras grises, definen la frecuencia predominante.

ventanas de procesamiento para las tres componentes de la señal registrada (Vertical, N-S y E-O), seguidamente la curva H/V, en la cual la curva continua negra es el promedio del cociente H/V; mientras que, las curvas discontinuas son la desviación estándar, las bandas grises

identifican las frecuencias principales. Finalmente, para la presentación de los resultados, las frecuencias son expresadas en periodos dominantes.

Para la interpretación de los resultados se considera que: 1) Las frecuencias predominantes menores a 1 Hz corresponden a vibraciones generadas por el oleaje del mar, y/o cambios meteorológicos (periodos muy largos), 2) Las bajas frecuencias o periodos largos son debidas a la presencia de depósitos profundos y 3) Las frecuencias altas o periodos cortos son debidos a depósitos superficiales blandos y de poco espesor (SESAME, 2004; Bernal, 2006). Asimismo, se evalúa la correspondencia de los parámetros físicos-dinámicos encontrados con los aspectos geológicos, geomorfológicos y geotécnicos que domina a la zona de estudio.

3.1.2.- Análisis de ondas superficiales y microtremores

El Análisis Multicanal de ondas superficiales (MASW) es un método indirecto y permite determinar la estratigrafía del subsuelo bajo un punto; es decir, permite conocer la velocidad de propagación de las ondas de corte (V_s) en el subsuelo, a partir del análisis de la dispersión de ondas superficiales (ondas Rayleigh), generados por una fuente de energía impulsiva y registrada por arreglos lineales de estaciones sísmicas.

El ensayo de Análisis Multicanal de Microtremores (MAM) o sísmica de Microtremores (Louie, 2001), es método complementario al MASW, que al utilizar registros de microtremores permite investigar a mayores profundidades. En este caso no existe fuente sísmica y solo consiste en el registro de la vibración del suelo generada por la actividad humana. La

combinación con el método de MASW permite obtener información a niveles superficiales y en profundidad.

Los datos sísmicos recolectados en campo fueron procesados con el programa de computación Seislmager y en su procedimiento, se aplicó la Transformada Rápida de Fourier (FFT) para obtener la curva de dispersión que relaciona la velocidad de fase de las ondas superficiales con la frecuencia (Reynolds, 2011). Seguidamente, cada curva de dispersión perteneciente a un mismo arreglo (MASW y MAM), fue sometida a un proceso de inversión a fin de obtener los perfiles V_s en una dimensión (1D) para el punto central de la línea, ver Figura 23.

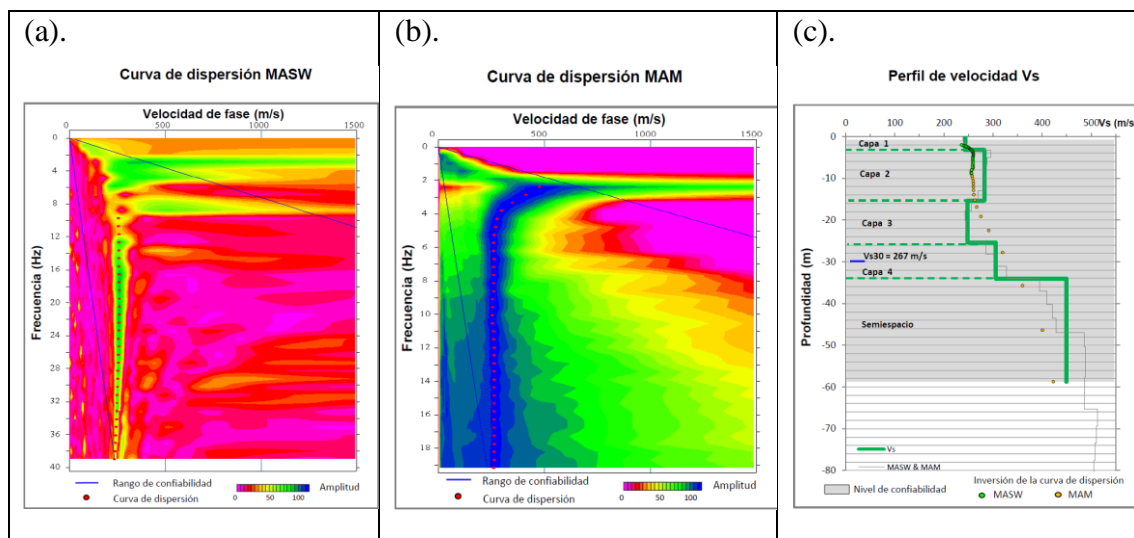


Figura 23. Curvas de dispersión obtenidos a partir de las técnicas MASW (a) y MAM (b) y perfil de velocidad obtenido a partir de la combinación de ambos ensayos (c).

Para el análisis de los resultados obtenidos, se considera la clasificación de suelos propuesta por la Norma E.030 Diseño Sismorresistente (2018). En este caso, el rango de velocidad de los perfiles de suelo S1 y S2 se subdividen a fin de considerar dos clasificaciones adicionales, tal como se describe en la Tabla 9.

Tabla 9. Clasificación de perfiles de suelo para la zona de estudio.

Clasificación de los perfiles de Suelo			
N°	Vs (m/s)	Tipos de suelo	
1	< 180	Suelo blando	S4
2	180 a 350	Suelo intermedio (medianamente rígido)	S3
3	350 a 500	Suelo rígido	S2
4	500 a 800	Suelo muy rígido	S1
5	800 a 1500	Roca	S0
6	> 1500		

3.1.3.- Tomografía eléctrica

Es una técnica geofísica que, mediante la inyección de corriente eléctrica al terreno, permite determinar las variaciones de resistividad y conductividad eléctrica de las rocas y suelos. En general, los materiales que conforman el subsuelo muestran ciertos rangos de valores de resistividad (Tabla 10) que dependen de su composición y su contenido de agua o de sales disueltas y presentes en las fracturas de las rocas o en la porosidad del suelo, ellas responderían de manera anómala al paso de la corriente eléctrica. El método de Tomografía Eléctrica es una técnica multielectródica, y su base teórica de su funcionamiento es análoga al de los métodos convencionales de resistividad (tetraelectródica). Actualmente, existen diferentes dispositivos eléctricos para la toma de datos en campo y en el presente estudio, se usó el dispositivo Polo-Dipolo.

3.2.- Adquisición de datos

En el área urbana del centro poblado Viviate, se ha recolectado en campo un total de 31 registros de vibración ambiental en puntos distribuidas de manera equidistante, tal como se observa en la Figura

24. Asimismo, se ha considerado datos obtenidos sobre cuatro líneas de arreglos sísmicos y de tres líneas de tomografía eléctrica

Tabla 10. Valores representativos de resistividad (Loke et al, 2012).

Material	Resistividad
Suelo artificial	50-100
Arena suelta	500-5000
Grava	50-104
Arcilla	1-100
Rocas ígneas	107-1000
Granito	106-1000
Basalto	107-1000
Esquisto	20-104
Conglomerados	104-1000
Areniscas	10-8000
Lutita	20-1000
Limolita	70-8000
Caliza	100-105
Agua dulce	10-100
Agua de mar	0.25

Registros de vibración ambiental: Para la adquisición de estos registros, se utilizaron sensores Lennartz y registradores CityShark II (Figura 25). Cada registro presenta una duración de 15 minutos, lo cual permite disponer de buena cantidad de datos para su posterior análisis. En la Figura 26, se muestra ejemplos de registros de vibración ambiental obtenidos en el punto VT-31, ubicado al sur, aquí se observa que la señal es estable; es decir, no está muy perturbada en comparación con la señal de VT-21 que presenta algunos saltos y/o picos de señal debido a que dicho punto, está ubicado cerca de la carretera Paita-Sullana.

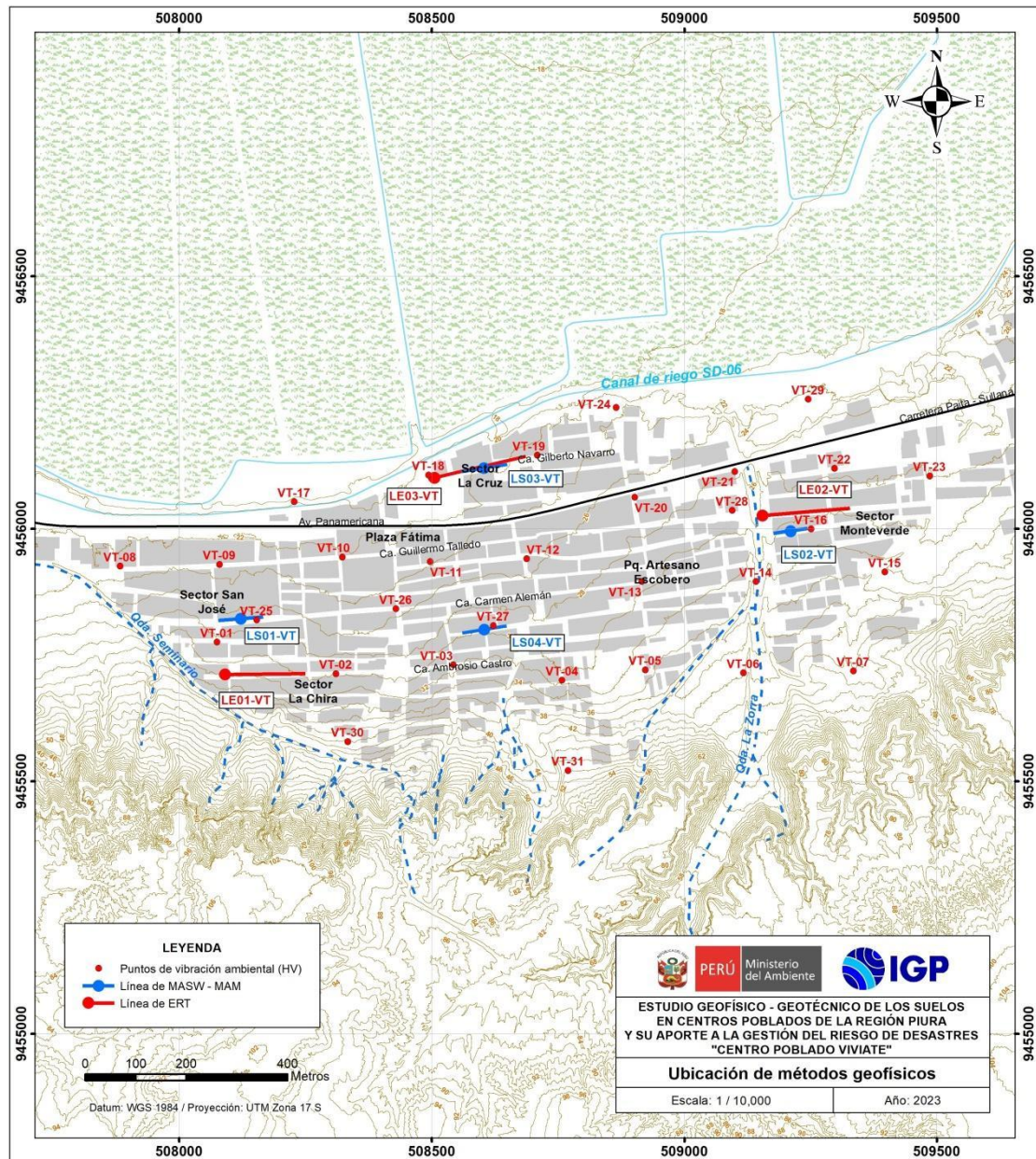


Figura 24. Distribución espacial de los puntos y líneas de adquisición de datos geofísicos en el C.P. Viviate.

Líneas sísmicas: Para la adquisición de los registros sísmicos se utilizó un equipo sísmico multipropósito, modelo GEODE (Geometrics) de 24 sensores o geófonos de baja frecuencia (4.5 Hz) y un muestreo de 4000Hz (0.25 ms). Como fuente para generar las ondas sísmicas, se utilizó un martillo de 20 lbs (Figura 27).

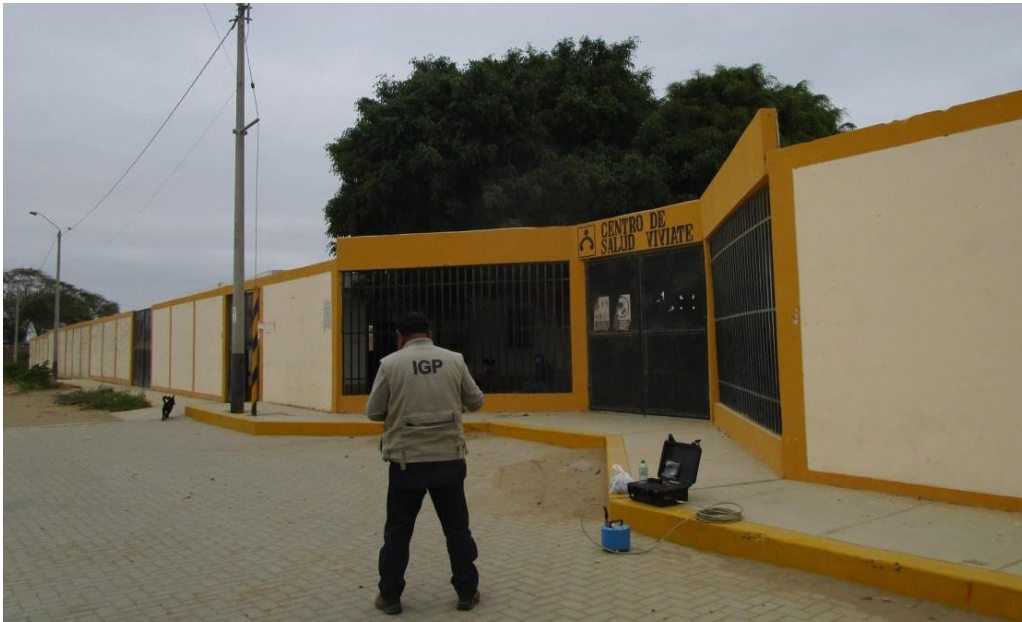


Figura 25. Equipo sísmico utilizado para el registro de vibraciones ambientales: sensor Lennartz (2N) y registradores CityShark II.

La distribución de las 4 líneas se presenta en la Figura 24 y los parámetros utilizados para el registro de los datos se detallan en la Tabla 11.

Tabla 11. Coordenadas y características de las líneas sísmicas.

Línea Sísmica	Coordenadas UTM – WGS84		Cota (m.s.n.m.)	Espaciamiento entre geófonos (m)	Longitud total (m)	
	Este (m)	Norte (m)				
VIVATE						
1	LS01-VT	508124	9455822	42	4	92
2	LS02-VT	509211	9455994	34	3	69
3	LS03-VT	508602	9456121	17	4	92
4	LS04-VT	508603	9455800	42	4	92

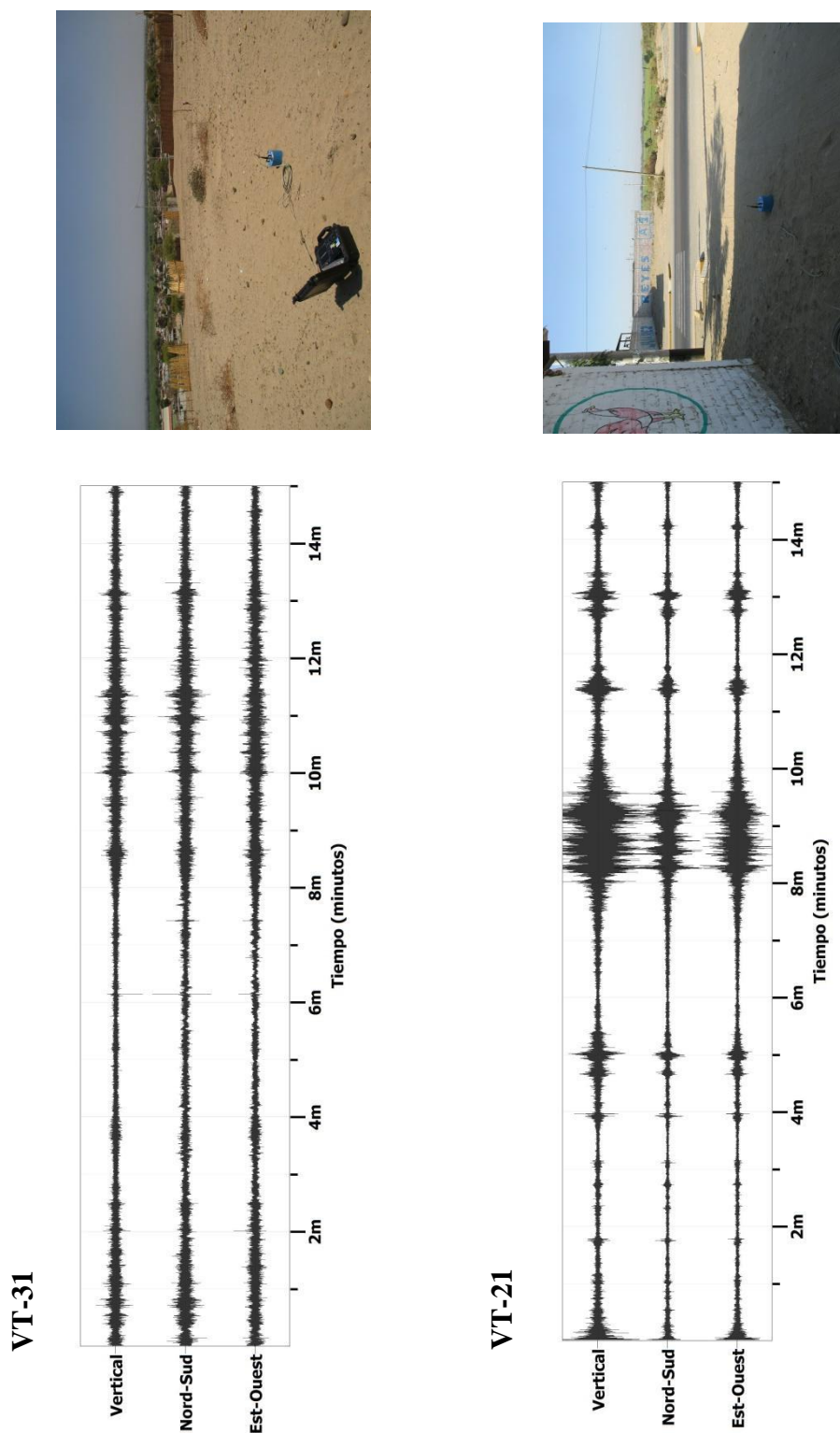


Figura 26. Ejemplos de registros de vibración ambiental obtenidos en los puntos VT-31 y VT-21, ubicados sobre diferentes tipos de suelos. Obsérvese las diferentes amplitudes de la señal registrada en cada punto.

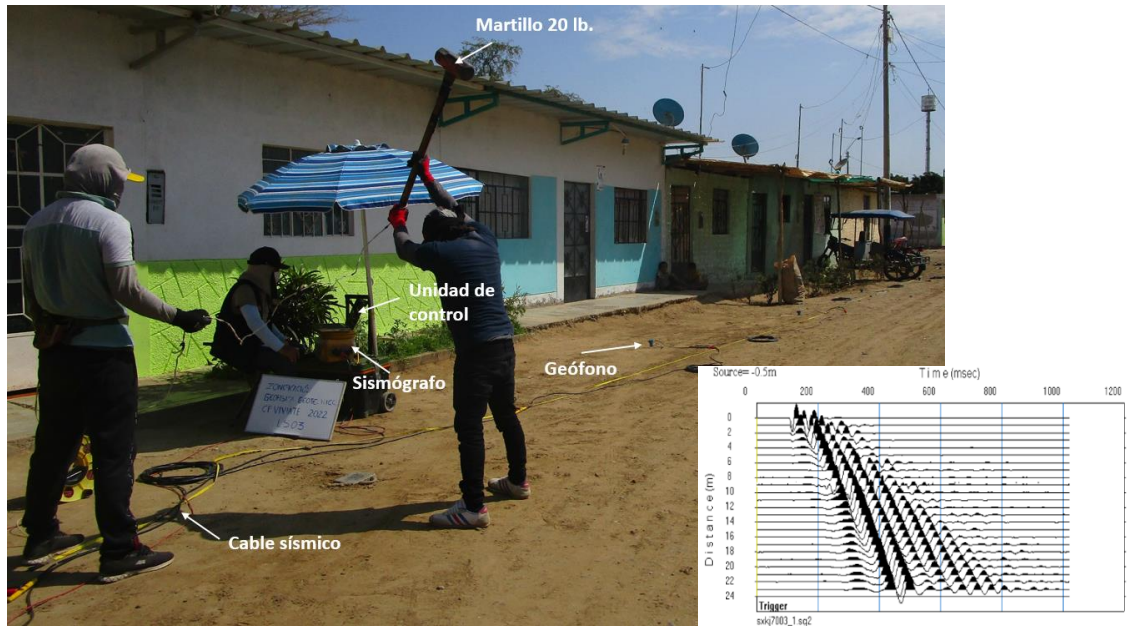


Figura 27. Disposición del equipo para la adquisición de registros sísmicos – MASW.

Tomografía eléctrica: Para la adquisición de los datos de resistividad se utilizó el equipo de Resistividad/IP Syscal Pro de marca Iris Instruments (Figura 28) y accesorios (cables multipolar, electrodos, combas, etc.). La distribución de las 3 líneas se presenta en la Figura 24 y los parámetros utilizados para el registro de los datos de resistividad se detallan en la Tabla 12.

Tabla 12. Coordenadas y características de las líneas de tomografía eléctrica.

Línea Eléctrica	Coordenadas UTM – WGS84		Cota (m.s.n.m.)	Espaciamiento entre electrodos (m)	Longitud total (m)
	Este (m)	Norte (m)			
VIVATE					
1	LE01-VT	508079	9455711	44	170
		508250	9455713	45	
2	LE02-VT	509143	9456025	43	180
		509327	9456040	43	
3	LE03-VT	508493	9456098	36	200
		508686	9456143	34	



Figura 28. Disposición del equipo para la adquisición de datos de resistividad.

3.3.- Resultados

3.3.1. Frecuencias predominantes

Los suelos del C.P. Viviate, responden a bajas frecuencias $F \leq 2.0$ Hz con amplificaciones de hasta 4 veces en la zona este del área de estudio, situación que sugiere la presencia de suelos homogéneos de gran espesor y menor consistencia a nivel superficial. A fin de evaluar el comportamiento dinámico del suelo en el área, se analiza de manera conjunta la información obtenida en cada gráfico de razones espectrales (H/V).

- **Frecuencias predominantes, F_0 :** En la Figura 29 se muestra el mapa con la distribución espacial de los valores de frecuencias F_0 y de acuerdo con los resultados, se tiene el predominio de valores entre 0.99 a 1.40 Hz (0.7 a 1.0 segundos). Estos valores se presentan de manera uniforme en el área de estudio y las mayores

amplificaciones del suelo se presentarían principalmente en la zona este del centro poblado, por el sector Monteverde. Asimismo, se identifica la presencia de un pico de frecuencia bien definido entre 1 a 1.30 Hz y amplificaciones de hasta 5.4 veces. Estos valores bajos de frecuencia estarían asociados a la presencia de una capa sedimentaria de gran espesor.

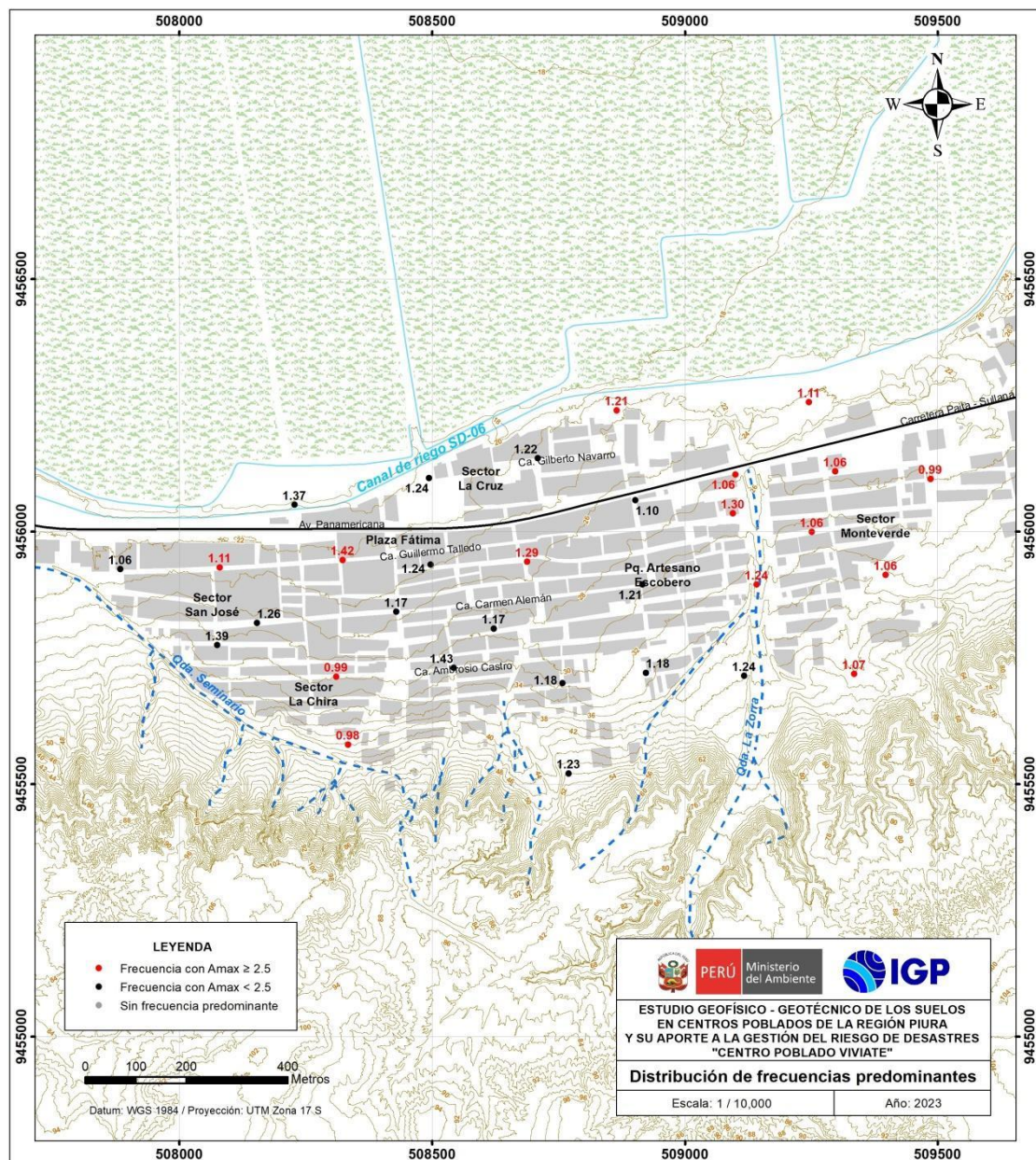


Figura 29. Distribución espacial de las frecuencias F_0 ($F < 2.0\text{Hz}$). Los valores en rojo corresponden a puntos con amplificaciones mayores a 2.5 veces.

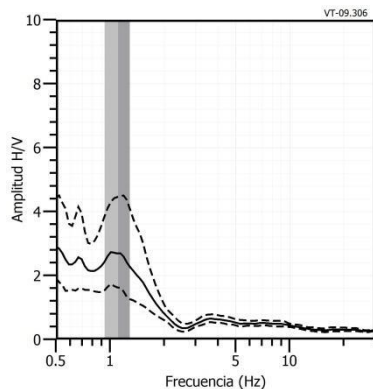
La Figura 30 muestra ejemplos de razones espectrales (H/V) característicos para el área de estudio y corresponden a los puntos VT-09, VT-11 y VT-18, ubicados por la plaza Fátima. En todos se observa la existencia de un pico bien definido con frecuencias de 1.11, 1.24 y 1.24 Hz; y amplificaciones de 2.7, 2.2 y 2.1 veces respectivamente. Asimismo, en los puntos VT-21, VT-24 y VT-29, ubicados en la zona este del centro poblado (Figura 31), responden a frecuencias de 1.06, 1.21 y 1.11 Hz con amplificaciones de 3.6, 3.1 y 4.3 veces. En general, estos resultados evidencian que los suelos en el C.P. Viviate, son homogéneos

Interpretación

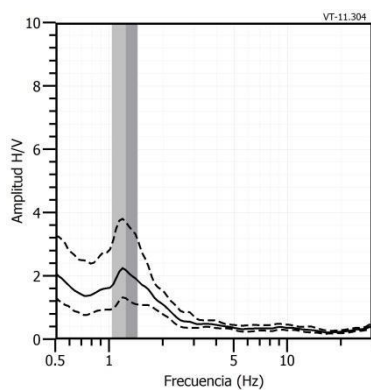
El análisis de las razones espectrales H/V en el área de estudio ha permitido observar que los suelos del área urbana de Viviate responden a un único pico de frecuencia que fluctúa entre 0.9 a 1.4 Hz, evidenciando la existencia de suelos cuya respuesta dinámica ante la ocurrencia de un sismo, es similar en toda el área de estudio con diferentes amplificaciones relativas, sugiriendo la presencia de suelos con similares características físicas.

- **Periodos dominantes:** A partir de las frecuencias predominantes, se obtiene los periodos de respuesta del suelo y su distribución se muestra en la Figura 32. En este caso, en el área de estudio los suelos responden a un rango de periodos bien definido con valores de 0.7 a 1.1 segundos, con amplificaciones máximas relativas de hasta 5.4 veces.

VT-09



VT-11



VT-18

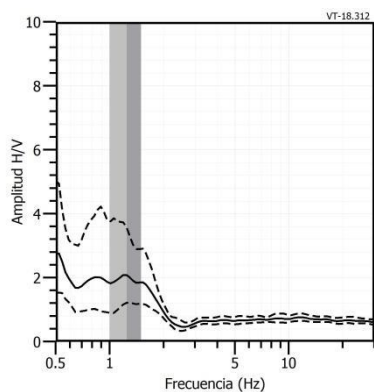
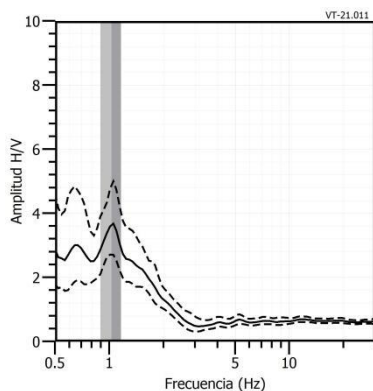
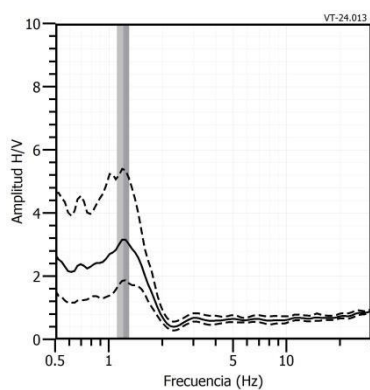


Figura 30. Ejemplos de razones espectrales (H/V) en el rango F0 ($F < 2.0\text{Hz}$): Para los puntos VT-09, VT-11 y VT-18, ubicados próximos a la plaza Fátima. Las líneas continuas representan la razón espectral y las discontinuas su desviación estándar. Las barras grises, definen la frecuencia predominante.

VT-21



VT-24



VT-29

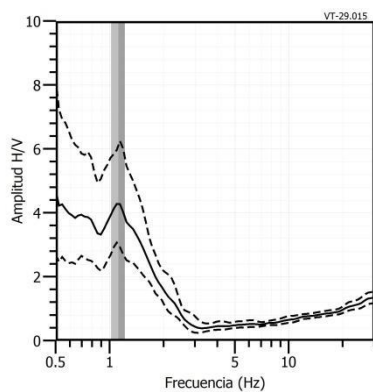


Figura 31. Ejemplos de razones espectrales (H/V) en el rango F0 ($F < 2.0\text{Hz}$): Para los puntos VT-21, VT-24 y VT-29, ubicados en la zona este del CP. Las líneas continuas representan la razón espectral y las discontinuas su desviación estándar. Las barras grises, definen la frecuencia predominante.

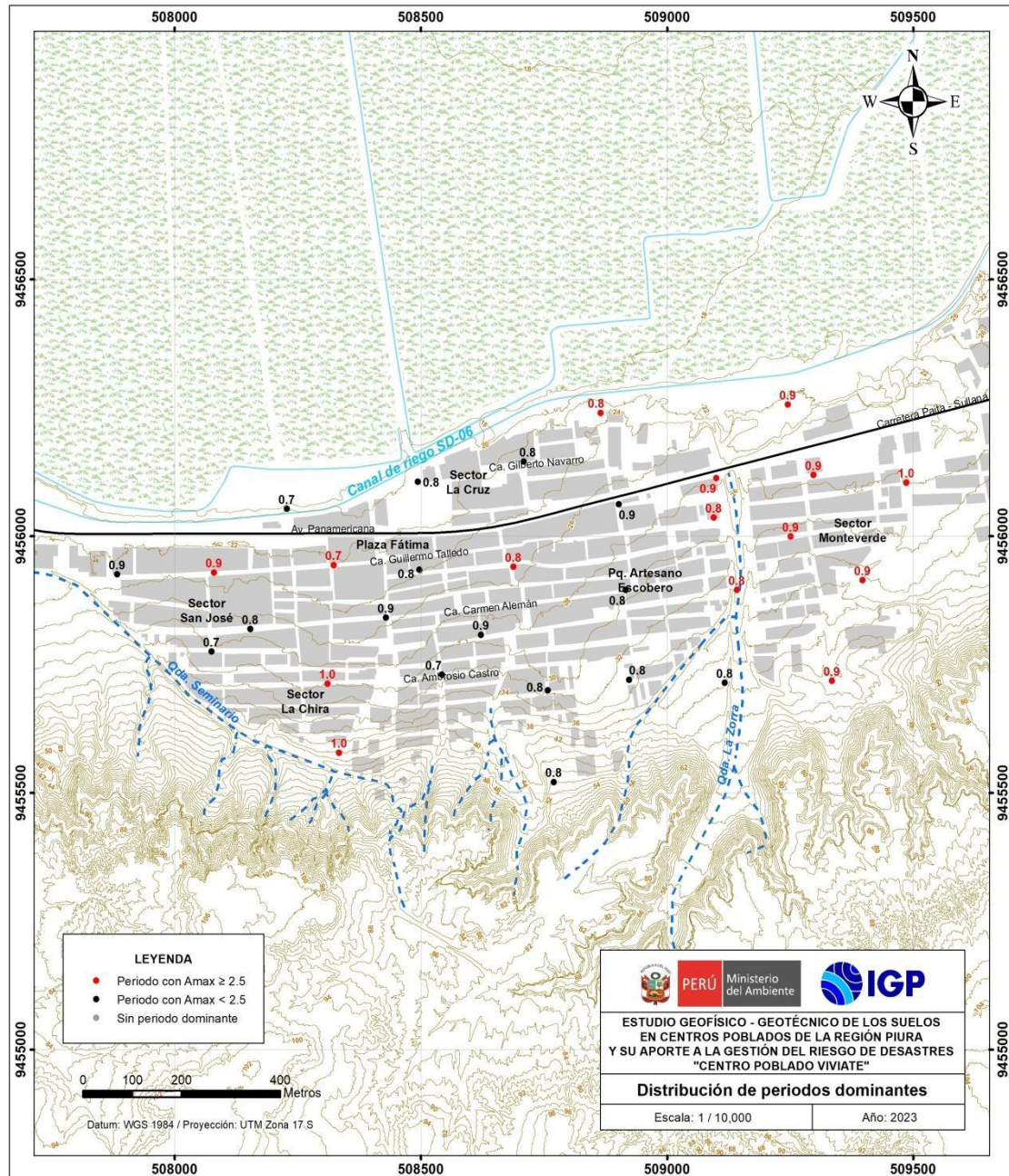


Figura 32. Distribución espacial de periodos dominantes del suelo para el C.P. Viviate. Los valores en rojo corresponden a puntos con amplificaciones mayores a 2.5 veces.

3.1.2. Perfiles sísmicos

A continuación, se describen las características observadas en los perfiles de velocidad de ondas de corte (V_s) obtenidos con los métodos

sísmicos MASW – MAM. En la Figura 33, se presenta el perfil sísmico obtenido para la línea LS01-VT y en el Anexo 2, para las líneas restantes.

Línea sísmica LS01-VT: Ubicada en el sector San José, siendo la profundidad de resolución promedio del perfil de 80 metros. Este perfil permite identificar la existencia de tres (3) capas sísmicas: La primera de 4 metros de espesor y velocidad V_s de 241 m/s, la segunda capa de 30 metros de espesor y velocidad V_s de 302 m/s y la tercera capa de 10 metros de espesor y velocidad V_s de 343 m/s, estas capas corresponden a suelo intermedio (medianamente rígido). El semiespacio, con velocidad $V_s > 470$ m/s, sugiere suelo rígido.

Línea sísmica LS02-VT: Ubicada en el sector Monteverde, siendo la profundidad de resolución promedio del perfil de 58 metros. Este perfil permite identificar la existencia de tres (3) capas sísmicas: La primera de 3 metros de espesor y velocidad V_s de 243 m/s, la segunda capa de 22 metros de espesor y velocidad V_s de 266 m/s y la tercera capa de 9 metros de espesor y velocidad V_s de 248 m/s, estas capas corresponden a suelo intermedio (medianamente rígido). El semiespacio, con velocidad $V_s > 450$ m/s, lo cual sugiere suelo rígido.

Línea sísmica LS03-VT: Ubicada en el sector La Cruz, siendo la profundidad de resolución promedio del perfil de 72 metros. Este perfil permite identificar la existencia de cuatro (3) capas sísmicas: La primera de 4 metros de espesor y velocidad V_s de 168 m/s corresponde a suelo blando, la segunda capa de 22 metros de espesor y velocidad V_s de 236 m/s y la tercera capa de 18 metros de espesor y velocidad V_s de 273 m/s, estas capas corresponden a

suelo intermedio (medianamente rígido). El semiespacio, con velocidad $V_s > 385$ m/s, sugiere suelo rígido.

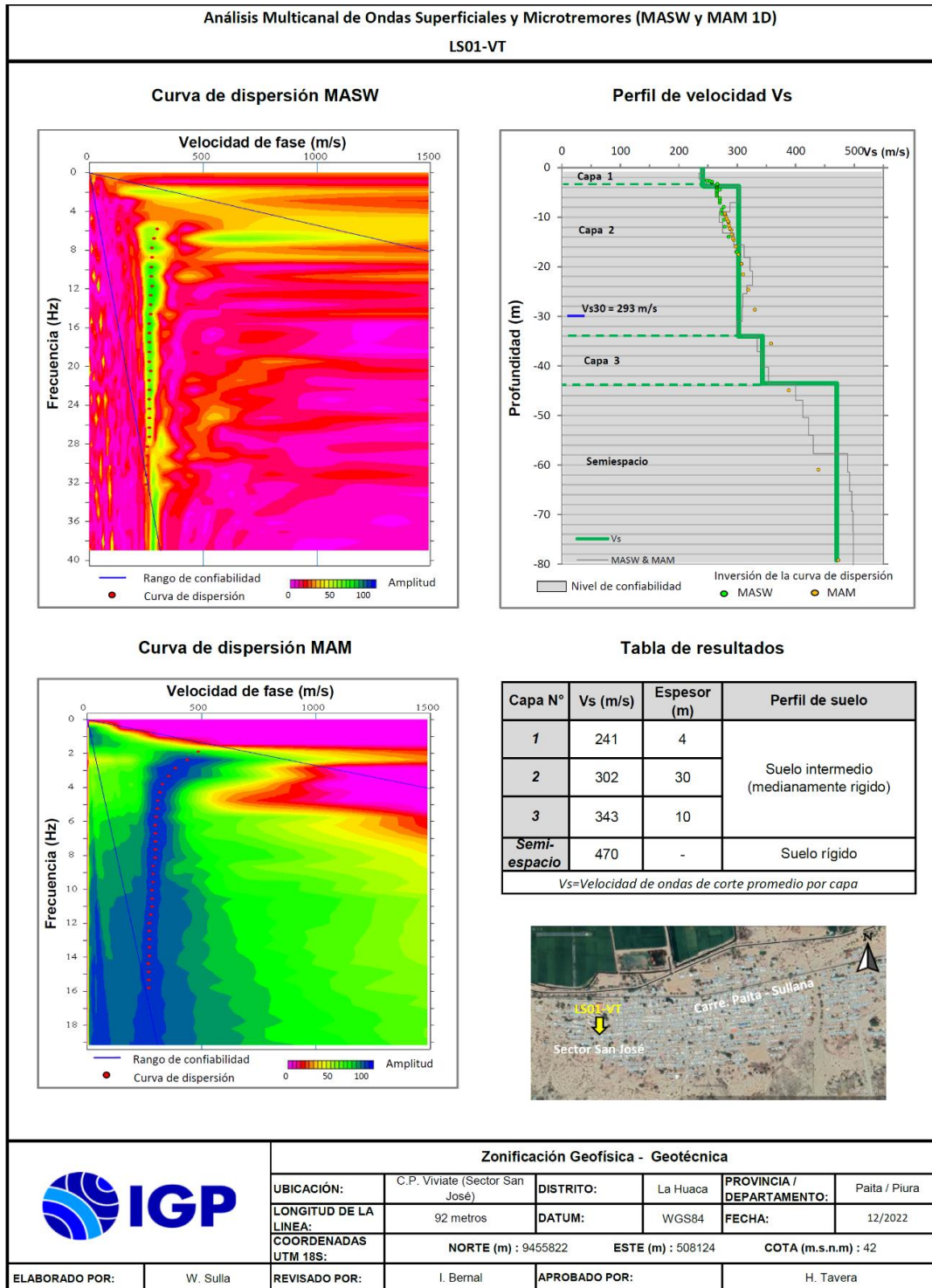


Figura 33. Resultados obtenidos con el ensayo MASW y MAM para la línea sísmica LS01-VT.

Línea sísmica LS04-VT: Ubicada en el centro de Viviate, siendo la profundidad de resolución promedio del perfil de 70 metros. Este perfil permite identificar la existencia de tres (3) capas sísmicas: La primera de 2 metros de espesor y velocidad Vs de 251 m/s y la segunda capa de 32 metros de espesor y velocidad Vs de 284 m/s, ambas capas corresponde a suelo intermedio (medianamente rígido). La tercera capa de 10 metros de espesor y velocidad Vs de 381 m/s y el semiespacio, con velocidad Vs > 476 m/s, ambos sugieren suelo rígido.

En la Tabla 13, se resume los valores de velocidad de ondas de corte (Vs) para cada uno de los perfiles de suelo obtenidos en el área de estudio.

Tabla 13. Valores de espesor y Vs de los perfiles sísmicos obtenidos para el área de estudio.

Superficie	Profundidad								
Línea Sísmica	N° DE CAPA								VS30 (m/s)
	1		2		3		Semiespacio		
	Vs (m/s)	Esp. (m)	Vs (m/s)	Esp. (m)	Vs (m/s)	Esp. (m)	Vs (m/s)	Esp. (m)	
LS01-VT	241	4	302	30	343	10	470	-	293
LS02-VT	243	3	266	22	306	9	450	-	267
LS03-VT	168	4	236	22	273	18	385	-	224
LS04-VT	251	2	284	32	381	10	476	-	279

 Suelo blando (Vs<180m/s)
 Suelo intermedio - medianamente rígido (180 – 350 m/s)
 Suelo rígido (350 – 500 m/s)
 Suelo muy rígido (500 – 800 m/s)
 Roca moderadamente dura a dura (>800 m/s)

Interpretación

En el área urbana de Viviate, se ha identificado suelos medianamente rígidos ($V_s=241$ a 343 m/s) de 34 a 44 metros de espesor y por debajo, suelos rígidos. Locamente, en el sector La Cruz se ha identificado suelos blandos en superficie ($V_s= 168$ m/s) de 4 metros de espesor.

En general, los espesores de los suelos medianamente rígidos van de 44 metros en dirección oeste y norte, por los sectores San José y La Cruz respectivamente y de 35 metros en dirección sur y sureste, por el Sector Monteverde y Viviate Centro, este último ubicado próximo a las laderas de la llanura costera, ver Figura 34.

Los resultados evidencian que hasta la profundidad investigada de 70 metros no hay presencia de material muy rígido o roca, sugiriendo que el suelo corresponde a depósitos aluviales de gran espesor. El suelo blando se identifica próximo a las áreas de cultivo y al canal de regadío; por lo tanto, corresponde a material fino con presencia de humedad, lo cual influye en la pérdida de rigidez del suelo.

Para el área de estudio, el V_{s30} calculado, entre 224 y 293 m/s, corresponde a suelos Tipo S3; es decir medianamente rígido (Adaptación de la clasificación de suelos, indicada en la Norma sismorresistente E.030, al área de estudio).

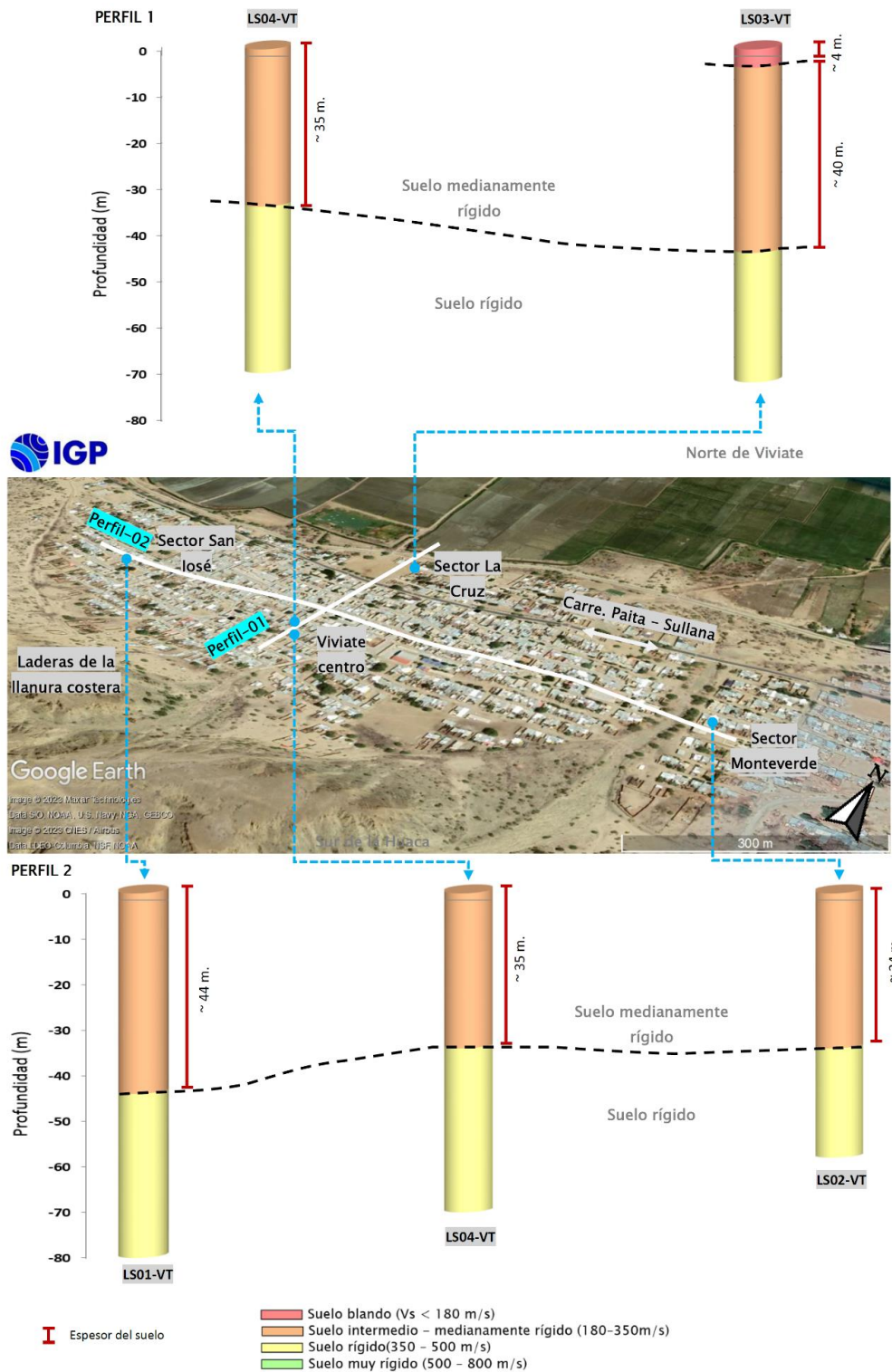


Figura 34. Resultados de MASW y MAM ubicados a lo largo del perfil 1 (LS04-VT y LS03-VT) y perfil 2 (LS01-VT, LS04-VT y LS02-VT) sobre la imagen satelital.

3.1.3.- Secciones geoelectricas

A continuación, se describen las características observadas en las secciones geoelectricas con resolución de hasta los 40 metros de profundidad. En la Figura 35, se presenta la sección obtenida para la línea LE01-VT y en el Anexo 2, para las secciones restantes

-Sección geoelectrica LE01-VT: Realizada en el sector La Chira sobre una longitud de 150 metros y en dirección OE. En esta sección se presentan dos horizontes, el primero compuesto por depósitos aluviales (80 a 300 Ohm-m) con espesores de hasta 20 metros. El segundo horizonte presenta alto contenido de humedad con resistividades menores a los 80 Ohm-m y espesores de 15 a 20 metros y estaría compuesto de arena con limo saturado.

-Sección geoelectrica LE02-VT: Realizada en el sector Monteverde sobre una longitud de 180 metros y en dirección OE. En esta sección presentan dos horizontes de suelo, el primer horizonte presenta moderado contenido de humedad (80 a 300 Ohm-m), con espesores de hasta 15 metros, el mayor espesor se presenta hacia el inicio de la sección (extremo oeste), donde se ubica la quebrada La Zorra, en el extremo este de la sección desde la calle 23 de setiembre los espesores tienden a disminuir. El segundo horizonte, presenta alto contenido de humedad (<80 Ohm-m), espesores de hasta 30 metros. Además, en este horizonte se presenta una anomalía con mayor concentración de humedad y espesor de hasta 20 metros.

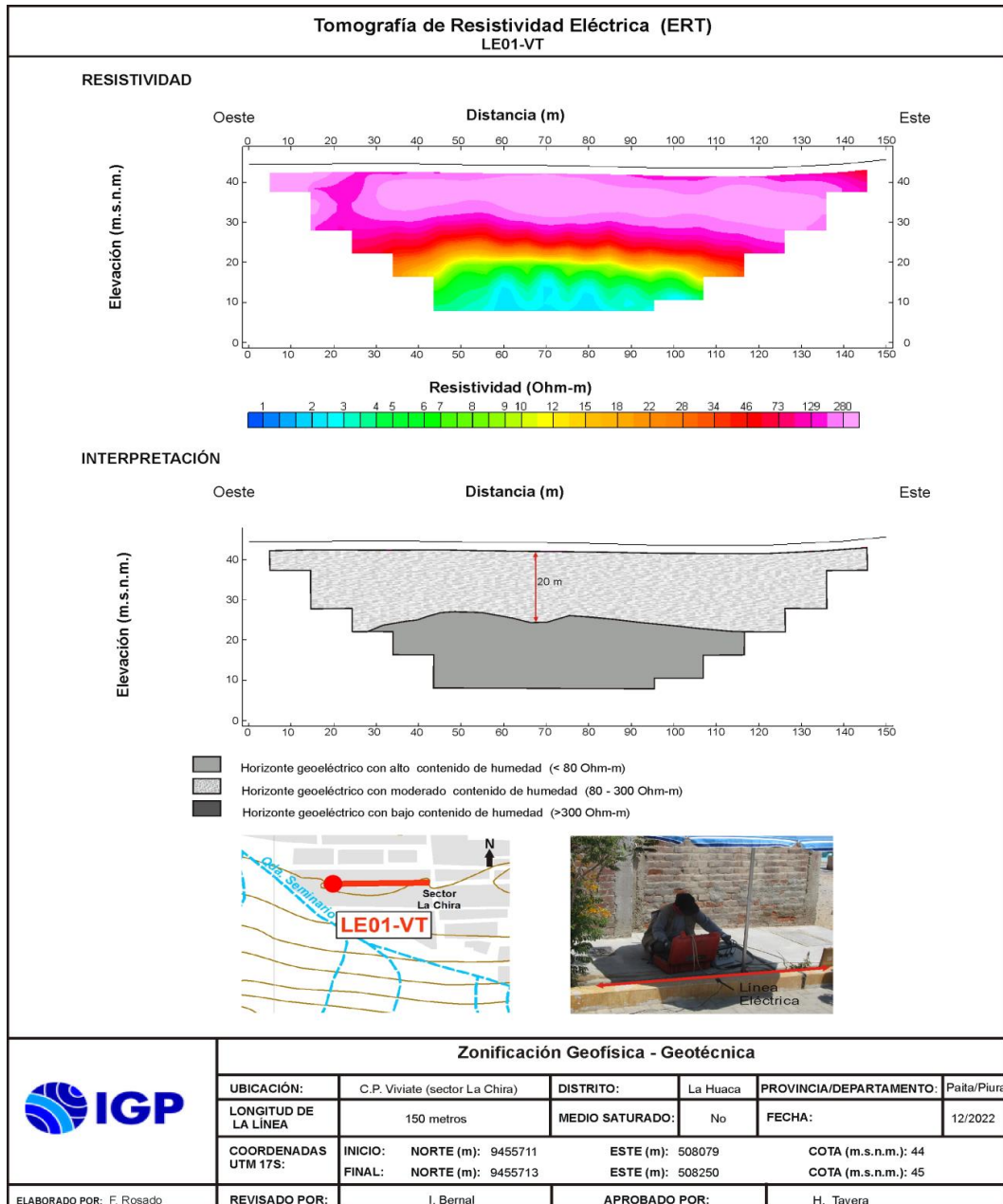


Figura 35. Resultado de tomografía eléctrica para la línea LE01-VT.

-Sección geoelectrica LE03-VT: Realizada en el sector La Cruz sobre una longitud de 200 metros. En esta sección predominan los depósitos con alto contenido de humedad (< 80 Ohm-m) con espesores mayores a los 40 metros. Además, se presentan dos anomalías con mayor contenido de humedad y espesores entre 10 y 20 metros, por otro lado, a nivel superficial se presentan dos anomalías con menor

contenido de humedad, con espesores de entre 5 y 15 metros, el mayor espesor se presenta a la altura del centro de salud.

En el área urbana de Viviate, se ha identificado la presencia de capas con suelos húmedos y/o saturados con las siguientes características:

- Hacia el extremo sur del área de estudio (Sector La Chira), se ha identificado la presencia de dos horizontes. El primer horizonte, con moderado contenido de humedad de hasta 25 metros. El segundo horizonte, presenta alto contenido de humedad y espesor de hasta 20 metros (Figura 35).

En el área urbana del C.P. Viviate, se ha identificado la presencia de capas con suelos húmedos y/o saturados con las siguientes características:

- Hacia la zona céntrica del área de estudio (Sector Monteverde), se ha identificado la presencia de dos horizontes. El primer horizonte, presenta moderado contenido de humedad y espesores de 5 a 15 metros y el segundo horizonte presenta alto contenido de humedad (Figura 36).

- Hacia el extremo norte del área de estudio (Sector La Cruz), se ha identificado la presencia de un horizonte. Con alto contenido de humedad y espesores mayores a 40 metros (Figura 36).

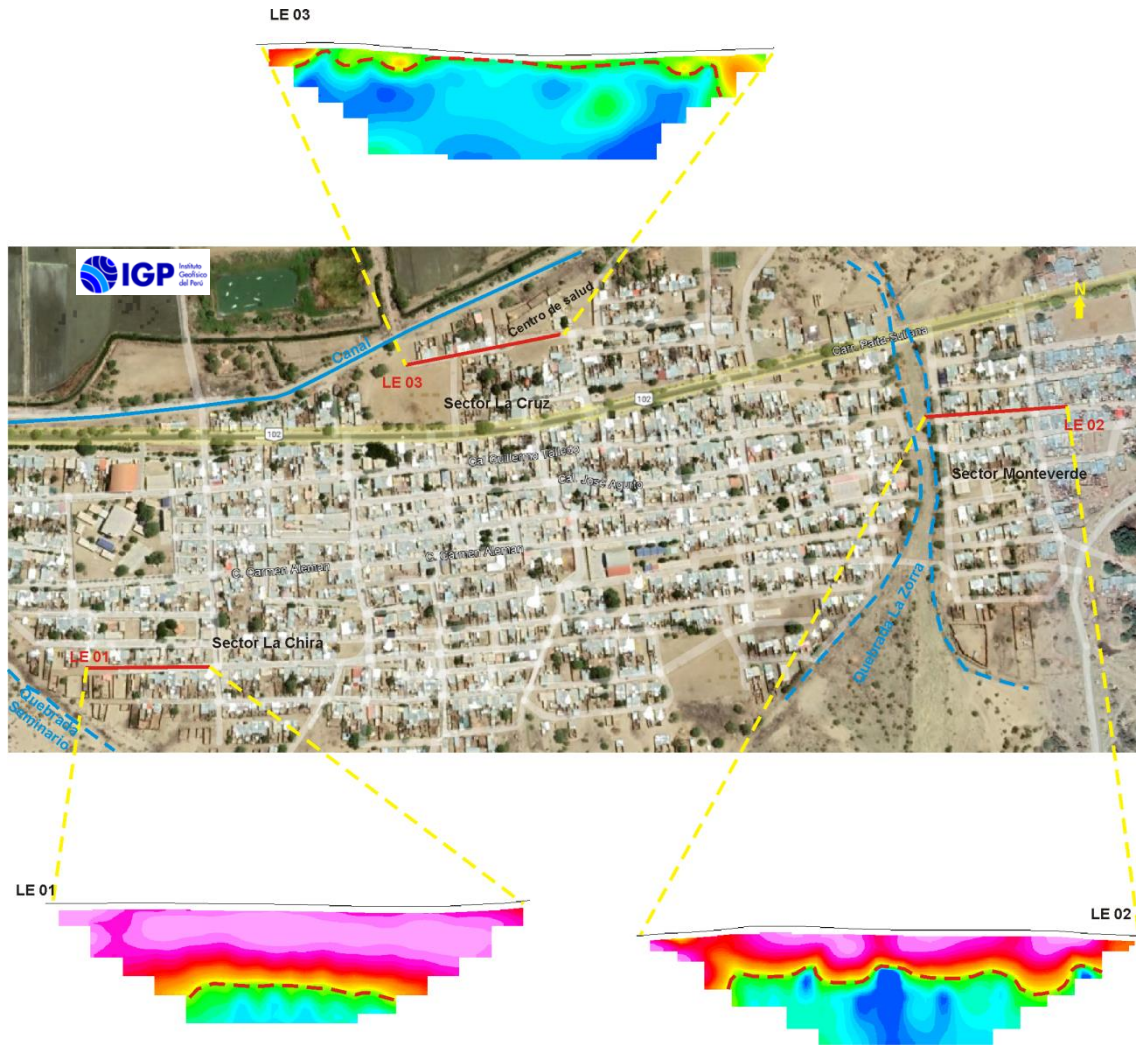


Figura 36. Ubicación y orientación de las líneas de tomografía eléctrica (LE01-VT, LE02-VT y LE03-VT). Las líneas interlineadas amarillas indican la orientación de las secciones y las líneas interlineadas rojas indican la presencia de alto contenido de humedad.

3.2. Integración de resultados

El área urbana de Viviate se emplaza sobre una terraza aluvial antigua plana con ligeras ondulaciones y zonas de baja pendiente que se consideran como áreas de inundación pluvial. Los parámetros físicos del suelo muestran las siguientes características:

Los suelos del área urbana de Viviate responden predominantemente a periodos largos que fluctúan entre 0.7 y 1.0 segundos, que se distribuyen de manera informe sobre toda el área de estudio.

Los resultados obtenidos con los métodos geofísicos permiten evidenciar que los suelos están conformados por suelos medianamente rígidos con espesores que varían de 44 metros en dirección oeste y norte, por los sectores de San José y La Cruz respectivamente y de 35 metros en dirección sur y sureste, por el sector Monteverde, Viviate; y velocidades de ondas de corte V_{s30} que varía entre 224 y 293 m/s, correspondientes a suelos Tipo S3; es decir suelos intermedios, localmente, en el sector La Cruz se ha identificado suelos blandos en superficie ($V_s = 168$ m/s) de 4 metros de espesor, correspondiendo a suelos Tipo S4.

Los periodos dominantes se encuentran relacionados con las condiciones físicas del suelo, a través de la relación $T_0 = 4H/V_s$, donde T_0 es el periodo dominante, H el espesor del estrato y V_s es la velocidad de onda de corte. Asumiendo velocidades de 220 m/s y 240 m/s para las ondas de corte (V_s), se estima la existencia de una capa sedimentaria de 38 a 42 metros de espesor en toda el área de estudio. Estos espesores se correlacionan con los modelos de velocidad obtenidos con los arreglos sísmicos. Asimismo, estos suelos presentan alto contenidos de humedad (el cual se encuentra desde los 2 metros de profundidad, en el sector de La Cruz), incrementando la complejidad del comportamiento dinámico de los suelos ante sismos (Figura 37).

Estas condiciones, evidencian que el C.P. Viviate se encuentra ubicada en una zona que presenta de moderado a alto peligro por

sismo, debido a que sus suelos experimentarían altos niveles de sacudimiento (a periodos largos) ante la ocurrencia de sismos, sumados a la probabilidad de que se generen procesos de licuación suelos en la zona norte, que afectarían directamente a los elementos expuesto en su superficie.

4. ZONIFICACIÓN GEOFÍSICA – GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS

El mapa de Zonificación geofísica-geotécnica para el C.P. Viviate, se elabora en función de la integración de los resultados de los estudios geológicos, geotécnicos y geofísicos, delimitando zonas cuyos suelos presentan características de respuesta similares ante la ocurrencia de sismos.

Asimismo, las características dinámicas del suelo y sus propiedades mecánicas han permitido identificar en el área de estudio, de acuerdo con la adaptación de la clasificación de los perfiles de los suelos indicados en la Norma de Construcción Sismorresistente E.030, la existencia de suelos de Tipo S3 y S4; es decir, suelos medianamente rígidos y blandos que responden a periodos de 0.7 a 1.0 segundos con amplificaciones moderadas.

Para el área urbana del C.P. Viviate, se propone la siguiente Zonificación Geofísica-Geotécnica (Figura 37).

- **ZONA I y II:** Conformadas por suelos muy rígidos y rígidos respectivamente, no fueron identificados en el área de estudio.

- **ZONA III:** Suelos intermedios (medianamente rígidos), conformados por capas de suelos granulares finos (arenas con limos) con espesores de 34 a 44 metros con velocidades de ondas de corte V_s de 241 m/s para la capa superficial y de hasta 343 m/s a la profundidad de 30 metros. El periodo de vibración natural del suelo varía entre 0.7 a 1.0 segundos con amplificaciones relativas de hasta 5.4 veces. Se presenta un alto contenido de humedad con alto nivel freático a partir de los 15 metros de profundidad. Asimismo, se observa una baja capacidad de carga admisible $<1.0 \text{ Kg/cm}^2$ hasta un metro de

profundidad. Estas características corresponden a Suelos Tipo S3, que corresponde a suelos intermedios y/o medianamente rígidos, predominantes en el área de estudio.

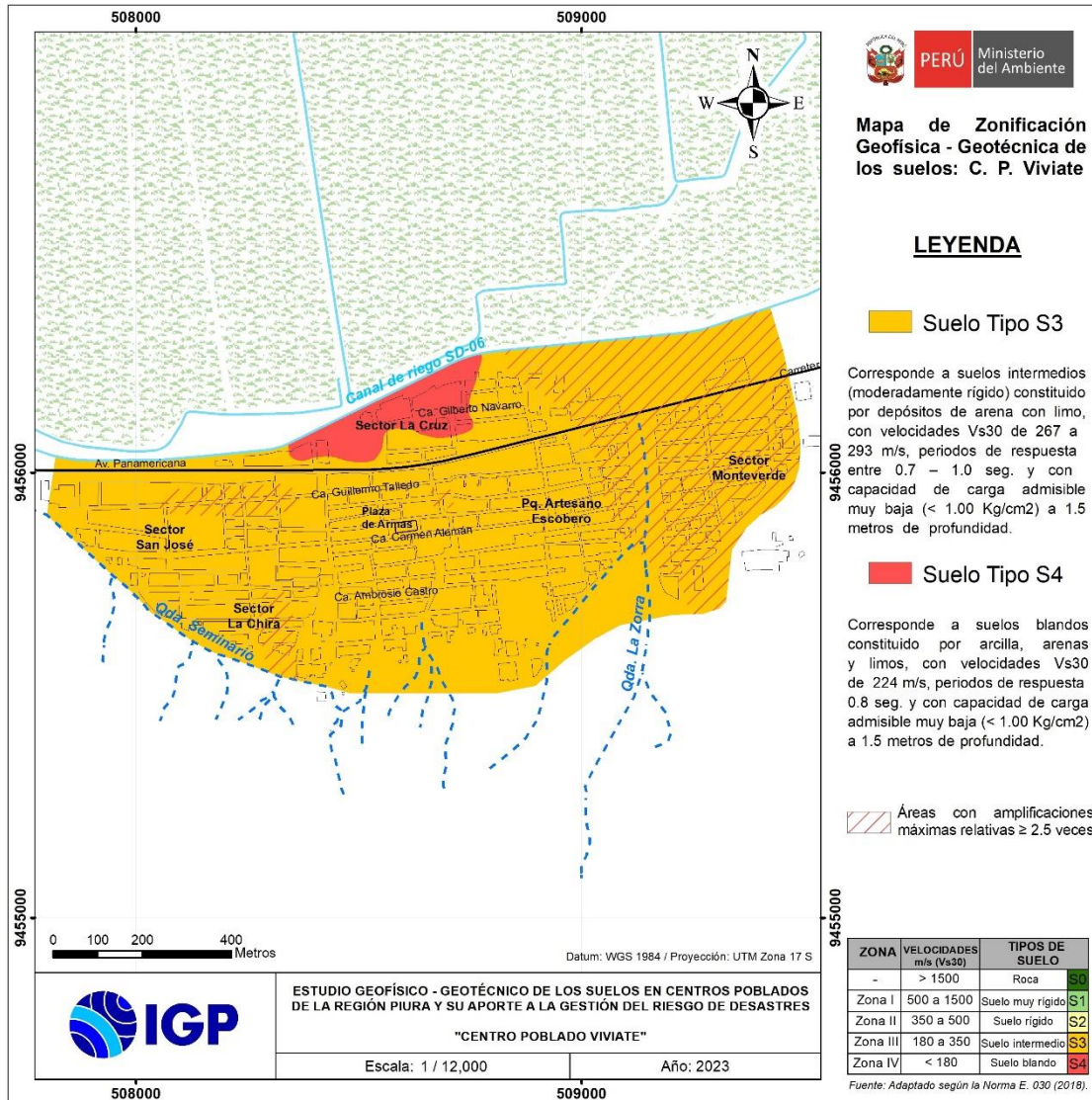


Figura 37. Mapa de zonificación geofísica-geotécnica de los suelos del C.P. Viviate. Las líneas inclinadas en rojo delimitan zonas con mayor amplificación.

- ZONA IV: Suelos blandos, conformados por capas de gran espesor de suelos granulares finos (arcillosos) presentando la capa superficial de 4 metros de espesor, velocidades de ondas de corte Vs de 168 m/s y de 236 m/s a la profundidad de 40 metros. El periodo de

vibración natural de los suelos es de 0.8 segundos con amplificaciones relativas moderadas. Se presenta alto contenido de humedad, con un nivel freático superficial a 2 metros. Asimismo, se observa una muy baja capacidad de carga admisible. Estas características corresponden a Suelos Tipo S4, que comprende a suelos blandos ubicados en el sector La Cruz.

CONCLUSIONES

El análisis y evaluación geofísica - geotécnica de los suelos del C.P. Viviate ubicado en el distrito de La Huaca, provincia de Paita - Piura, ha permitido llegar a las siguientes conclusiones:

- Los eventos geodinámicos identificados en el área urbana de Viviate, son las inundaciones pluviales y flujos de lodos y/o detritos. Las inundaciones pluviales afectan un área de 1.90 Has, en las inmediaciones del sector Mogollón y Nueva Esperanza, esto debido a la acumulación de aguas pluviales y la falta de drenaje pluvial en la zona.
- En el área urbana del C.P. Viviate se identifica dos tipos de suelos: arena mal gradada con limos (SP-SM) ocupan el 95% y arcilla de moderada plasticidad (CL) ocupa el 5%.
- Se ha determinado que para la profundidad de 1.0 y 1.5 metros, los suelos de cimentación de Viviate presentan capacidad de carga admisible muy baja (menor a 1.00 kg/cm²).
- Según su comportamiento dinámico, los suelos del C.P. Viviate responden a un rango de periodos de 0.7 - 1.0 segundos con amplificaciones máximas relativas de hasta 5.4 veces, evidenciando la presencia de suelos de gran espesor, que a nivel superficial presentan baja consistencia. Estos resultados evidencian un mayor riesgo para edificaciones y/o infraestructuras que responden en este rango de periodos, por

la posibilidad de que experimenten un fenómeno de resonancia suelos-estructura.

- Los resultados permiten identificar que los suelos en el área urbana de Viviate están diferenciados en 3 capas sísmicas y un semi-espacio. Los suelos blandos corresponden a la primera capa con espesores de 4 metros ($V_s = 168$ m/s); predominan suelos medianamente rígidos en la segunda y tercera capa sísmica ($V_s = 241$ a 343 m/s) con espesores entre 35 y 44 metros. En el área de estudio, se obtuvo velocidades de ondas de corte V_{s30} que fluctúan entre 224 y 293 m/s correspondiendo a suelos intermedios y/o medianamente rígidos.
- Los suelos del área de estudio presentan alto contenido de humedad a profundidades que fluctúan entre 2 y 30 metros. Hacia el sector La Cruz, los suelos presentan alto contenido de humedad, a partir de los 2 metros de profundidad en capas con espesores mayores a 40 metros debido probablemente a la proximidad de canales y zonas de agrícolas.
- Los resultados obtenidos para el área urbana de Viviate han permitido identificar, de acuerdo con las consideraciones indicadas en la Norma de Construcción Sismorresistente E.030, la existencia de suelos Tipo S3 y S4; es decir, suelos medianamente rígidos y suelos blandos.
- A la ocurrencia de un sismo de moderada a mayor magnitud, los suelos del C.P. Viviate pueden experimentar niveles altos de sacudimiento debido a la presencia de suelos blandos con altos niveles de humedad a nivel superficial. Estas

características contribuyen a la probabilidad de que se generen procesos de licuación suelos, que afectarían directamente a los elementos expuestos en su superficie

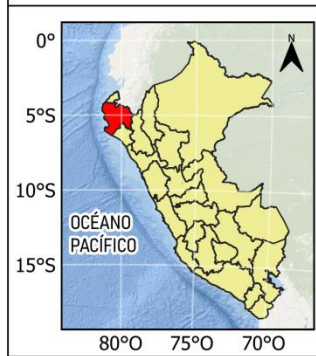
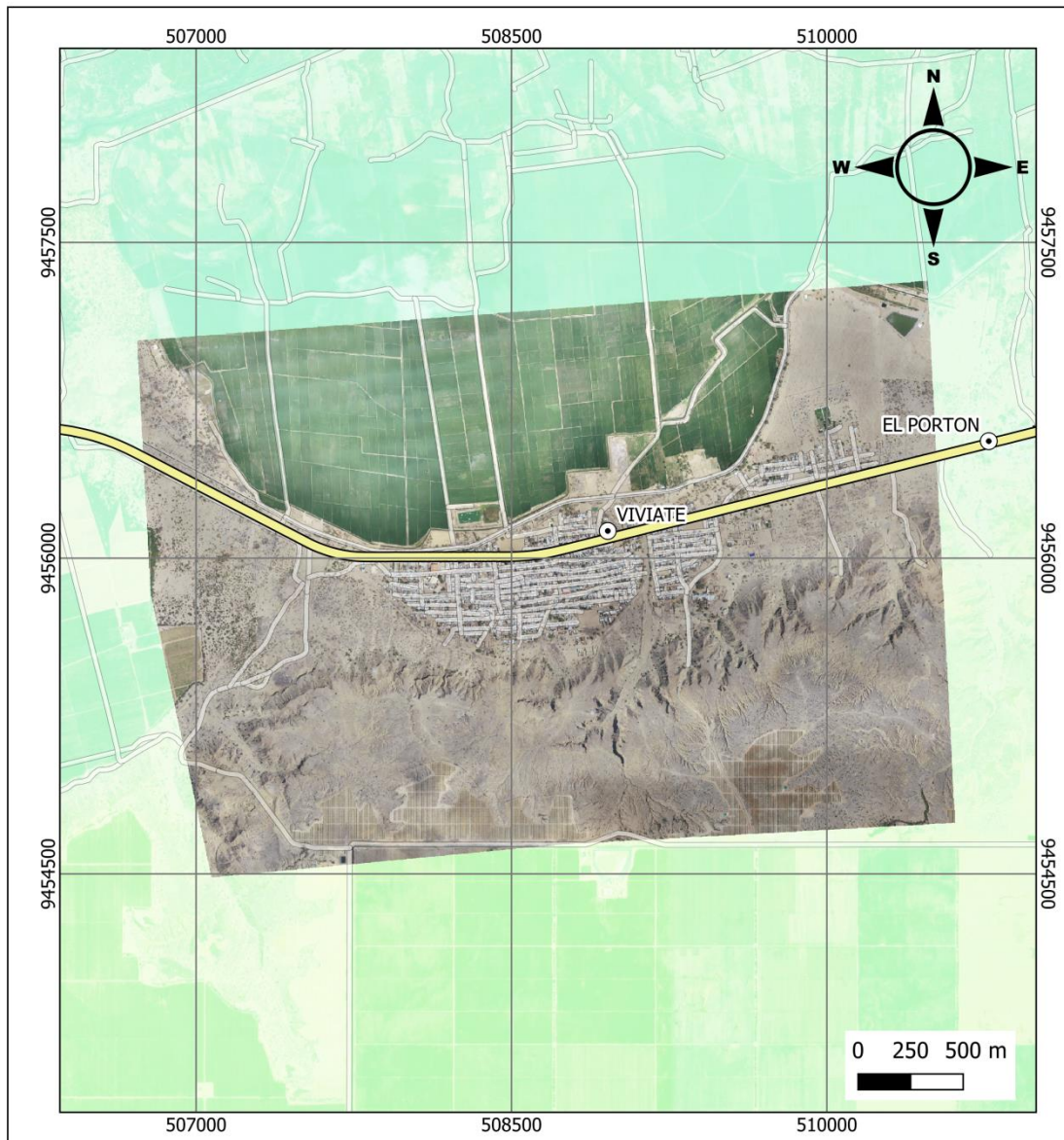
REFERENCIAS

- Alfaro et al. (2014). Estimación de umbrales de precipitaciones extremas para la emisión de avisos meteorológicos, Boletín Técnico SENAMHI, pp135.
- Amézquita-Jiménez, J., Jalixto-Cuyo, R., Pampas-Quiroga, J., (2012), Teorías de capacidad de carga y sus limitaciones en suelos compresibles.
- Bernal, I., (2006), "Microzonificación sísmica de la ciudad de Tlaxcala, México", Tesis de Maestría, Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM.
- Braja Das, (2011) - Principles of Foundation Engineering, Seven Edition, pág. 139-140.
- Gobierno Regional de Piura - Laboratorio de mecánica de suelos (2022). Estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación para el proyecto: "Elaboración de los estudios de evaluación de riesgo de desastres - EVAR para la formulación del plan regional integral de reconstrucción ante el sismo de 30 de julio del 2021.
- Instituto Geofísico del Perú, (2021): Sismo de Sullana del 30 de julio del 2021 (M6.1) – Aspectos sismo tectónicos.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017): Directorio nacional de centros poblados. Censos nacionales 2017 XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas.
- INGEMMET, (1999), Cuadrángulo geológico de Sullana hoja 10-b.
- Louie, J. (2001). Faster, Better: Shear-Wave Velocity to 100 Meters Depth From Refraction Microtremor Arrays. Bulletin of the Seismological Society of America. Pg. 20. DOI: 10.1785/0120000098
- Loke, M. (2004). Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys.

- Nakamura Y., (1989): A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtrem or on the ground surface, Quaterly Report of the Railway Technology Research Institute, 30, 25–30.
- Norabuena, E, Dixon, T., Stein, S. (1999). Decelerating Nazca–South America and Nazca–Pacific Plate Motions
- Norma Técnica de edificaciones E.030. 2018. Aprobada por resolución ministerial N°355-2018-VIVIENDA.
- Norma Técnica de suelos y cimentaciones E.050. 2018. Aprobada por decreto supremo N° 011-2006-VIVIENDA.
- Norma Técnica de edificaciones E.060 concreto armado 2009. Aprobada por decreto supremo N°015-2004-VIVIENDA.
- Reynolds, J.M. (2011). An Introduction to Applied and Environmental Geophysics. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 2nd ed., 712 pp.
- SESAME, (2004): Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements, processing and interpretation, European Commission – Research General Directorate Project No.EVG1-CT-2000–00026 SESAME, report D23.12.
- Silgado, E. (1978): Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974). INGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 3, 130 p.
- Tavera, H., Agüero, C y Fernández, E. (2016). Catálogo general de isosistas para sismos peruano. Instituto Geofísico del Perú.
- Terzaghi, K. Peck, B., G. & Mesri, G., (1948) – Soil mechanics in engineering practice, New York: Wiley
- Villegas-Lanza, JC., Chlieh, M., Cavalié, O., Tavera, H., Baby, P., Chire-Chira, J., Nocquet, J-M. (2016). Active tectonics of Peru: Heterogeneous interseismic coupling along the Nazca megathrust, rigid motion of the Peruvian Sliver, and Subandean shortening accommodation. JGR, 10.1002/2016JB013080

ANEXO 1
Información topográfica

Ortomosaico

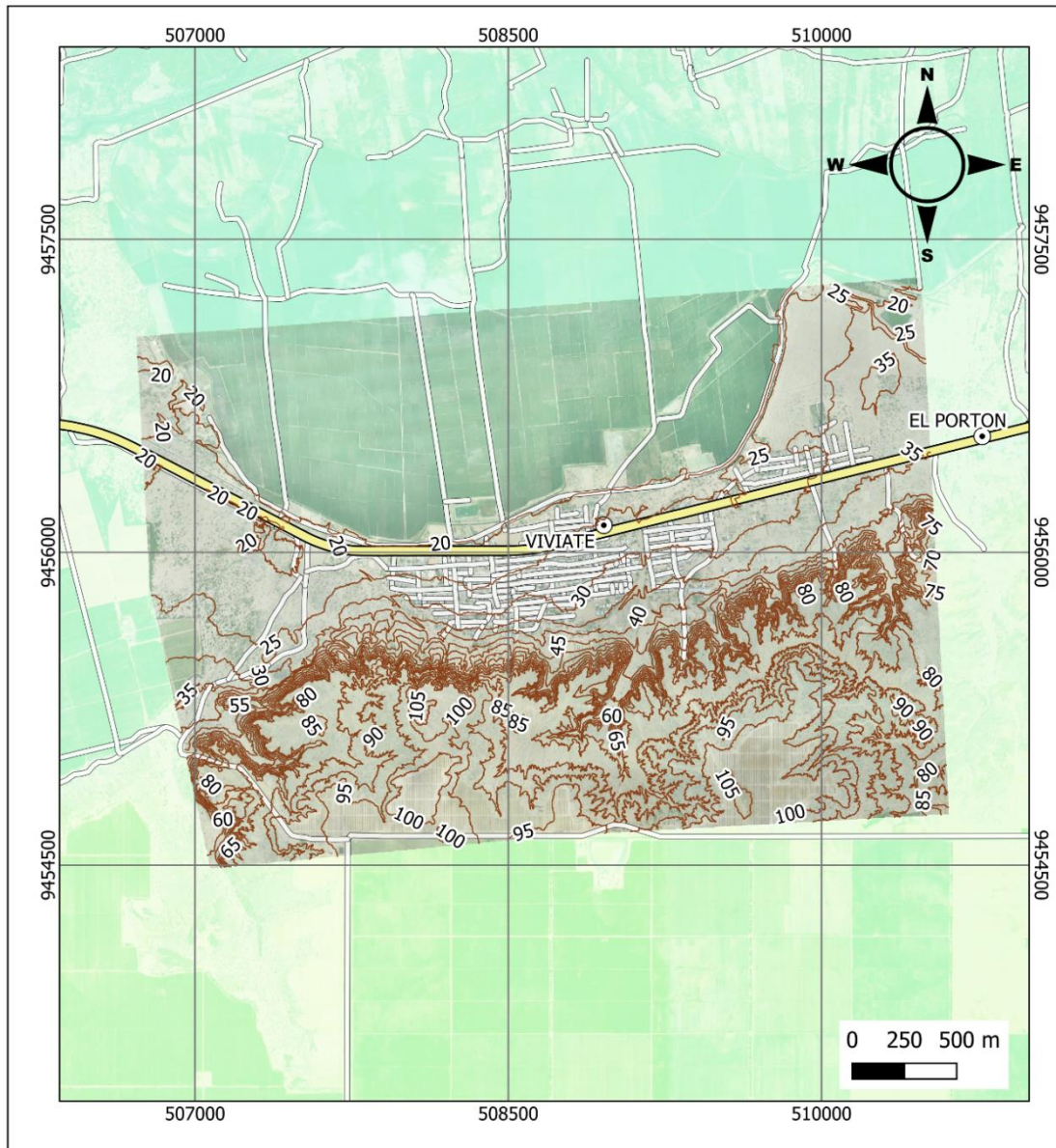


LEYENDA

- Centros poblados
- ... Río Chira
- Carretera Sullana - Paita
- Carreteras locales

PROYECTO ZONIFICACIÓN Y EVALUACIÓN SÍSMICA - GEOFÍSICA DE LAS ÁREAS URBANAS DE LAS CIUDADES UBICADAS EN ZONAS COSTERAS			
ORTOMOSAICO DE LA LOCALIDAD DE VIVIATE			
Elaborado por: K. MOROCCOIRE, O. BALLADARES, J.C. VILLEGAS		Responsable del proyecto: JUAN C. GÓMEZ ÁVALOS	
Datum : WGS 1984 Proyección : UTM - Zona 17 S		Fecha: ABRIL 2023	
Formato: A4	Escala: 1:25,000	MAPA: A-4	

Curvas de nivel



	<p>LEYENDA</p> <ul style="list-style-type: none"> — Curvas de nivel ⊙ Centros poblados — Carretera Sullana - Paita — Carreteras locales 	
		<p>PROYECTO ZONIFICACIÓN Y EVALUACIÓN SÍSMICA - GEOFÍSICA DE LAS ÁREAS URBANAS DE LAS CIUDADES UBICADAS EN ZONAS COSTERAS</p>
<p>CURVAS DE NIVEL DE VIVIATE A INTERVALO DE 5 METROS</p>		
<p>Elaborado por: K. MOROCCOIRE, O. BALLADARES, J.C. VILLEGAS</p>		<p>Responsable del proyecto: JUAN C. GÓMEZ ÁVALOS</p>
<p>Datum : WGS 1984 Proyección : UTM - Zona 17 S</p>		<p>Fecha: ABRIL 2023</p>
<p>Formato: A4</p>	<p>Escala: 1:25,000</p>	<p>MAPA: A-4</p>

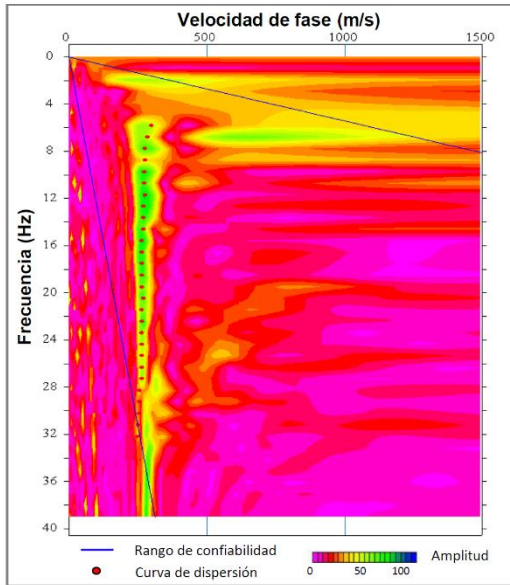
ANEXO 2
Información geofísica

Perfiles sísmicos MASW – MAM

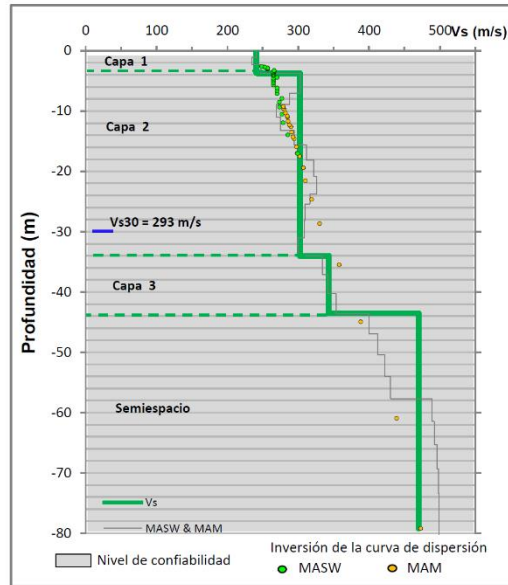
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

LS01-VT

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

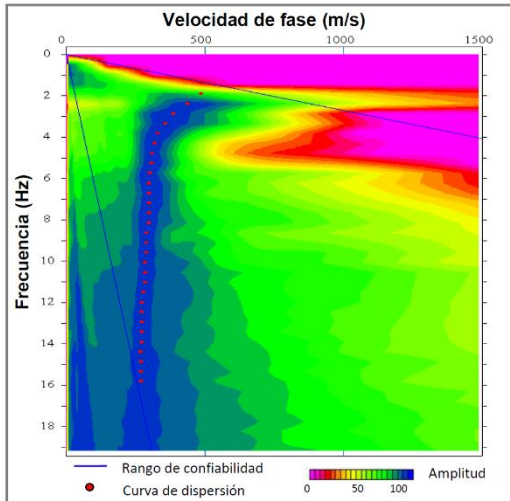


Tabla de resultados

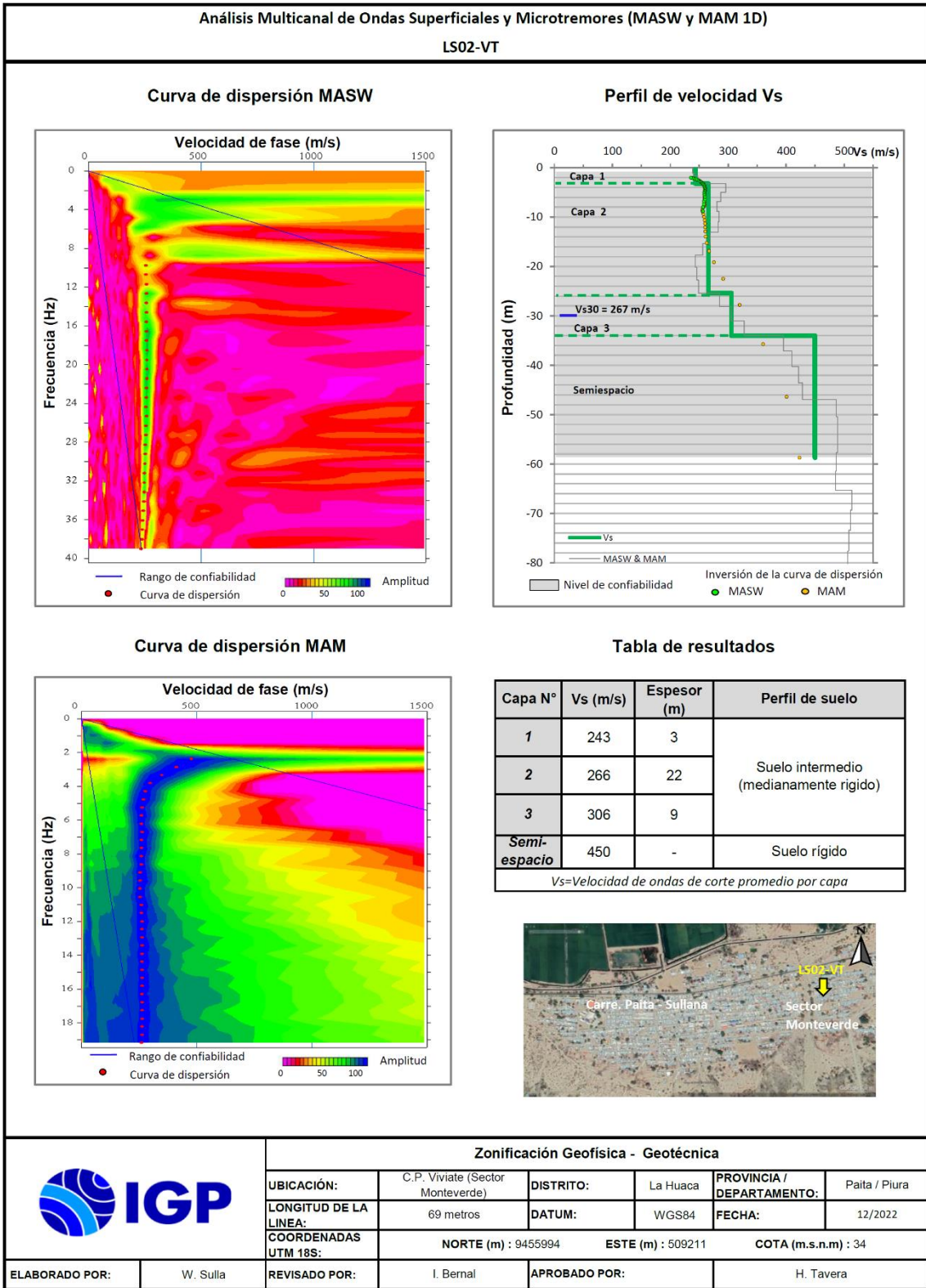
Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	241	4	Suelo intermedio (medianamente rígido)
2	302	30	
3	343	10	
Semi-espacio	470	-	Suelo rígido

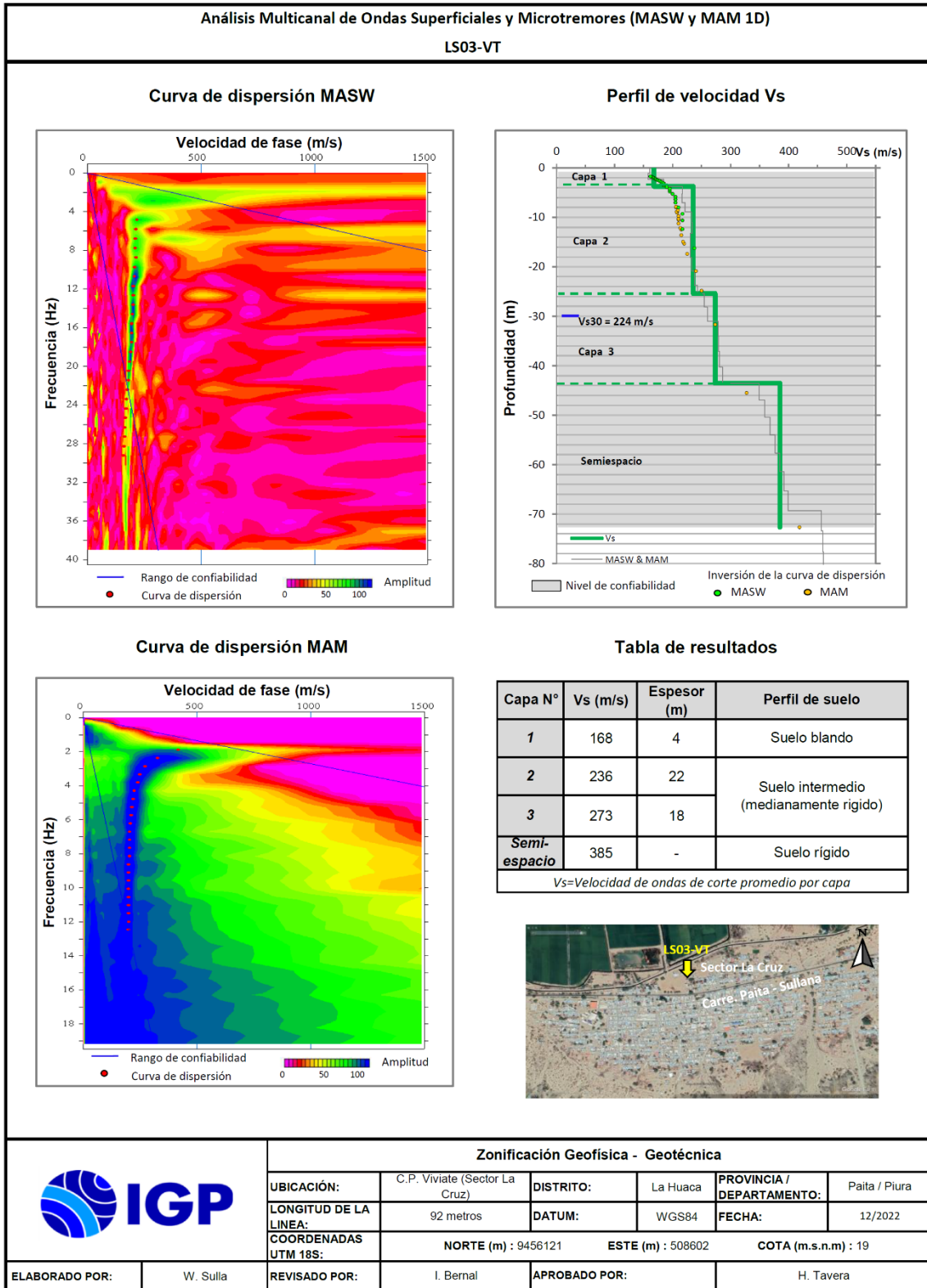
Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa

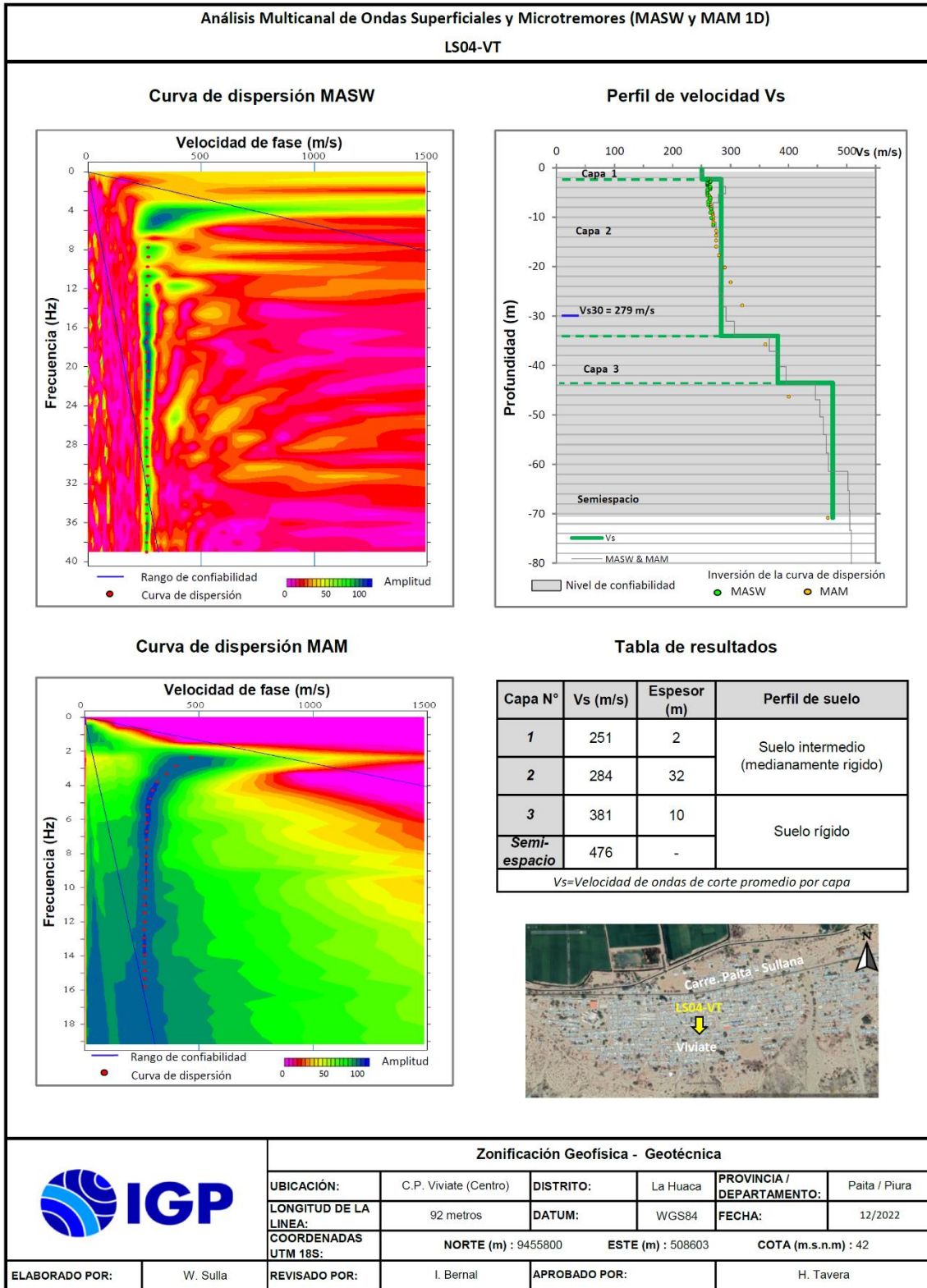


Zonificación Geofísica - Geotécnica

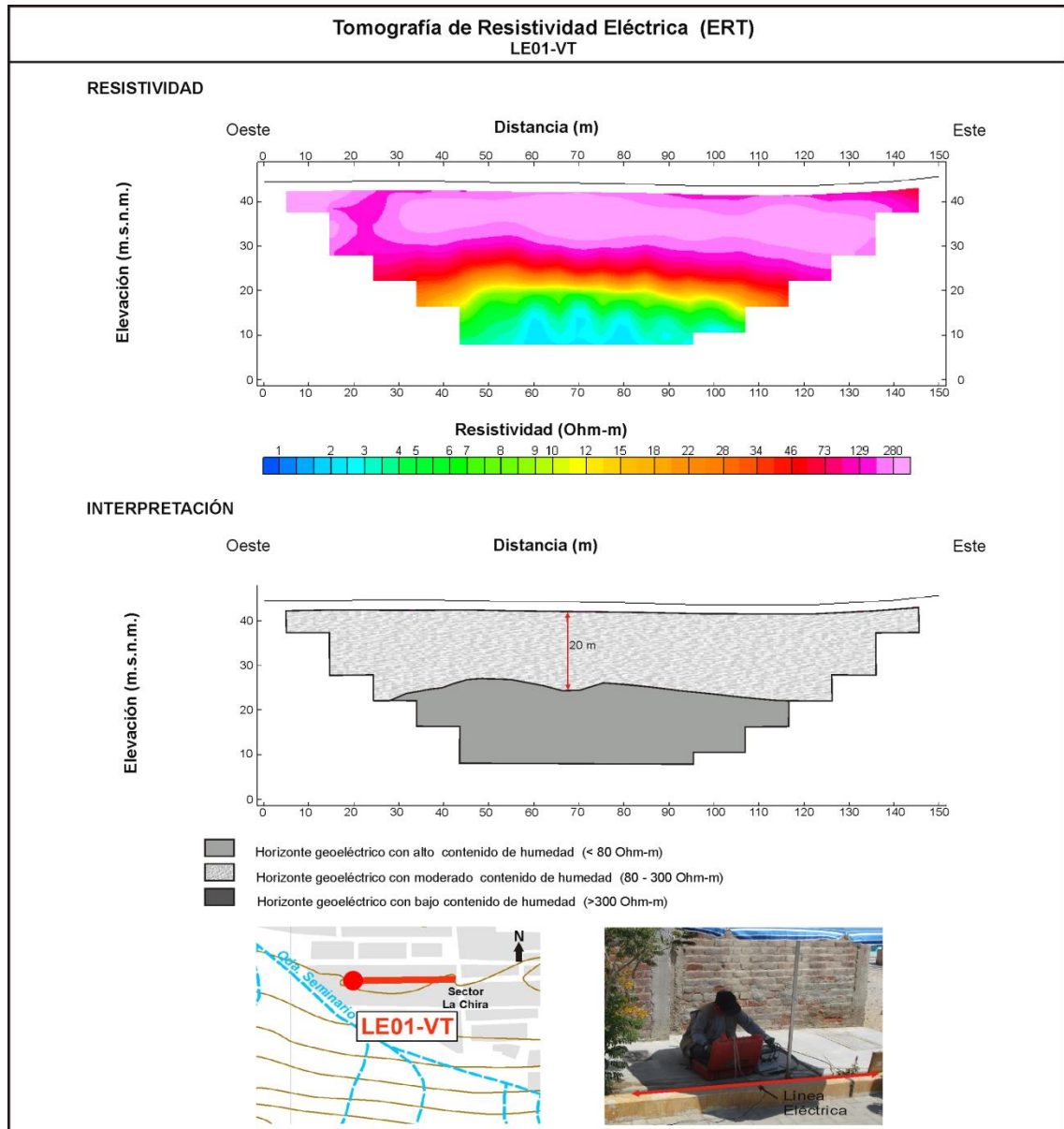
UBICACIÓN:	C.P. Viviate (Sector San José)	DISTRITO:	La Huaca	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Paíta / Piura
LONGITUD DE LA LINEA:	92 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	12/2022
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 9455822	ESTE (m) : 508124	COTA (m.s.n.m) : 42		
ELABORADO POR:	W. Sullá	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera







Secciones de tomografía eléctrica



Zonificación Geofísica - Geotécnica						
	UBICACIÓN:	C.P. Viviate (sector La Chira)	DISTRITO:	La Huaca	PROVINCIA/DEPARTAMENTO:	Paíta/Piura
	LONGITUD DE LA LÍNEA	150 metros	MEDIO SATURADO:	No	FECHA:	12/2022
	COORDENADAS UTM 17S:	INICIO: NORTE (m): 9455711 FINAL: NORTE (m): 9455713	ESTE (m): 508079 ESTE (m): 508250	COTA (m.s.n.m.): 44 COTA (m.s.n.m.): 45		
ELABORADO POR:	F. Rosado	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera	

