



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



IGP

Instituto
Geofísico
del Perú

CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS DEL ÁREA URBANA DE HUARAZ (Región Áncash)

Informe Técnico n.º 003-2025/IGP CIENCIAS DE LA TIERRA SÓLIDA



Lima-Perú
Noviembre, 2025

CRÉDITOS

Miguel Ángel Espichán Mariñas
Ministro del Ambiente

Hernando Tavera
Jefe institucional del IGP

Juan Carlos Gómez
Director de la Dirección de Ciencias de la Tierra Sólida del IGP

Caracterización geofísica-geotécnica de los suelos del área urbana de Huaraz (región Áncash)
Informe técnico

Isabel Bernal
Kelly Pari
Juan Carlos Gomez
Hernando Tavera
Autores

Evaluación geofísica: Wilfredo Sulla, Isabel Bernal, Kelly Pari, Fabiola Rosado, Jorge Salas,
Javier Oyola, Luz Arredondo, Liliana Torres
Cartografía: Javier Oyola
Evaluación geodinámica-geotécnica: Héctor Lavado, Juan Carlos Gómez
Apoyo técnico: Liliana Torres, Jesús Huarachi, Luz Arredondo
Apoyo logístico: Robert Yupanqui, Augusto Cárdenas
Apoyo administrativo: Marisol Enriquez, Susana Huaccachi
Participantes

Hernando Tavera
Jorge Concha
Edición de contenido

Jorge Concha
Diseño y diagramación

Este informe ha sido elaborado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP)
Calle Badajoz 169, Mayorazgo, Ate, Lima
Teléfono: +5113172300

Accede libremente al Repositorio Geofísico Nacional (REGEN) para descargar este informe:
<https://repositorio.igp.gob.pe/>



REGEN

Lima, noviembre de 2025

Programa Presupuestal 068

REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS POR DESASTRES

ESTUDIOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES

Actividad

Desarrollo de estudios para establecer el riesgo a nivel territorial



CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA-GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS DEL ÁREA URBANA DE HUARAZ (Región Áncash)



Lima, Perú
Noviembre de 2025

RESUMEN

Se analizan y evalúan las características físicas y dinámicas de los suelos del área urbana del distrito de Huaraz (provincia de Huaraz, región Áncash) mediante la aplicación de métodos geofísicos y geotécnicos. Los resultados obtenidos evidencian la presencia de suelos medianamente rígidos a rígidos (con velocidades de ondas de corte V_{s30} : 334-626 m/s), que conforman capas de 9 a 42 metros de espesor. Los mayores espesores se ubican hacia el extremo sur del área de estudio, entre la Plaza de Armas y el Río Seco, cubiertos por una capa delgada de suelos poco compactos (V_s : 243-251 m/s) de 4 a 5 metros de espesor y con alto contenido de humedad.

Los suelos responden a periodos de vibración de 0.1 a 0.2 segundos en áreas próximas al río Santa y al río Quillcay, y de 0.3 a 0.4 segundos en el sector comprendido entre la Plaza de Armas y el Río Seco. A una profundidad de 1 metro, la capacidad de carga portante varía de muy baja a alta ($<1.0 \text{ kg/cm}^2$ a $>3.0 \text{ kg/cm}^2$). De acuerdo con estas características, predominan los suelos de los tipos S1, S2 y S4, que corresponden a materiales medianamente rígidos a rígidos.

Las zonas cuyos suelos representan mayor riesgo frente a la ocurrencia de un sismo de moderada a elevada magnitud se encuentran en el área céntrica del distrito, en los barrios Belén, Villón, Soledad, Bella Vista y en sectores de pendiente. En estas zonas predominan suelos medianamente rígidos con alto contenido de humedad, lo que podría generar altos niveles de sacudimiento del suelo y afectar las estructuras construidas sobre ellos.

CONTENIDO

5	Resumen
8	Introducción
9	Objetivo del estudio
9	Área del estudio
9	Condiciones locales de sitio
9	Zonificación: Norma Técnica E.030
10	Antecedentes
12	Geomorfología, geología y geotecnia
12	Geomorfología
16	Geología local
16	Geodinámica superficial
18	Aspectos geotécnicos
25	Evaluación geofísica
25	Método de razones espectrales-vibración ambiental
30	Métodos sísmicos MASW-MAM
35	Método de resistividad eléctrica
40	Zonificación geofísica-geotécnica
40	Caracterización física y dinámico de los suelos
45	Mapa de zonificación geofísica-geotécnica
47	Conclusiones
48	Referencias
49	Anexos

Foto @IntiRunaViajero (Flickr)



Huaraz, capital de Áncash, con el nevado Huascarán de la cordillera Blanca al fondo.

1. Introducción

De acuerdo con la historia sísmica del Perú, la región central ha sido afectada en varias oportunidades por eventos sísmicos de variada magnitud que han generado altos niveles de sacudimiento del suelo, puestos en evidencia con los daños observados postsismo, en las regiones de Áncash y La Libertad (Silgado, 1978; Tavera et al., 2016). Al ser los sismos cíclicos, es de esperarse que, en el futuro, las mismas ciudades o áreas urbanas sean afectadas por nuevos eventos sísmicos con la misma o mayor intensidad, con daños importantes en la ciudad de Huaraz que generarían, como efectos secundarios, los asentamientos, derrumbes, entre otros, con impacto directo a la población. Entonces, no es tan importante el tamaño del sismo, sino la intensidad del sacudimiento del suelo, la educación de la población y la calidad de las construcciones.

La ciudad de Huaraz se encuentra ubicada en la zona costera de la región central, emplazada sobre una terraza constituida por la acumulación de materiales de origen aluvial. A fin de conocer el comportamiento dinámico de los suelos en el área urbana del distrito de Huaraz, se realizan estudios multidisciplinarios donde se aplican

diferentes metodologías geofísicas, geológicas y geotécnicas que, en conjunto, permitirán determinar los diferentes parámetros físicos y dinámicos (velocidades, espesores, resistividad, periodos de respuesta y amplificaciones) que caracterizan la estructura del suelo. A partir de dicha información se delimitan y clasifican los diferentes tipos de suelos, con lo que se genera el mapa de zonificación geofísica y geotécnica para el área urbana de la ciudad de Huaraz.

En general, estos estudios permiten tener mayor conocimiento sobre las características dinámicas de los suelos sobre los cuales se levantan las ciudades o futuras áreas de expansión. Asimismo, las características estructurales de los suelos acondicionan el diseño y la construcción de viviendas y estructuras apropiadas para cada tipo de suelo.

Finalmente, los mapas de zonificación geofísica-geotécnica se constituyen como información primaria a ser utilizada por los ingenieros civiles y arquitectos en el diseño y construcción de las estructuras apropiadas para cada tipo de suelo identificado en cada zona de estudio. Asimismo, deben considerarse como herramienta de gestión del riesgo para ser utilizada por las autoridades locales y regionales.

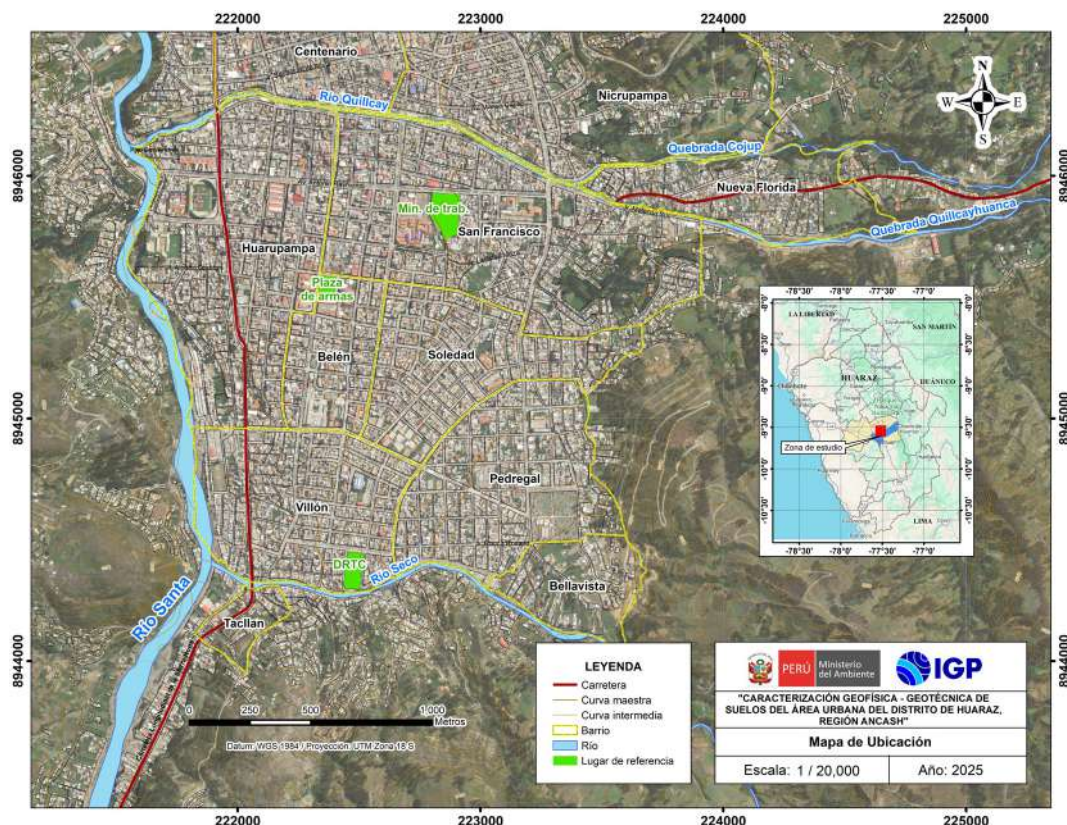


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

1.1 Objetivo del estudio

El presente estudio tiene como objetivo conocer los parámetros físicos de la estructura del suelo y su comportamiento dinámico ante la ocurrencia de sismos a partir del mapa de zonificación geofísica-geotécnica de los suelos para el área urbana del distrito de Huaraz en la región Áncash. Esta información debe ser considerada por las autoridades locales como un instrumento para la gestión del riesgo de desastres a fin de realizar una adecuada planificación y expansión urbana.

1.2 Área del estudio

El área urbana del distrito de Huaraz se encuentra en la región central del Perú, provincia de Huaraz y región de Áncash, en las coordenadas 9.525°S y 77.528°O, a una elevación media de 3057 m s. n. m. Se encuentra entre la cordillera Blanca al este y la cordillera Negra al oeste. Sus límites son: por el norte, con el distrito de Independencia; por el este, con la provincia de Huari; por el sur, con la provincia de Recuay y el distrito de Olleros; y al oeste, con la provincia de Aija y los distritos de La Libertad y Pira. Asimismo, tiene una población de 68 466 habitantes (INEI, 2020). En la Figura 1 se muestra la ubicación de la zona de estudio y, en la Figura 2, una vista panorámica de Huaraz.

1.3 Condiciones locales de sitio

Actualmente, es ampliamente conocido que las condiciones locales de sitio son uno de los principales factores responsables de los daños que se producen en cualquier tipo de edificación durante la ocurrencia de sismos importantes. Este factor es fuertemente dependiente de las características físicas y dinámicas del suelo (Lermo y Chávez-García, 1994; SESAME Project, 2004; Bernal, 2006), ya que controla la amplificación de las ondas sísmicas causantes de los daños a observarse en superficie después de ocurrido un evento sísmico.

La metodología por seguir en este estudio considera el desarrollo de estudios multidisciplinarios de geofísica, sismología, geología, geomorfología y geotécnica. Cada uno de estos campos de investigación provee información básica obtenida desde observaciones de campo y la toma de datos basados en los mapas catastrales actualizados y zonas de futura expansión urbana.



Figura 2. Vistas panorámicas de la plaza de Armas y del distrito de Huaraz.

1.4 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.º 003-2016 Vivienda y actualizada según Resolución Ministerial n.º 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. Con base en lo descrito anteriormente, se establecen cinco tipos de perfiles cuyas características se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de perfiles de suelos de la Norma E.030 (2018).

Perfil	V_{s30} (m/s)	Descripción
S0	>1500	Roca dura
S1	500 a 1500	Roca o suelos muy rígidos
S2	180 a 500	Suelos intermedios
S3	<180	Suelos blandos
S4	Clasificación basada en el EMS	Condiciones excepcionales

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

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

Donde:

d_i = espesor de cada uno de los estratos n .
 V_{si} = velocidad de ondas de corte (m/s).

En este estudio, el mapa de zonificación geofísica-geotécnica se realiza en función de las características mecánicas, físicas y dinámicas de los suelos que conforman el terreno de cimentación del área de estudio. De acuerdo con los estudios de zonificación realizados por el IGP, el rango de velocidades 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 (Tabla 2).

Esta zonificación condiciona el tipo de estructura que se debe construir, es decir, el tipo de material,









geometría y el número de pisos en las viviendas o de grandes obras de ingeniería. Se debe buscar que el periodo fundamental de respuesta de la estructura no coincida con la del suelo a fin de evitar el fenómeno de resonancia o una doble amplificación sísmica. En general, para cualquier estudio se deberá considerar el tipo de suelo que mejor describa las condiciones locales de cada zona de interés.

1.5 Antecedentes

En 1996, el INGEMMET elabora el mapa geológico de la ciudad de Huaraz, donde se indica que se encuentra emplazada sobre terrazas fluviales, sedimentos fluvio-gravitacionales, depósitos de arcillas y arenas saturadas, y depósitos aluviales producto de la erosión de morrenas, residuos de avalancha y residuos coluviales, junto a la acción modeladora de los ríos Santa y Quillcay.

Según Ordóñez (1984), la napa freática de Huaraz es alimentada por filtraciones provenientes de las quebradas circundantes, como Bellavista y Rataquena, con un acuífero de baja permeabilidad. En el centro urbano, el nivel freático está cercano a la superficie, a 1.5 metros de profundidad,

Tabla 2. Clasificación de perfiles de suelos adaptados a la zona de estudio a partir de lo establecido en la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E.030 (2018).

Perfil	Velocidades de ondas de corte - V_{s30}	Periodos T_0 (s)	Tipos de suelos	Simbología
S0	>800	-	Roca dura	
S1	500 a 800	0.1–0.2	Suelos muy rígidos o roca fracturada	
S2	350 a 500	0.2–0.4	Suelos rígidos	
S3	200 a 350	0.5–0.7	Suelos intermedios (medianamente rígidos)	
S4	<200	>0.7	Suelos blandos	
S5	Condiciones excepcionales		Suelos inestables por su composición (pantanos, rellenos, licuables, eólicos)	
			Suelos inestables por topografía	
Zonas con factor de amplificación relativa >2.0 veces				

mientras que en la parte norte de la ciudad las profundidades son mayores de 3 metros.

Según Alva et al. (2000), en la zona norte de Huaraz predomina la presencia de suelos aluvionales, compuestos de boleos y cantos de roca de diversos tamaños, en una matriz de arena o grava limosa, con capacidad portante de hasta 2.5 kg/cm^2 . En la zona central, predomina un área aluvional del río Quillcay, entre la Av. Raimondi y el río. En el antiguo centro urbano, existen suelos finos con niveles freáticos superficiales con capas de arenas limosas y arcillosas, así como arcillas de alta plasticidad en Belén y Huarupampa, con capacidad portante de 0.5 a 1.5 kg/cm^2 . En la zona sureste, entre la Alameda Grau y la Prolongación Av. Raimondi, existe una capa de arena limosa o tierra vegetal y matriz de arena limo-arcillosa. La capacidad portante de estos suelos es superior a 2.0 kg/cm^2 .

En 2003, INDECI-PNUD, realizó el “Plan de prevención ante desastres: Usos del suelo y medidas de mitigación para la ciudad de Huaraz”. El área de estudio presenta una conformación geológica muy variada, compuesta por terrazas fluviales, sedimentos fluviogravitacionales, depósitos de arena y arcillas saturadas, y depósitos aluviales. La hidrogeología es heterogénea y compleja. El nivel freático es alimentado por las filtraciones de las quebradas de Bellavista, Rataquenua y por el canal Tajamar, y varía en profundidad en diferentes épocas del año. Los valores de periodos vibración están en el rango de 0.15 a 0.45 segundos; en el sector donde se presentan los aluvionales, el rango es de 0.15 a 0.25 segundos, siendo este el sector más estable.

En 2015, la Autoridad Nacional del Agua (ANA) delimitó las zonas inundables de los ríos Santa y Seco, tal como se muestra en la Figura 3.

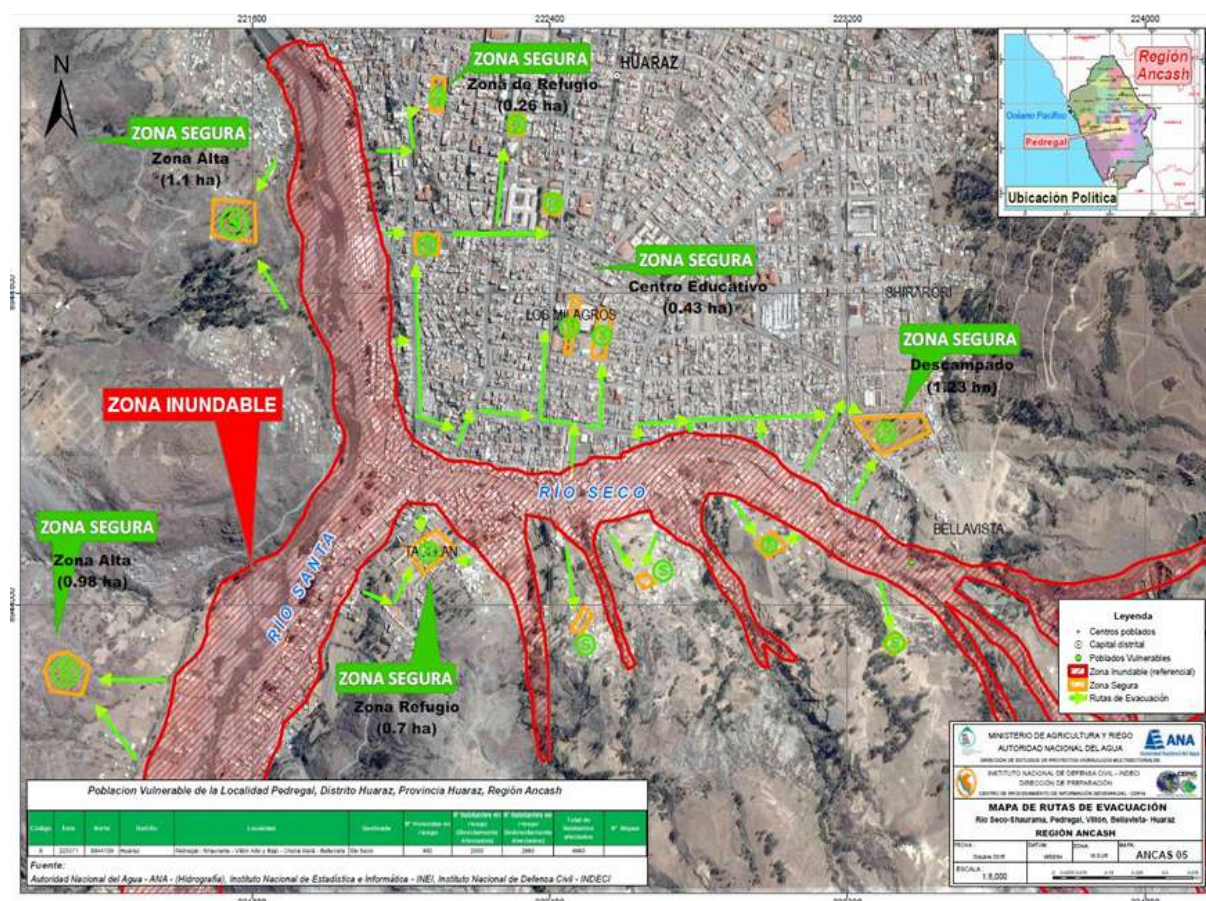


Figura 3. Zonas inundables en el distrito de Huaraz.

2. Geomorfología, geología y geotecnia

2.1 Geomorfología

La geomorfología estudia las diferentes formas del relieve de la superficie terrestre (geoformas) y los procesos que las generan. A continuación, se describen las unidades geomorfológicas identificadas en el área de estudio con base en sus características físicas y los procesos que las han originado, teniendo en cuenta el análisis del modelo digital de elevaciones y pendientes.

2.1.1 Base topográfica

- **El Modelo Digital de Elevación (MDE)**

Los MDE son representaciones gráficas de la superficie del terreno, conformadas por un número de puntos con información altimétrica y planimétrica. Por su naturaleza digital, los MDE permiten ser utilizados para realizar mapas de pendientes, acumulación de horas de radiación, parámetros morfométricos, entre otros. Con base en el MDE elaborado para la ciudad de Huaraz, se ha reconocido que, hacia el sur y este (Huaripampa y Mirador), se ubican las mayores elevaciones entre 3090 y 3200 m s. n. m., mientras que, en la parte central urbana, las altitudes se encuentran entre 3060 y 3090 m s. n. m.

- **Mapa de pendientes**

Es el ángulo que se expresa en grados o porcentajes. Este parámetro influye en la formación de los suelos y condiciona el proceso erosivo, puesto que, mientras más pronunciada sea la pendiente, la velocidad del agua de escorrentía será mayor y no permitirá la infiltración del agua en el suelo. El diseño de mapa de pendientes para la ciudad de Huaraz fue desarrollado haciendo uso de herramientas de geoprocetamiento (área de influencia, construcción de modelos, análisis espacial, etc.) para diferenciar gráficamente los ángulos de inclinación del relieve en el área de estudio.

Para la clasificación se utilizaron los rangos de pendientes propuestos por (Fidel et al., 2006). Ver Tabla 3.

Tabla 3. Rango de clasificación de pendientes del terreno.

RANGOS DE PENDIENTE (°)	CLASIFICACIÓN
<5.00	Muy Baja
5.00–15.00	Baja
15.00–25.00	Media
25.00–35.00	Fuerte
>35.00	Muy Fuerte

Fuente: Fidel et al. (2006)

La mayor área de la ciudad de Huaraz se encuentra asentada sobre una terraza con pendientes <15°, y hacia el cerro El Mirador >35°. Figura 4.

2.1.2 Unidades geomorfológicas

Las principales unidades geomorfológicas identificadas en Huaraz son las siguientes:

- **Terraza aluvial**

Extensión del terreno moderadamente plana que ha sido generada por la acumulación de materiales de origen aluvial, con pendiente <15°. Sobre esta unidad geomorfológica se emplaza el área urbana de Huaraz. Figura 5.

- **Lomas**

Se refiere a superficies elevadas cuya base se presenta de forma alargada con pendientes de 20° a 35°, a distancias de 1500 metros al este y sur de la plaza de Armas: cerros Mirador y Shaurama. Figura 6.

- **Colina**

Se refiere a las formas de relieve de origen denudacional con pendientes de 25° a 35°, a una distancia de 1500 metros al oeste y sur de la plaza de Armas: sectores Challhua, Quechcap y Shauyayoc. Figura 7.

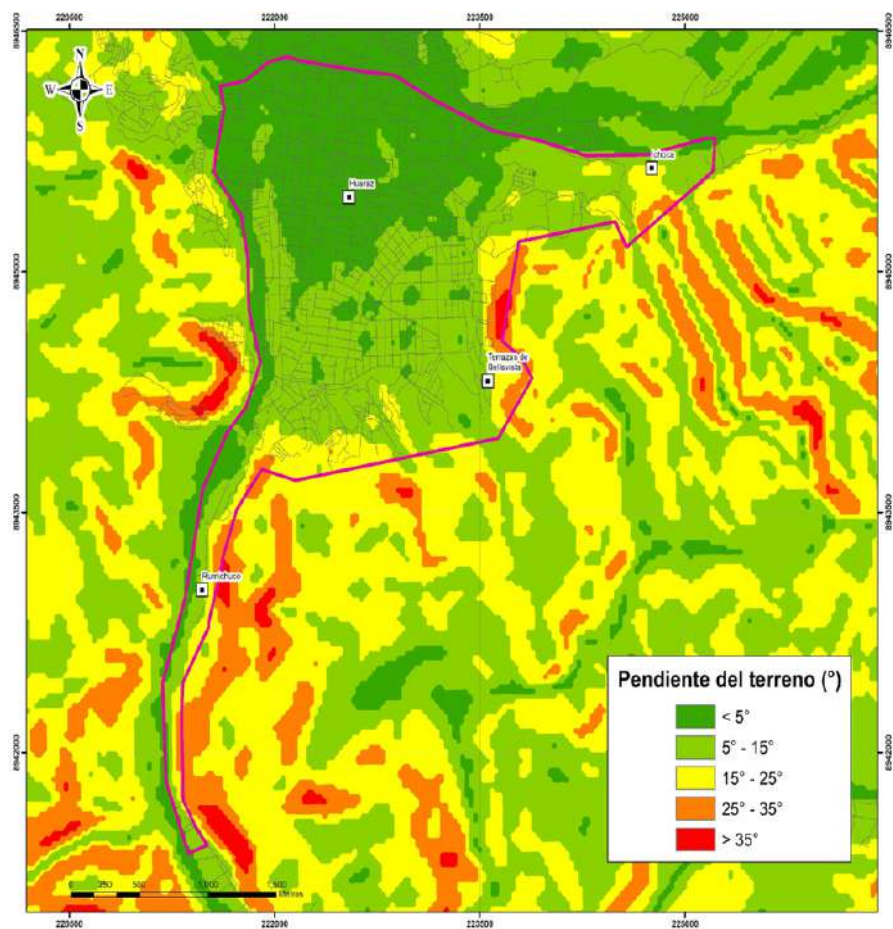


Figura 4. Pendiente del terreno del área urbana del distrito de Huaraz.



Figura 5. Terraza aluvial donde se asienta el área urbana de Huaraz y se desarrolla la actividad agrícola.



Figura 6. Loma entre los sectores Río Seco y Bellavista, con elevación aproximada de 40 m.



Figura 7. Colina en el sector Quechcap, con elevación aproximada de 250 m.

• Montaña

Son formas de relieve con alturas y pendiente del terreno mayores a 300 metros y 35°, respectivamente. Están presentes al este y oeste

de la ciudad de Huaraz y conforman la cordillera de los Andes. Ver Figura 8.

De manera complementaria, la Figura 9 presenta el mapa de geomorfología del área urbana de Huaraz.



Figura 8. Montaña al este y oeste de la ciudad de Huaraz, con elevación mayor a los 350 m.

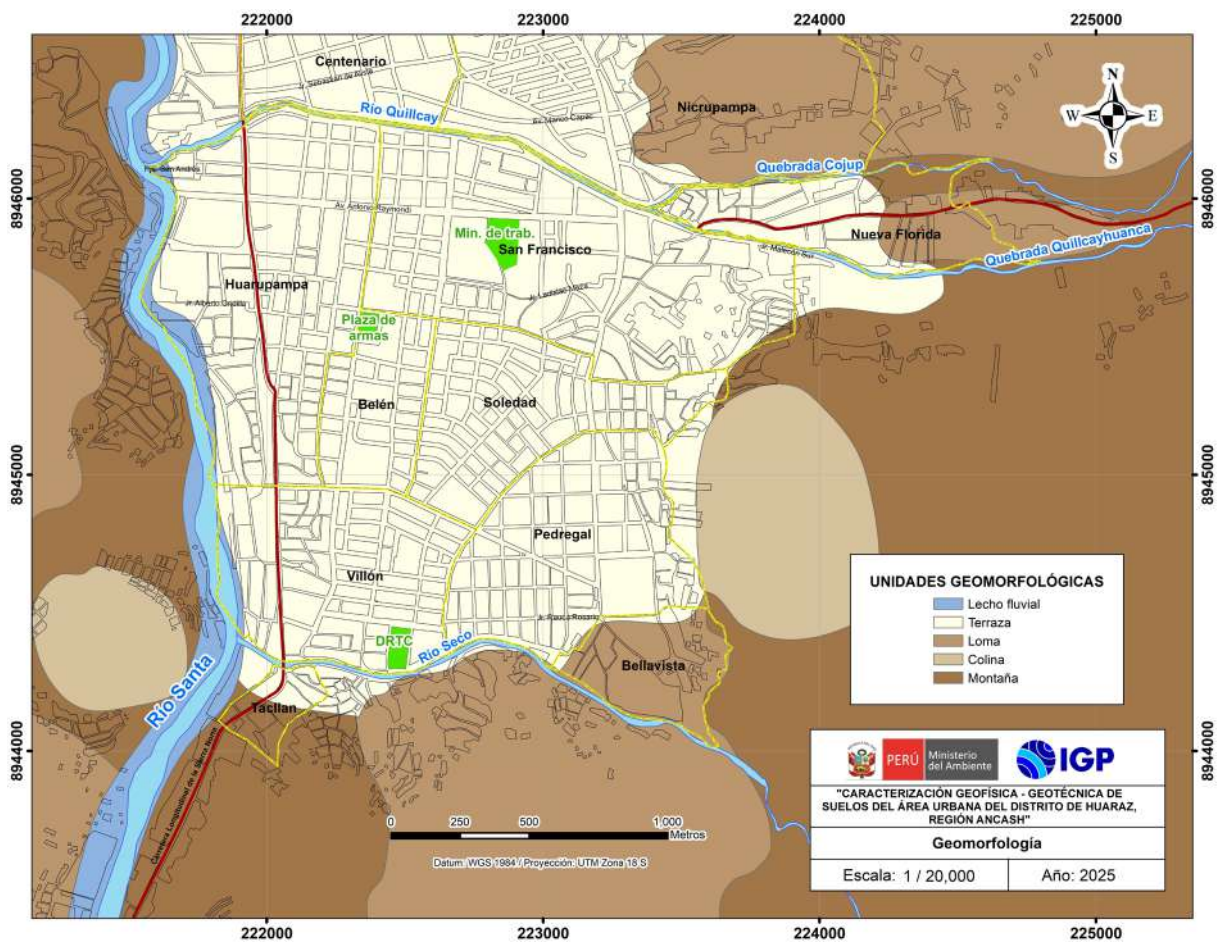


Figura 9. Mapa geomorfológico del área urbana del distrito de Huaraz.

2.2 Geología local

El análisis de la geología regional ha sido desarrollado con base en información publicada por el INGEMMET (1967) a escala 1/100 000 (cuadrángulo geológico de Huaraz, hoja 20-h). En tanto, para la geología local se ha hecho uso de información recolectada directamente en campo a fin de lograr construir información geológica a la escala 1/20 000. De acuerdo con estos resultados, se ha logrado identificar las siguientes unidades geológicas:

- **Grupo Calipuy (Peo-c-lv, pi)**

Consiste en rocas volcánicas de tipo andesitas (color gris verdoso, con tonalidades plomas, ligeramente alterada) y tobas que son cubiertas por depósitos aluviales. Este tipo de rocas afloran en el cerro Shaurama y, en su mayor dimensión, en el sector Tacllán. Figura 10.



Figura 10. Afloramiento de roca tipo andesita del Grupo Calipuy.

- **Depósitos morrénicos (Q-gl)**

Consiste en acumulación de material glaciofluvial con estratificación de arenas, gravas y limos ubicado al este y sureste del centro urbano de la ciudad de Huaraz. Figura 11.

- **Depósitos aluviales (Qh-al)**

Están conformados mayormente por suelos gravosos, con elementos de diferentes diámetros y origen aluviónico. Estos materiales son transportados por la dinámica y evolución del cauce del río Quillcay.



Figura 11. Depósitos morrénicos en el sector Rumichuco.

Finalmente, en la Figura 12 se presenta el mapa de geología del área urbana de Huaraz, elaborado con la información recolectada en campo.

2.3 Geodinámica superficial

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 o morfológicos que alteran y modifican el relieve actual.

Los eventos geodinámicos identificados en Huaraz corresponden a la ocurrencia de los siguientes procesos:

- **Aluvión**

Interpretado como un flujo repentino (*flash flood*), extremadamente rápido, de volumen relativamente grande y de corta duración, que desborda los cauces de ríos en valles, transportando una enorme carga de barro y fragmentos rocosos (Montero, 2017; INAIGEM, 2020), localizado en el sector Quillcay.

- **Flujo de detritos**

Desplazamiento de una mezcla de agua, lodo y bloques de roca de diferentes dimensiones que se movilizan a gran velocidad a través de quebradas. Una mezcla turbulenta de agua, sedimentos y fragmentos de roca que se mueve como un fluido viscoso a través de un canal o ladera. Se caracteriza por una alta concentración de sedimentos (hasta 60 % en volumen), una

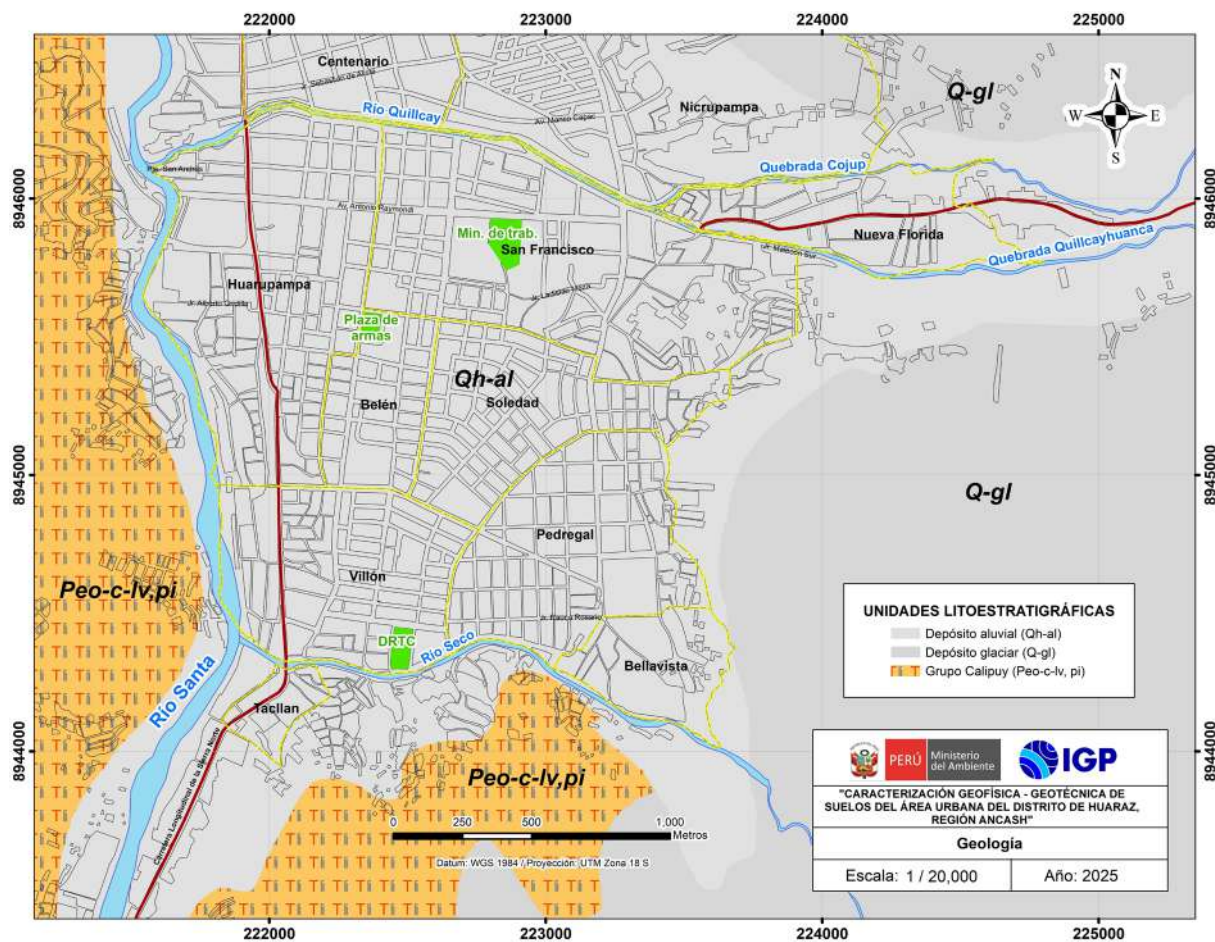


Figura 12. Mapa geológico de Huaraz.

velocidad de flujo que puede variar desde unos pocos metros por segundo hasta varios metros por segundo, y una capacidad para transportar grandes bloques de roca. Se localizan en el sector Río Seco.

• Caída de rocas

Es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire y puede efectuar golpes, rebotes y rodamiento. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido. En el área de estudio se localizan en el cerro Mirador.

El distrito se asienta en la margen izquierda del río Quillcay, y está expuesto a la ocurrencia de aluviones, como el acontecido en el año 1941, que destruyó gran parte del centro urbano de la ciudad de Huaraz. Asimismo, los sectores 8

de Marzo y barrio Chunabajo se encuentran expuestos a la ocurrencia de flujos de detritos de la quebrada Río Seco. Figura 13.

Finalmente, en la Figura 14 se observan las zonas de ocurrencia frecuente de eventos geodinámicos en la ciudad de Huaraz.



Figura 13. Quebrada Río Seco en el sector Bellavista.

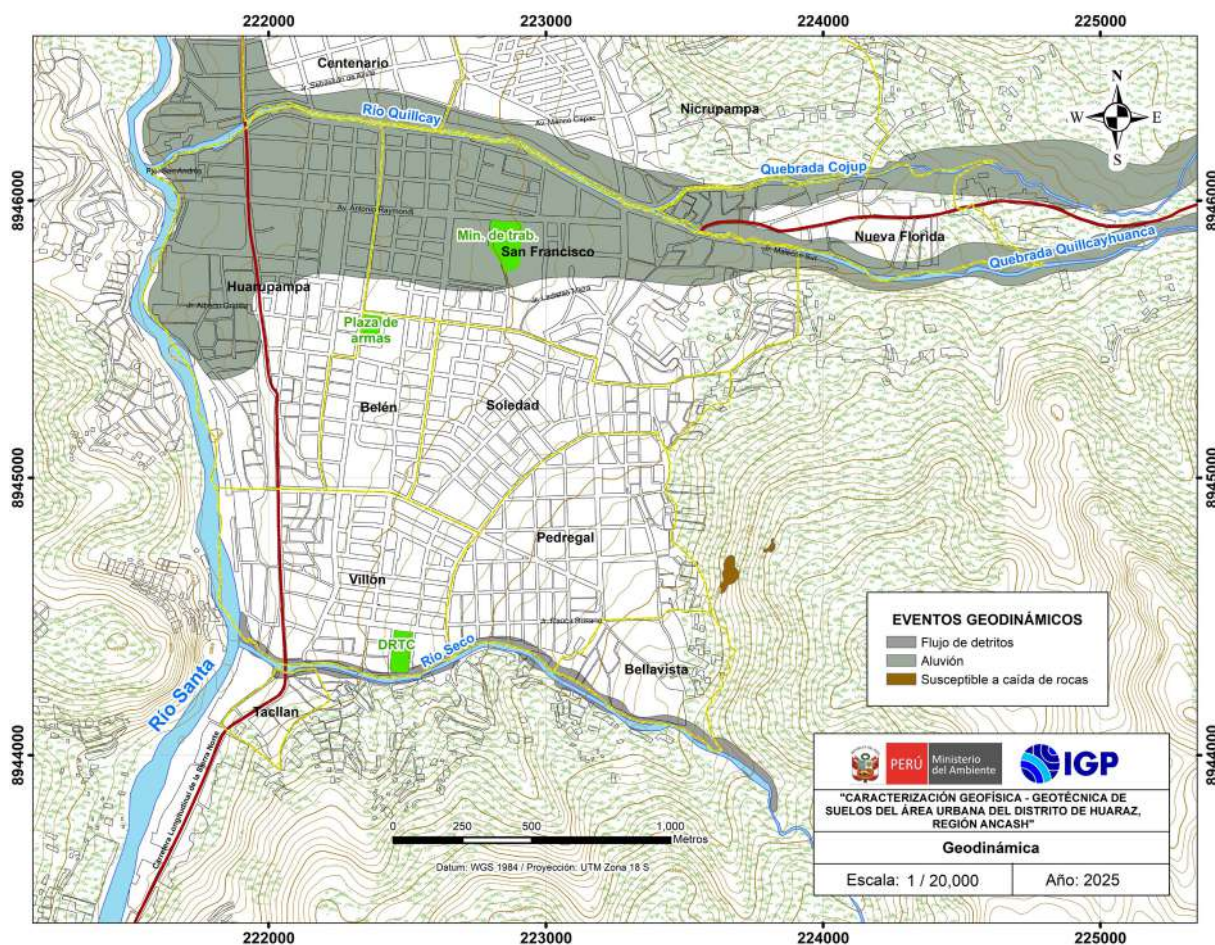


Figura 14. Mapa de geodinámica del área urbana de Huaraz.

2.4 Aspectos geotécnicos

Los suelos son materiales no consolidados conformados por minerales, materia orgánica, agua y aire entre sus poros. Se originan a partir de la alteración de la roca madre por agentes atmosféricos, mediante procesos de meteorización y erosión, que generan una cobertura de sedimentos de espesor variable. Posteriormente, estos sedimentos son transportados y depositados en las partes bajas de las cuencas hidrográficas, sobre los cuales se asientan las áreas urbanas.

Con la finalidad de obtener la información geotécnica de los suelos de cimentación en el área urbana de Huaraz, en coordinación con el Gobierno Regional de Áncash, se ejecutaron exploraciones a cielo abierto (calicatas) y cortes directos para la clasificación de suelos (SUCS), con el fin de estimar la capacidad de carga portante de los suelos.

Para el análisis geotécnico, en el área urbana de Huaraz, se realizaron ocho calicatas, nueve posteos

y siete ensayos de penetración dinámica ligera (DPL), indicados en la Figura 15. Las muestras extraídas se enviaron al laboratorio GSE Laboratorio, Ingeniería y Construcción, con la finalidad de determinar la composición granulométrica, plasticidad, corte directo y realizar el cálculo de la capacidad portante de los suelos de cimentación.

A continuación, se describen las técnicas de exploración geotécnica:

- **Exploraciones a cielo abierto (calicatas, norma ASTM 420)**

En el área de estudio se realizaron cinco calicatas con profundidades de exploración de 1.5 metros, con lo que se extrajeron muestras en bolsas herméticas con capacidad de 5 kg. Las características físicas de las calicatas se muestran en la Tabla 4. La exploración geotécnica permitió identificar suelos conformados por arena arcillosa, arcillas, gravas y arena mal graduada, donde no se ha identificado nivel freático superficial.

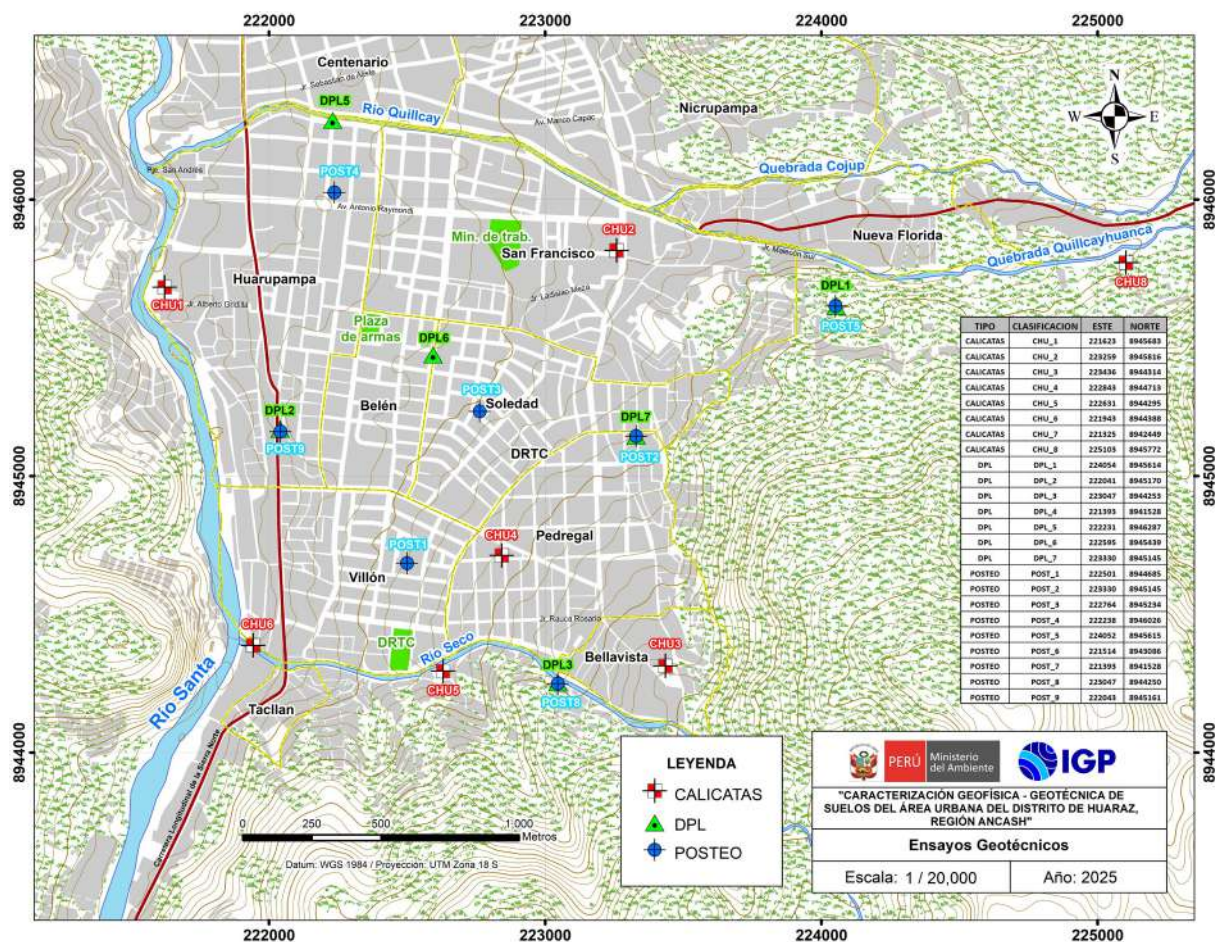


Figura 15. Ubicación de ensayos geotécnicos en Huaraz.

- **Exploraciones mediante el posteo manual**

A fin de obtener muestras del suelo, se realizaron sondeos exploratorios (perforaciones) en suelos blandos (arcillas y arenas) hasta una profundidad

de 1.5 metros. En cada uno de los ensayos se llevó a cabo una detallada descripción de los tipos de suelos encontrados y el contenido de humedad que presenta (Tabla 4). No se evidenció la presencia de nivel freático superficial. La ubicación de los posteos y resultados se muestran en la Tabla 5, mientras que el registro de perforaciones en el Anexo 1.

Tabla 4. Ubicación de calicatas

CÓDIGO DE CALICATA	COORDENADAS UTM		ELEVACIÓN (m s. n. m.)	PROF. (m)	NIVEL FREÁTICO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)			
CS-01	221623	8945683	3042	1.50	N. P.
CS-02	223260	8945816	3054	1.50	N. P.
CS-03	223436	8944314	3199	1.50	N. P.
CS-04	222843	8944713	3143	1.50	N. P.
CS-05	222631	8944295	3134	1.50	N. P.
CS-06	221943	8944388	3035	1.50	N. P.
CS-07	221325	8942449	3114	1.50	N. P.
CS-08	225103	8945772	3164	1.50	N. P.

Donde: NP = No Presenta

Tabla 5. Ubicación de postes y clasificación de suelos SUCS.

POSTEO	COORDENADAS		ELEVACIÓN (m s. n. m.)	PROFUNDIDAD (m)	TIPO DE SUELO	NIVEL FREÁTICO (m)
	ESTE (m)	NORTE (m)				
Post_01	222502	8944685	3047	1.50	SC	N. P.
Post_02	223330	8945145	3160	0.75	SW	N. P.
Post_03	222801	8945252	3083	0.5	SW	N. P.
Post_04	222231	8946287	3097	0.60	GW	N. P.
Post_05	224053	8945615	3132	0.55	SM	N. P.
Post_06	221514	8943085	3100	0.30	GC	N. P.
Post_07	221393	8941528	2980	1.50	SC	N. P.
Post_08	223047	8944250	3196	1.00	GW	N. P.
Post_09	222044	8945161	3047	0.80	SC	N. P.

Donde: NP = No Presenta

• Ensayo de penetración dinámica ligera-DPL (Norma DIN 4094)

El DPL es un equipo de campo de registro continuo donde se contabiliza y registra el "N", que es el número de golpes dados por un martillo de 10 kg. Este martillo se deja caer por gravedad desde una altura de 0.50 metros, medida en la parte superior del tambor de acero, para profundizar tramos cada 10 cm, a través de una punta cónica de 60° que se encuentra en el extremo inferior. Este ensayo permite estimar el ángulo de fricción de suelos específicos que ayudarán a calcular mediante fórmulas empíricas la capacidad portante (resistencia al corte) de los suelos en kg/cm²; además, se puede obtener las

propiedades de compacidad de los suelos.

En la Tabla 6 se indica la ubicación de los ensayos de penetración dinámica ligera (DPL) realizados en el área de estudio, el número de golpes y el ángulo de fricción interna calculado con base en los parámetros de compacidad (correlación del valor de N) establecidos por Terzaghi y Peck (1948) y densidad relativa según la fórmula de Meyerhof (1956). La ficha del ensayo se adjunta en el Anexo 1 de geotecnia, mientras que el mapa de ubicación de ensayos geotécnicos en el área de estudio. Ver Figura 15.

$$\Phi = 25^\circ + 0.15 * Dr$$

Donde: Φ = Ángulo de fricción interna
Dr = Densidad relativa

Tabla 6. Ubicación de ensayos de penetración dinámica ligera (DPL) y parámetros obtenidos.

CÓDIGO DE DPL	COORDENADAS UTM		ELEVACIÓN (m s. n. m.)	PROFUNDIDAD (M)	NÚMERO DE GOLPES	Φ
	Este (m)	Norte (m)				
DPL_01	224054	8945614	3132	0.80	45	30.1
DPL_02	222041	8945170	3047	1.50	45	33.4
DPL_03	223047	8944253	3220	1.80	45	34.8
DPL_04	221393	8941528	2980	3.00	10	25.0
DPL_05	222231	8946287	3097	0.90	45	32.3
DPL_06	222595	8945439	3056	1.10	45	32.1
DPL_07	223330	8945145	3160	1.50	45	33.7

Según los parámetros obtenidos, se establece que en los ensayos DPL_1 al DPL_7 (exceptuando el DPL_4) se alcanzaron profundidades entre 0.80 y 1.80 m, debido a que el suelo ofreció resistencia a los 45 golpes. Probablemente, se trata de suelos constituidos por gravas.

cinco tipos de suelos, los mismos que han sido agrupados haciendo uso del Sistema de Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y cuyos resultados son los siguientes (Tabla 7 y Figura 16):

2.4.1 Clasificación de suelos SUCS

Con base en la información recolectada de las calicatas y los resultados obtenidos de los ensayos granulométricos y de plasticidad, se han identificado, en el área urbana de Áncash,

- Suelo tipo GC

Están conformados por grava arcillosa con arena y contenido de humedad de 13.7 %. Este tipo de suelo se identificó en los sectores Bellavista, Pedregal, 8 de Marzo e Ichoca, correspondiente a las calicatas CHU-03, 04, 06 y 08.

Tabla 7. Clasificación SUCS de los suelos de las ocho calicatas elaboradas en el área urbana de Huaraz.

CÓDIGO DE CALICATA	PROF. (m)	PRESENCIA DE AGUA		GRANULOMETRÍA			LÍMITES ATTERBERG (%)			CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCIÓN
		NIVEL FREÁTICO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	GRAVAS (>4.76 mm)	ARENAS (≥0.074 mm, <4.76 mm)	FINOS (<0.074 mm)	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE PLÁSTICO		
CHU-01	1.50	N.P	5	28	40	32	28	17	11	SC	Arena arcillosa con grava
CHU-02	1.50	N.P	4	28	65	7	20	17	3	SW-SM	Arena bien graduada con grava
CHU-03	1.50	N.P	6	44	32	24	36	20	16	GC	Grava arcillosa con arena
CHU-04	1.50	N.P	7	45	39	16	28	17	11	GC	Grava arcillosa con arena
CHU-05	1.50	N.P	3	67	27	6	27	16	11	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla y arena
CHU-06	1.50	N.P	3	61	27	12	25	17	8	GC	Grava arcillosa con arena
CHU-07	1.50	N.P	3	60	31	9	32	18	14	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla y arena
CHU-08	1.50	N.P	5	60	26	14	35	19	16	GC	Grava arcillosa con arena

Donde: NP = No Presenta. PROF: Profundidad

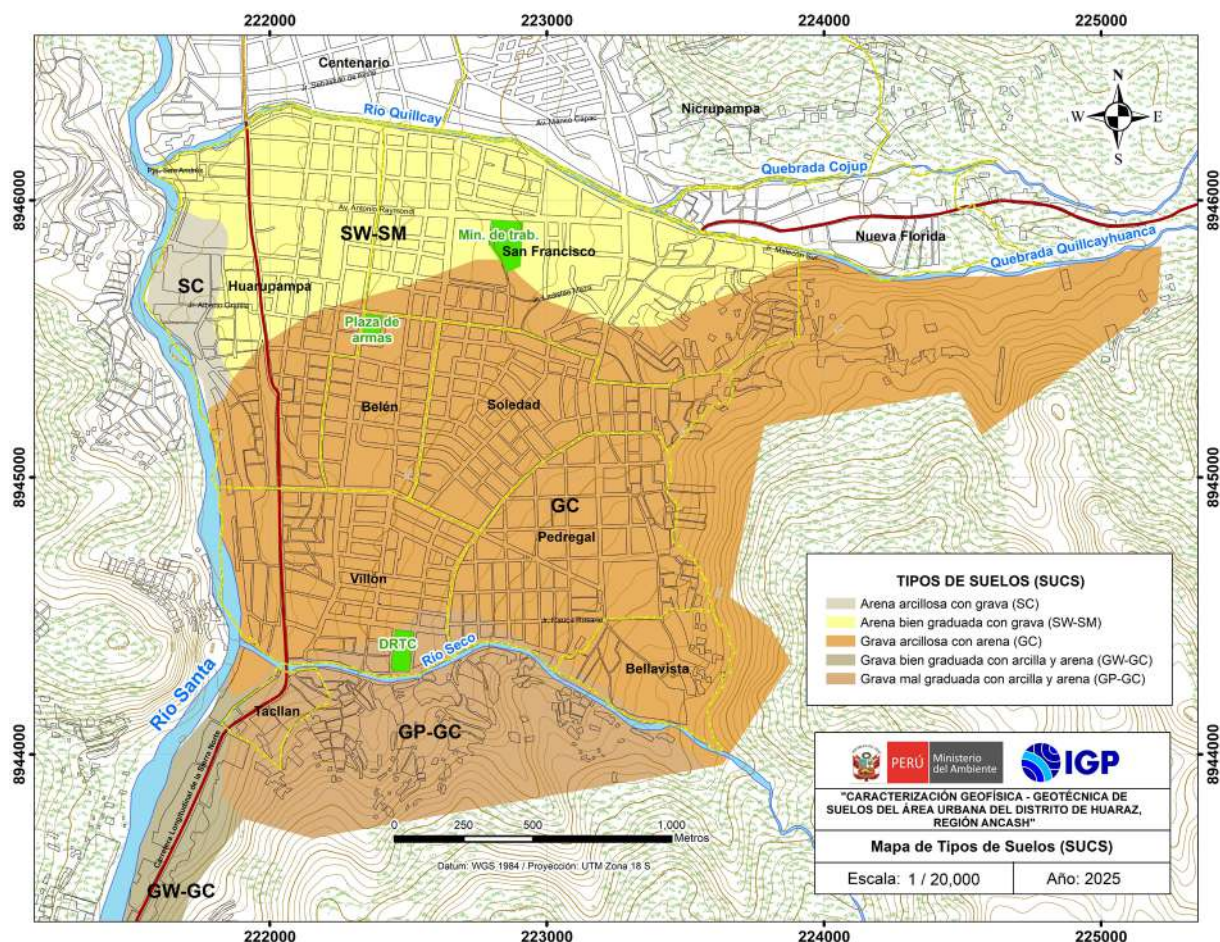


Figura 16. Mapa de clasificación de suelos SUCS para el área urbana de Huaraz.

- **Suelo tipo GW-GC**

Están conformados por grava bien graduada con arcilla y arena, con contenido de humedad de 9.6 %. Este tipo de suelo se identificó hacia el sur del centro urbano de Huaraz, en el sector Rumichuco, correspondiente a la calicata CHU-07.

grava, con contenido de humedad de 8 %. Este tipo de suelo se identificó en las inmediaciones de la institución Agro Áncash, correspondiente a la calicata CHU-02.

- **Suelo tipo GP-GC**

Están conformados por grava mal graduada con arcilla y arena, con contenido de humedad de 8.4 %. Este tipo de suelo se identificó en el sector Chunabajo, correspondiente a la calicata CHU-05.

- **Suelo tipo SC**

Están conformados por arena arcillosa con grava, con contenido de humedad de 10.7 %. Este tipo de suelo se identificó en las inmediaciones del colegio Atusparia, correspondiente a la calicata CHU-01.

- **Suelo tipo SW-SM**

Están conformados por arena bien graduada con

Con base en la información recolectada de las calicatas y los resultados de los ensayos de corte directo, se determina la capacidad de carga admisible.

2.4.2 Capacidad de carga admisible

- **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 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). Estos ensayos permiten conocer la capacidad de carga portante de los suelos del área urbana de Áncash, basada en datos de laboratorio (Anexo 1) y corroborada con datos teóricos de los parámetros

de ángulo de fricción y cohesión de Terzaghi e información de DPL realizados en campo, haciendo uso de las fórmulas de falla general o local, según el tipo de suelo.

- **Capacidad de carga portante**

Es la máxima presión ejercida por una cimentación transmitida a un suelo sin que se produzcan asentamientos excesivos, es decir, que la presión de la cimentación no sea mayor a la admisible, manteniendo el mismo factor de seguridad especificado en la Norma E.050 de diseño de cimentación. Los resultados de capacidad de carga admisible de las cinco muestras de suelos se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Capacidad de carga de los suelos en el área urbana de Huaraz.

CÓDIGO DE MUESTRA	CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA (kg/cm ²)	CAPACIDAD DE CARGA PORTANTE (kg/cm ²)	FALLA DE CORTE
CHU-01	2.19	0.73	Falla Local
CHU-02	2.07	2.67	Falla Local
CHU-03	9.28	3.09	Falla General
CHU-04	10.71	3.57	Falla General
CHU-05	8.96	2.99	Falla General
CHU-06	11.83	3.94	Falla General
CHU-07	12.18	4.06	Falla General
CHU-08	10.49	3.50	Falla General
DIMENSIONES DE CIMENTACIÓN	Profundidad: 1.00 m y ancho: 1.00		

Tabla 9. Capacidad de carga portante (criterio de falla general y local) con base en el ángulo de fricción corregido del N del DPL vs SPT y cohesión obtenida del ensayo de corte directo.

CÓDIGO DE DPL	CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA (kg/cm ²)	CAPACIDAD DE CARGA PORTANTE (kg/cm ²)	FALLA DE CORTE
DPL-01	5.88	1.96	Falla General
DPL-02	2.44	0.81	Falla General
DPL-03	7.79	2.60	Falla General
DPL-04	1.26	0.42	Falla Local
DPL-05	7.93	2.64	Falla General
DPL-06	7.93	2.64	Falla General
DPL-07	12.53	4.18	Falla General
DIMENSIONES DE CIMENTACIÓN	Profundidad: 1.00 m y ancho: 1.00		

Con base en los valores del ángulo de fricción corregido a partir de la correlación entre el "N" del DPL y el "N" del SPT, así como en los datos de cohesión de los suelos obtenidos mediante ensayos de corte directo realizados en el laboratorio de Mecánica de Suelos, se determinaron las capacidades portantes de los suelos investigados para los DPL que alcanzaron una profundidad de cimentación de 1.00 m y ancho de 1.00 m. Ver Tabla 9.

De los resultados del análisis geotécnico, indicados en la Tabla 9 y Figura 17, se ha determinado que el área urbana de Huaraz, en su mayoría, ha sido construida sobre suelos con capacidad de carga portante que va desde muy baja hasta alta. Ante ello, se ha realizado la siguiente clasificación:

- **Capacidad de carga portante muy baja**

Comprende rangos de capacidad de carga portante menores a 1.00 kg/cm². Se encuentran representados por el tipo de suelo arena arcillosa

con grava, sobre el cual se asienta el colegio Atusparia en el sector barrio Rosas Pampa, a 600 metros al oeste de la plaza de Armas de Huaraz.

- **Capacidad de carga portante media**

Comprende rangos de capacidad de carga portante entre 2.00 kg/cm² y 3.00 kg/cm². Se encuentran representados por suelos de tipo arena bien graduada con grava y grava mal graduada con arcilla y arena, sobre el cual se asientan los sectores urbanos de Chunabajo y Pumacayan (Agro Áncash).

- **Capacidad de carga portante alta**

Comprende rangos de capacidad de carga portante mayores a 3.00 kg/cm². Se encuentran representados por suelos de tipo gravas arcillosas con arena, sobre los cuales se asientan los sectores urbanos de Bellavista, Pedregal, Rumichuco e Ichoca.

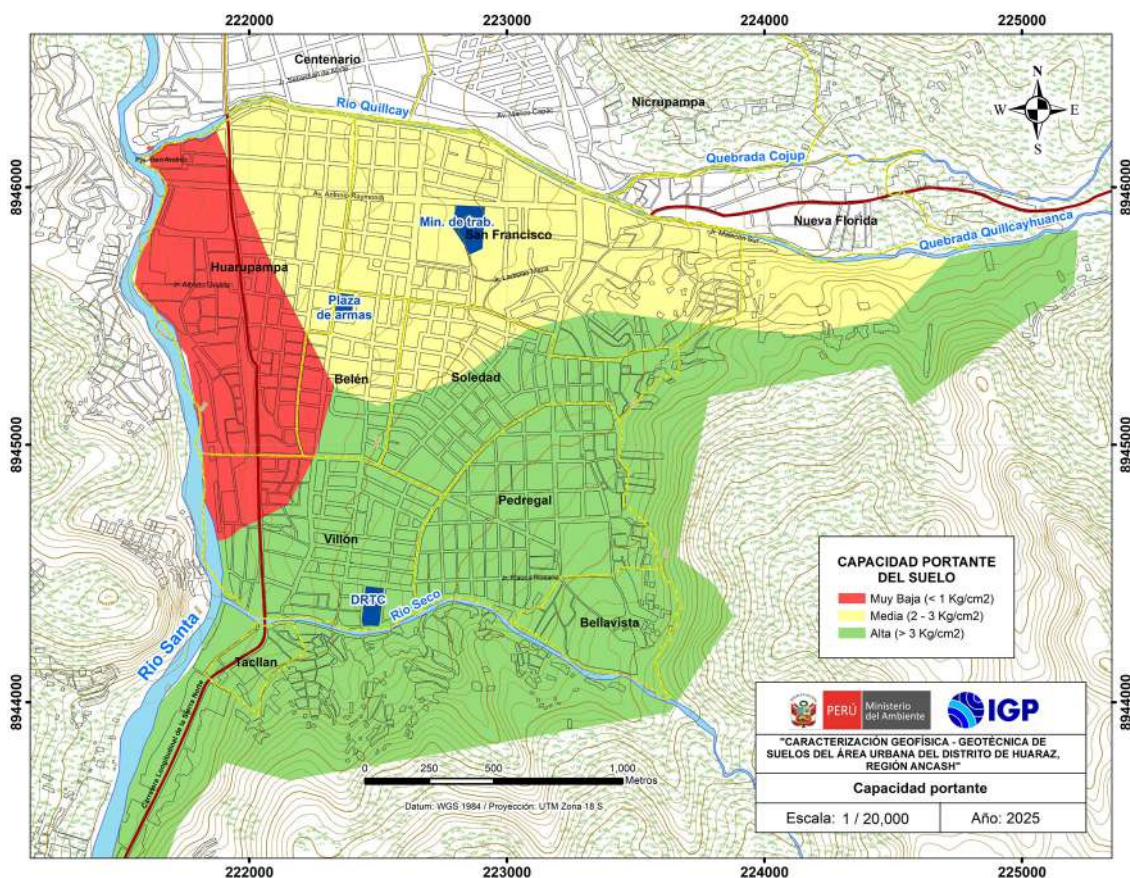


Figura 17. Mapa de capacidad de carga portante de los suelos de Huaraz.

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 del distrito de Huaraz, se procede a aplicar diferentes métodos geofísicos, cuyos resultados se correlacionan entre sí y con los aspectos geoambientales de la zona de estudio. A continuación, se describe cada método y se presentan los resultados.

3.1 Método de razones espectrales-vibración ambiental

El método de razones espectrales (H/V) permite 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 (Nakamura, 1989; SESAME, 2004). Asimismo, debemos entender que la variación de las propiedades físicas de los tipos de suelos (espesor, geometría y composición litológica) influye en la amplificación de las ondas sísmicas.

3.1.1 Adquisición de datos

Para la adquisición de los registros de vibración ambiental, se utilizaron sensores Lennartz y registradores CityShark II (Figura 18). Cada registro presenta una duración de 15 minutos, lo cual permite disponer de buena cantidad de datos para su posterior análisis. En el área urbana del distrito de Huaraz, se ha recolectado en campo un total de 164 registros de vibración ambiental en puntos distribuidos de manera equidistante, tal como se observa en la Figura 19.

En la Figura 20 se muestran ejemplos de registros de vibración ambiental obtenidos en el punto HR-137, ubicado próximo a la quebrada Quillcayhuanca (extremo noreste del área de estudio). Aquí se observa que la señal es estable, es decir, no está muy perturbada en comparación con la señal registrada en el punto HR-08 que presenta mayor amplificación de la señal, con algunos saltos o picos de señal debido a que dicho punto está ubicado sobre la Carretera Longitudinal de la Sierra Norte (próximo al río Santa), sobre suelos con diferente consistencia o rigidez, lo cual permite clasificarlos y, a la vez, zonificar el área de estudio con base en la respuesta dinámica del suelo.



Figura 18. Equipo sísmico utilizado para el registro de vibraciones ambientales: sensores Lennartz (3 componentes) y registradores CityShark II.

3.1.2 Procesamiento y análisis

Para aplicar la técnica de razones espectrales H/V, los registros de vibración ambiental fueron segmentados en ventanas de 20 segundos y luego se calculó la transformada rápida de Fourier (FFT) para obtener espectros para cada componente de

registro y luego sumar las horizontales (H) antes de dividir las entre la vertical (H/V). Finalmente, en cada señal se procedió a identificar la frecuencia predominante considerando un rango de interés que fluctúa entre 0.5 a 20 Hz y picos/rangos con amplificaciones relativas de, al menos, dos veces. En la Figura 21 se observan los resultados para el punto HR-35.

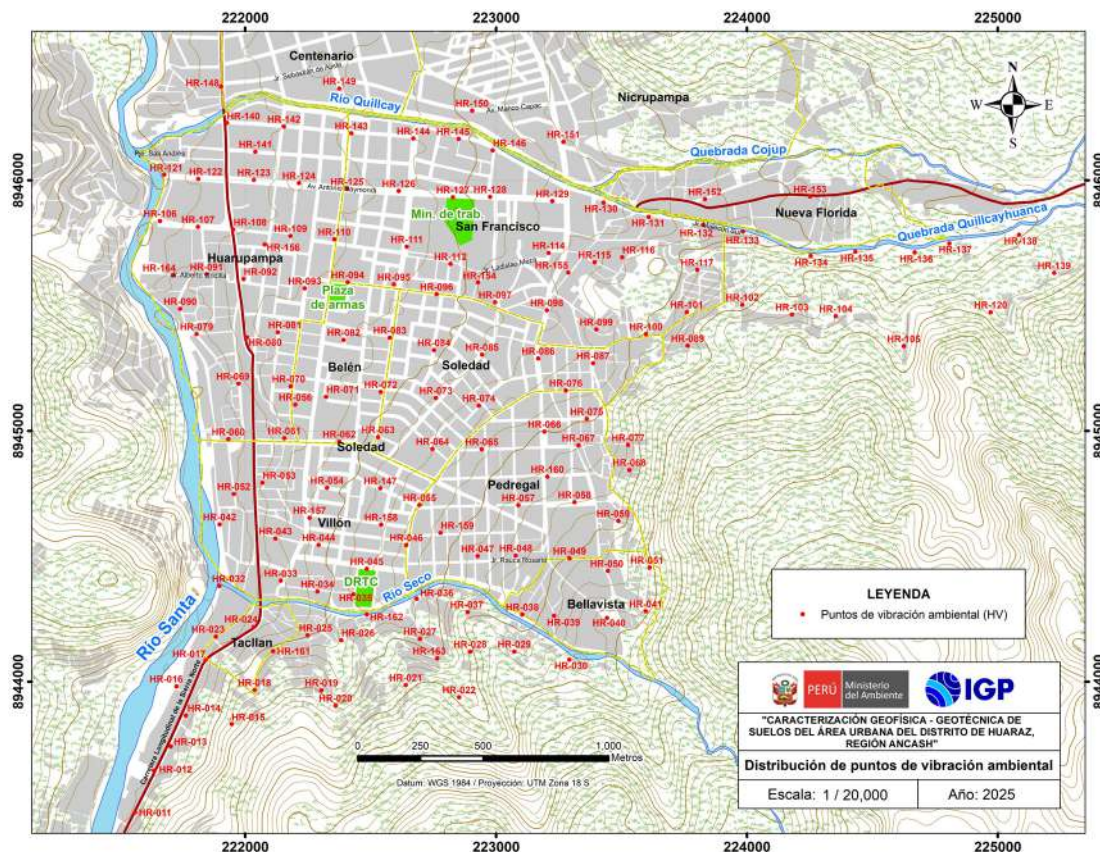


Figura 19. Distribución espacial de los puntos de registros de vibración ambiental en el área urbana de Huaraz.

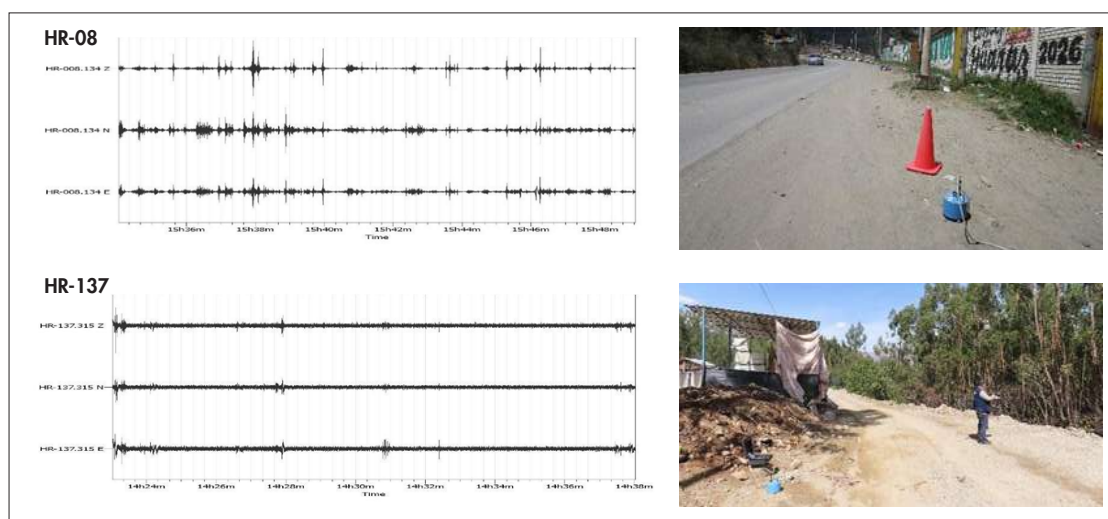


Figura 20. Ejemplos de registros obtenidos: al noreste, con ruido constante (HR-137), por la quebrada Quillcayhuanca; y hacia el sur, sobre la Carretera Longitudinal de la Sierra Norte, próximo al río Santa, con ruido transitorio (HR-08). Obsérvese las diferentes amplitudes de la señal registrada en cada punto.

Para la interpretación de los resultados se considera que 1) las frecuencias predominantes menores a 1.0 Hz corresponden a vibraciones generadas por el oleaje del mar o cambios meteorológicos (periodos muy largos); 2) las bajas frecuencias o periodos largos se deben a la presencia de depósitos profundos; y 3) las

frecuencias altas o periodos cortos se deben 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 caracterizan a la zona de estudio.

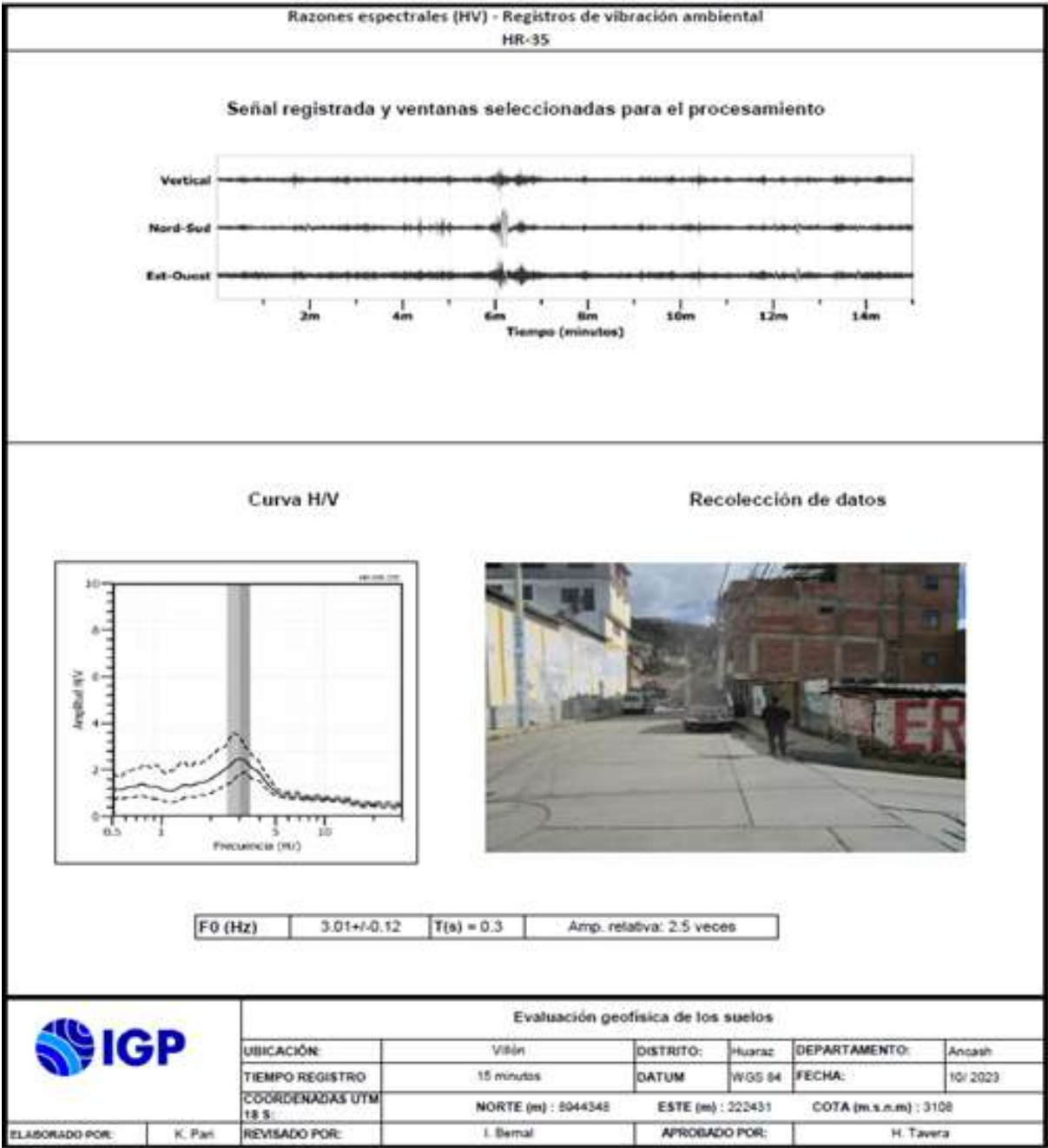


Figura 21. Resultados con el método de razones espectrales (H/V) para el punto HR-35. Arriba, la señal registrada y abajo la curva promedio de H/V en línea gruesa y su desviación estándar en líneas discontinuas. Las barras grises definen la frecuencia predominante.

3.1.3 Resultados e interpretación

Los suelos del área urbana del distrito de Huaraz responden a un rango de frecuencias que fluctúa entre 2.0 y 10.0 Hz, es decir, a periodos de respuesta entre 0.1 y 0.5 segundos. En la Figura 22 se observa que, en el área de estudio, predominan periodos de 0.1 y 0.2 segundos hacia los extremos norte y oeste, y periodos de 0.3 y 0.5 segundos entre la zona céntrica y el extremo sureste del área de estudio.

Asimismo, las mayores amplificaciones relativas (≥ 2.5 veces) se presentan en lugares próximos a la quebrada Quillcayhuanca y al río Santa, en los barrios Soledad, Belén, Villón, Tacllán, Jr. Malecón Sur (en dirección este) y por el PJ. San Andrés. Los suelos hacia el extremo noreste del área de estudio, entre la plaza de Armas y la urbanización Huarupampa, y hacia su extremo suroeste, por la urbanización Pedregal, presentan bajas amplificaciones, lo que evidencia que los suelos son más compactos. Sin embargo, en el extremo sur del área se identifica la presencia de zonas de rellenos próximos a la quebrada Río Seco, lugar donde se observan altas

amplificaciones del suelo. En la Figura 23 se muestra la distribución de las curvas de razones espectrales (H/V) representativas para los tres sectores identificados en el área de estudio:

• Sector A

Ubicado entre la plaza de Armas, el río Quillcay y la urbanización Huarupampa. Aquí los suelos responden a periodos de 0.1 y 0.2 segundos con mínimas amplificaciones, excepto por el jirón San Andrés donde la amplificación es de 2.5 veces. Estos resultados evidencian la presencia de suelos compactos. Sin embargo, los sectores próximos al río Quillcay son susceptibles a sufrir inundaciones o saturación del suelo que disminuye su rigidez.

• Sector B

Ubicado en la zona céntrica, extremo sur y sureste del área de estudio, en dirección este de la plaza de Armas, barrios Belén, Villón, Tacllán, Jr. Malecón Sur, y por el PJ. San Andrés.

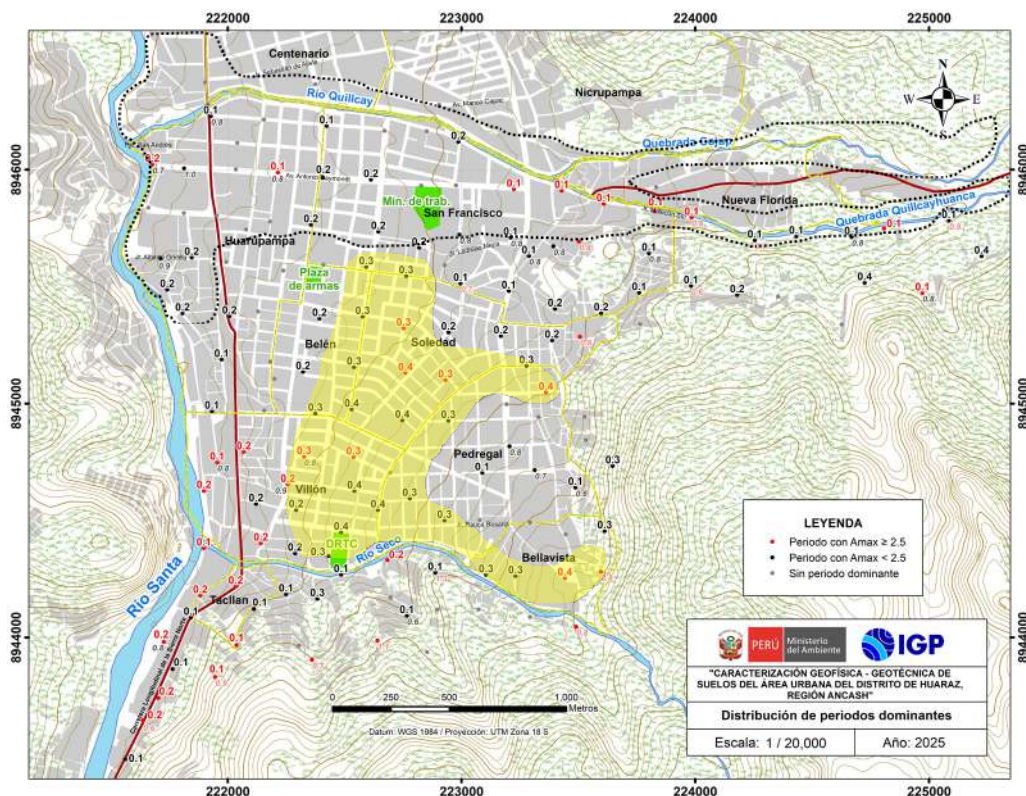


Figura 22. Distribución espacial de los periodos predominantes del suelo. Los valores en rojo corresponden a puntos con amplificaciones mayores a dos veces. El área sombreada en amarillo corresponde a suelos que responden a periodos de 0.3-0.4 segundos; la línea discontinua, en tanto, delimita la zona donde predominan depósitos aluviales.

Soledad, Villón, Bella Vista, próximos a la quebrada Río Seco. Los suelos responden a periodos de 0.3 y 0.5 segundos con amplificaciones de 2.5 a 4.0 veces. La forma de las curvas H/V evidencian que el suelo responde a un solo periodo con altas amplificaciones, lo que indica que el subsuelo está conformado por materiales poco compactos.

donde el suelo responde a periodos de 0.1 y 0.2 segundos con amplificaciones de hasta 4.0 veces.

En esta zona se hace visible el cambio de forma y nivel de amplificación del suelo; además, se observa un segundo pico que indica que los suelos muestran sensibilidad, con menor amplificación, a periodos largos (0.6-0.8 segundos), correspondiendo a suelos heterogéneos.

• Sector C

Considera el extremo noreste del área de estudio, entre las quebradas de Cojup y Quillcayhuanca y hacia el extremo sureste del área de estudio, entre el río Santa y la Carretera Longitudinal de la Sierra Norte,

Estos resultados evidencian la presencia de suelos medianamente rígidos a rígidos cubiertos por una capa delgada de suelos poco compactos, cuyo espesor se incrementa hacia los ríos y quebradas.

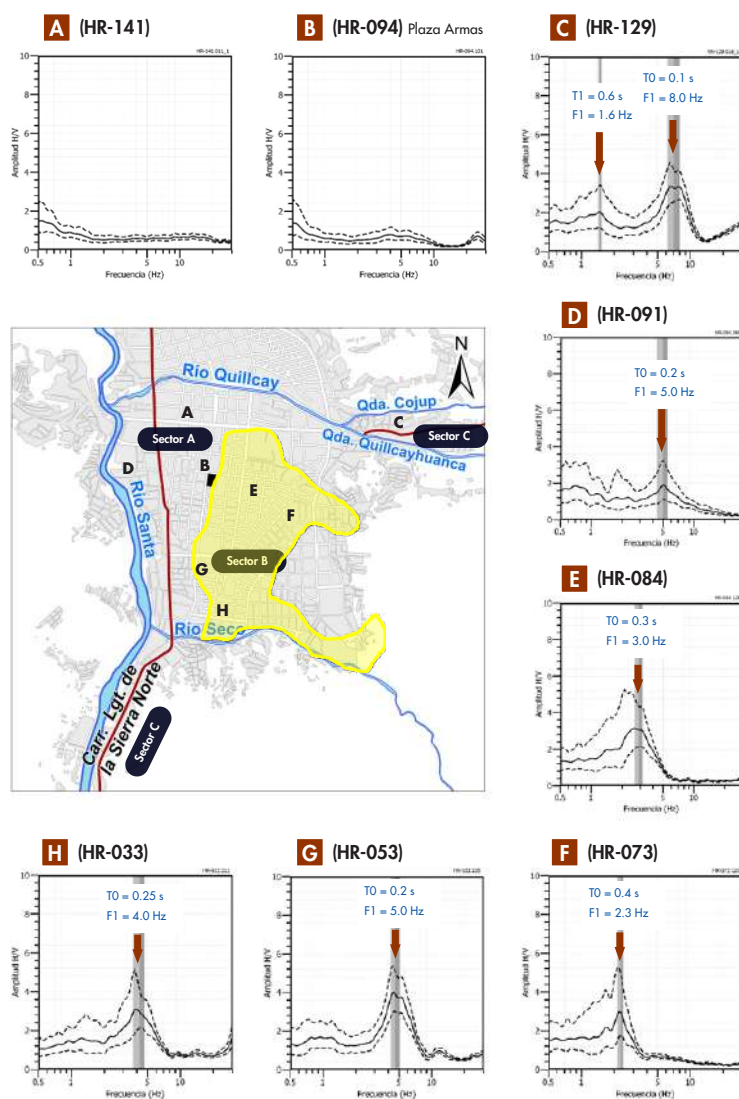


Figura 23. Razones espectrales obtenidas para los puntos de A hasta D, distribuidas en el área de estudio. Las flechas indican el periodo predominante de respuesta del suelo. Las líneas discontinuas delimitan áreas donde predominan altas amplificaciones mayores a tres veces.

3.2 Métodos sísmicos MASW-MAM

El ensayo de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW, por sus siglas en inglés) o sísmica activa (Park, 2014) permite determinar la estratigrafía del subsuelo bajo un punto, es decir, conocer la velocidad de propagación de las ondas de corte Vs en el subsuelo a partir del análisis de la dispersión de ondas superficiales generadas por una fuente de energía impulsiva y registrada por arreglos lineales de estaciones sísmicas.

El ensayo de Análisis Multicanal de Microtremores (MAM, por sus siglas en inglés) o sísmica de microtremores es otro método para conocer la estructura del subsuelo a partir de la velocidad de ondas de corte; sin embargo, en este caso se hace uso de registros de ruido sísmico (vibración generada por la actividad humana), cuya contribución es principalmente en bajas frecuencias, lo que permite investigar a mayores profundidades. La combinación de los métodos MASW y MAM permite obtener información del subsuelo a niveles superficiales y en profundidad.

utilizado un sismógrafo digital, modelo GEODE de Geometrics, 24 sensores o geófonos de baja frecuencia (4.5 Hz). Para el método MASW, se usó como fuente de impacto o energía para generar las ondas sísmicas un martillo de 20 lb (Figura 24) y para MAM el ruido ambiental. La geometría del tendido fue variable, en función de la geomorfología y accesibilidad a la zona de estudio. En total se realizaron ocho líneas sísmicas de MASW-MAM (las coordenadas y características se observan en la Tabla 10 y su distribución en la Figura 25). La ubicación de los ensayos fue en función de las zonas de interés de acuerdo con el reconocimiento hecho en campo, investigaciones o estudios previos.



Figura 24. Equipos utilizados en la adquisición de datos MASW-MAM en la plaza de Armas de Huaraz.

3.2.1 Adquisición de datos

Para la aplicación de los métodos sísmicos se ha

Tabla 10. Coordenadas y características de las líneas sísmicas MASW-MAM realizadas en el área urbana de Huaraz, codificadas como LS01-HR,..., LS16-HR.

Línea sísmica		Coordenadas UTM – WGS84		Cota (m s. n. m.)	Espaciamiento entre geófonos (m)	Longitud total (m)
		Este (m)	Norte (m)			
1	LS01-HR	222098	8946399	3068	3	69
2	LS02-HR	221718	8946109	3055	3	69
3	LS03-HR	222747	8945939	3085	3	69
4	LS04-HR	221728	8945623	3050	3	69
5	LS05-HR	222417	8945534	3092	3	69
6	LS06-HR	223713	8945756	3120	3	69
7	LS07-HR	223229	8945125	3129	3	69
8	LS08-HR	222378	8944938	3082	3	69
9	LS09-HR	221955	8944735	3043	3	69
10	LS10-HR	222488	8944451	3109	3	69
11	LS11-HR	223256	8944486	3186	3	69
12	LS12-HR	221582	8943510	3071	3	69
13	LS13-HR	222857	8946283	3093	3	69
14	LS14-HR	223847	8945928	3127	3	69
15	LS15-HR	223168	8945690	3105	3	69
16	LS16-HR	222672	8944082	3149	3	69



Figura 25. Distribución espacial de líneas de MASW-MAM, codificadas como LS01-HR-LS16-HR.

3.2.2 Procesamiento y análisis

Para los ensayos MASW-MAM, los datos sísmicos recolectados fueron procesados con el programa de computación Seislmager. 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 26.

Para el análisis de los resultados, se considera la clasificación de suelos adaptada a partir de la Norma de Diseño Sismorresistente (2018), tal como se muestra en la Tabla 11.

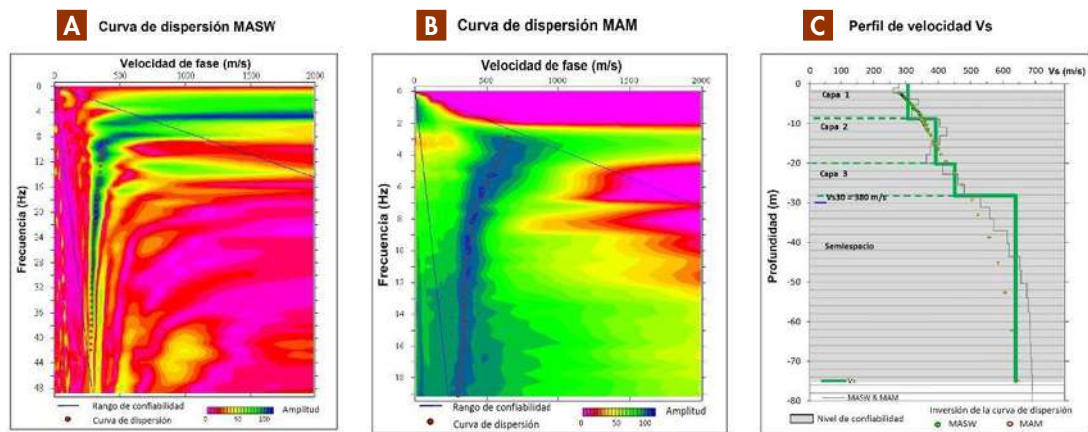


Figura 26. Curvas de dispersión obtenidas con los métodos de MASW (a) y MAM (b) y el perfil de velocidad obtenido a partir de la combinación de ambos métodos (c).

Tabla 11. Clasificación de los suelos en función de las velocidades de ondas de corte (V_s), según Norma E.030 (2018) adaptada para el área de estudio.

Clasificación de los perfiles de suelo			
n.º	V_s (m/s)	Adaptación al área de estudio	
1	>1500	Roca moderadamente dura a dura	
2	800 a 1500		
3	500 a 800	Suelos muy rígidos	
4	350 a 500	Suelos rígidos	
5	180 a 350	Suelos intermedios (medianamente rígido)	
6	<180	Suelos blandos	

3.2.3 Resultados e interpretación

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 27 se presenta el perfil sísmico obtenido para la línea LS01-HR, mientras que en el Anexo 2 para las líneas restantes.

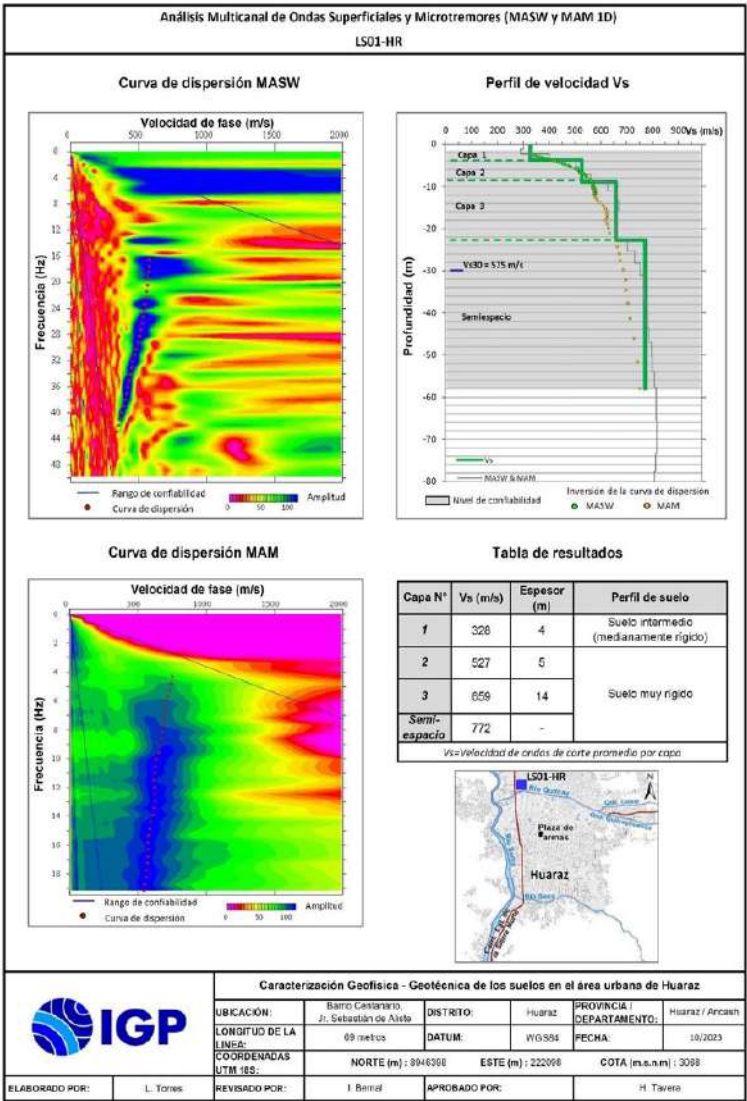


Figura 27. Resultados con el ensayo MASW-MAM para la línea sísmica LS01-HR.

• Línea sísmica LS01-HR






Ubicada en el jirón Sebastián de Aliste (barrio Centenario), 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 4 metros de espesor y velocidad V_s de 328 m/s, correspondiente a suelos intermedios (medianamente rígidos); la segunda, de 5 metros de espesor y velocidad V_s de 527 m/s, que junto con la tercera capa, de 14 metros de espesor y velocidad V_s de 659 m/s, corresponden a suelos muy rígidos; y, finalmente, el semiespacio, con velocidad $V_s > 772$ m/s, que sugiere la existencia de suelos muy rígidos.

En la Tabla 12 se resumen los valores de velocidad de ondas de corte (V_s) para cada uno de los perfiles de suelo obtenidos, teniendo en cuenta lo indicado en la Tabla 11.

En el área urbana del distrito de Huaraz se ha identificado el predominio de suelos medianamente rígidos a rígidos ($V_s = 246$ a 499 m/s) en capas de 4 metros de espesor por el barrio Centenario, próximo al río Quillcay, y de hasta 42 metros, hacia el sur del barrio Villón, próximo al Río Seco. En el resto del área de estudio, este tipo de suelo presenta espesores de 5 hasta 28 metros, tal como se observa en los ensayos realizados por la plaza de Armas, donde presenta 23 metros de espesor (Figura 28). Localmente, y a nivel superficial, se ha identificado suelos medianamente rígidos ($V_s = 251$ a 347 m/s) hacia el suroeste, en la Carretera Longitudinal de la Sierra Norte (próximo al hotel Real Rubí), de hasta 9 metros de espesor, cerca al río Santa.

En conjunto, los espesores de las capas de suelos medianamente rígidos a rígidos superan los 20 metros en la parte central y hacia el sur, antes de cruzar Río Seco (Perfil-01), desde el barrio

Tabla 12. Valores de espesor y V_s de los perfiles sísmicos obtenidos para el área de estudio.

Superficie	Profundidad								
Línea Sísmica	n.º de capa								
	1		2		3		Semiespacio		V_{s30} (m/s)
	V_s (m/s)	Esp. (m)	V_s (m/s)	Esp. (m)	V_s (m/s)	Esp. (m)	V_s (m/s)	Esp. (m)	
LS01-HR	328	4	527	5	659	14	772	-	575
LS02-HR	484	4	501	12	627	16	740	-	554
LS03-HR	289	4	499	5	684	14	876	-	574
LS04-HR	328	4	599	16	780	-	-	-	570
LS05-HR	246	9	467	14	711	-	-	-	386
LS06-HR	374	4	565	14	964	-	-	-	622
LS07-HR	306	9	393	11	451	8	639	-	380
LS08-HR	281	9	327	4	407	10	551	-	356
LS09-HR	411	13	1029	-	-	-	-	-	626
LS10-HR	258	4	332	7	372	20	458	-	334
LS11-HR	413	4	450	16	571	-	-	-	464
LS12-HR	251	4	347	5	649	6	822	-	512
LS13-HR	342	5	559	12	632	-	-	-	522
LS14-HR	274	5	450	10	571	-	-	-	450
LS15-HR	409	5	647	15	739	11	957	-	609
LS16-HR	374	5	499	12	714	-	-	-	522
	Suelo blando ($V_s < 180$ m/s)								
	Suelo medianamente rígido (180–350 m/s)								
	Suelo rígido (350–500 m/s)								
	Suelo muy rígido (500–800 m/s)								
	Roca moderadamente dura a dura ($V_s > 800$ m/s)								

Belén hacia el barrio Villón y en dirección hacia los barrios Pedregal y Bellavista. En dirección norte, sur y oeste esta capa presenta espesores de 4 a 17 metros (perfiles 2 y 3 de la Figura 28), en los barrios Centenario, Nicrupamapa, Nueva Florida, San Francisco y el área próxima al río Santa, hacia el oeste de la Carretera Longitudinal de la Sierra Norte, así como al sur de Río Seco. Estos suelos cubren estratos de material muy rígidos a roca moderadamente dura a dura ($V_s = 501$ a 1029 m/s), identificados en toda el área de estudio, excepto en el barrio Villón. Ver perfiles 01, 02 y 03 de la Figura 28.

En este contexto, los suelos medianamente rígidos a rígidos corresponden a material aluvial, coluvial y depósitos morrénicos, con moderado a alto

contenido de humedad, lo cual influye en la pérdida de la rigidez del suelo. Estos suelos son identificados en los barrios Villón, Belén, Huarupampa, Pedregal y Bellavista. Los suelos con mayor rigidez se encuentran principalmente en dirección norte, en áreas próximas al río Quillcay y en el barrio San Francisco; y en dirección sur, en los lugares próximos al este del río Santa y Río Seco.

Para el área de estudio, el V_{s30} calculado varía entre 356 y 450 m/s, lo que corresponde a suelos Tipo S2, y entre 512 y 626 m/s a suelos Tipo S1. Es decir, en toda el área de estudio predominan suelos medianamente rígidos a rígidos, y debajo de estos se identifican estratos de material muy rígido a roca moderadamente dura a dura, principalmente hacia el norte, noreste y este de Huaraz.

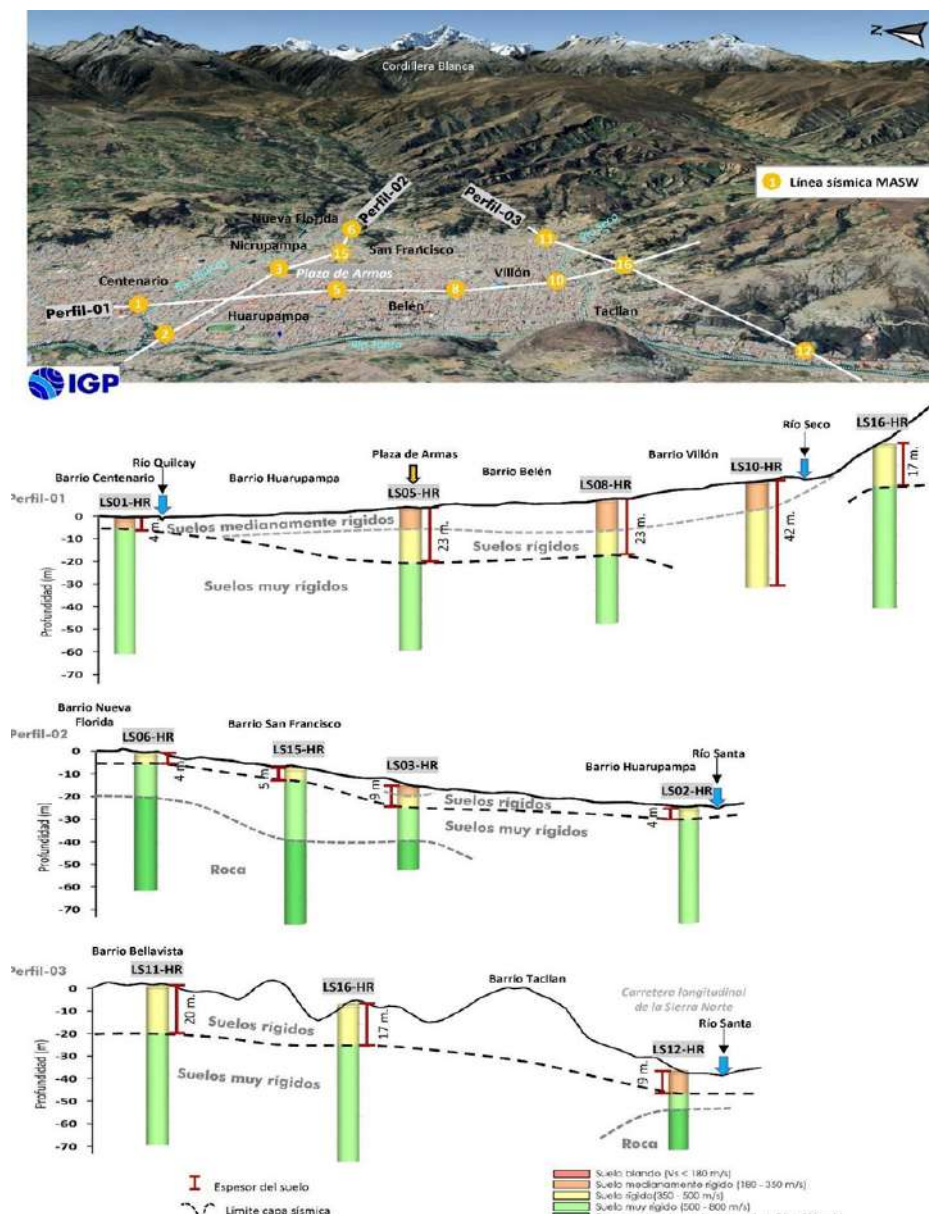


Figura 28. Resultados de MASW-MAM ubicados a lo largo de los perfiles 01, 02 y 03.

3.3 Método de resistividad eléctrica

El método de Resistividad Eléctrica-ERT permite determinar las variaciones de resistividad y conductividad eléctrica de las rocas y suelos para conocer su contenido de humedad o el nivel freático en su estructura. En general, los materiales que conforman el subsuelo muestran diversos rangos de valores de resistividad (ρ) que dependen principalmente de la porosidad del suelo, conductividad de las partículas y del contenido de agua o de sales disueltas en las fracturas de las rocas.

3.3.1 Adquisición de datos

Los datos recolectados en campo corresponden al registro de valores de resistividad obtenidos en seis líneas de ERT utilizando un equipo de Resistividad/IP Syscal Pro (Figura 29). Asimismo, en la Tabla 13 se describen las características de

las líneas ERT y, en la Figura 30, su distribución espacial en el área urbana del distrito de Huaraz.

3.3.2. Procesamiento y análisis

Para el procesamiento de los datos recolectados en campo fue necesario realizar la corrección por efectos de topografía usando algoritmos de inversión propios de métodos geoelectricos y de procesamiento de imágenes.

Asimismo, para la interpretación de los resultados se debe tener en cuenta que son varios los factores que influyen en las propiedades físicas de los suelos (grado de saturación, porosidad y forma del poro, salinidad del fluido, tipo y composición de la roca, temperatura, procesos geológicos que afectan a los materiales), es decir, el incremento de fluidos en el terreno se verá reflejado por una disminución en los valores de resistividad. En la Tabla 14 se presentan algunos valores de resistividad relacionados con los diferentes tipos de suelos y rocas.



Figura 29. Equipos utilizados en la adquisición de datos ERT.

Tabla 13. Coordenadas y características del ensayo ERT realizados en Huaraz.

Línea Eléctrica	Coordenadas UTM-WGS84		Cota (m s. n. m.)	Espaciamiento entre electrodos (m)	Longitud total (m)
	Este (m)	Norte (m)			
LE01-HR	222096	8946399	3071	10	150
	221960	8946391	3068		
LE02-HR	221942	8946009	3061	10	130
	222053	8946006	3066		
LE03-HR	222837	8945940	3098	10	150
	222676	8945949	3086		
LE04-HR	221954	8945777	3070	10	150
	221963	8945631	3073		
LE05-HR	222424	8945593	3084	10	130
	222401	8945468	3084		
LE06-HR	223624	8945853	3126	10	140
	223760	8945832	3135		
LE07-HR	223299	8945042	3148	10	130
	223170	8945041	3142		
LE08-HR	222407	8944945	3095	10	150
	222266	8944956	3082		
LE09-HR	221894	8944816	3054	10	140
	221961	8944702	3057		
LE10-HR	222385	8944471	3106	10	140
	222515	8944453	3120		
LE11-HR	223416	8944465	3211	10	150
	223288	8944392	3212		
LE12-HR	221615	8943574	3075	10	150
	221549	8943443	3076		

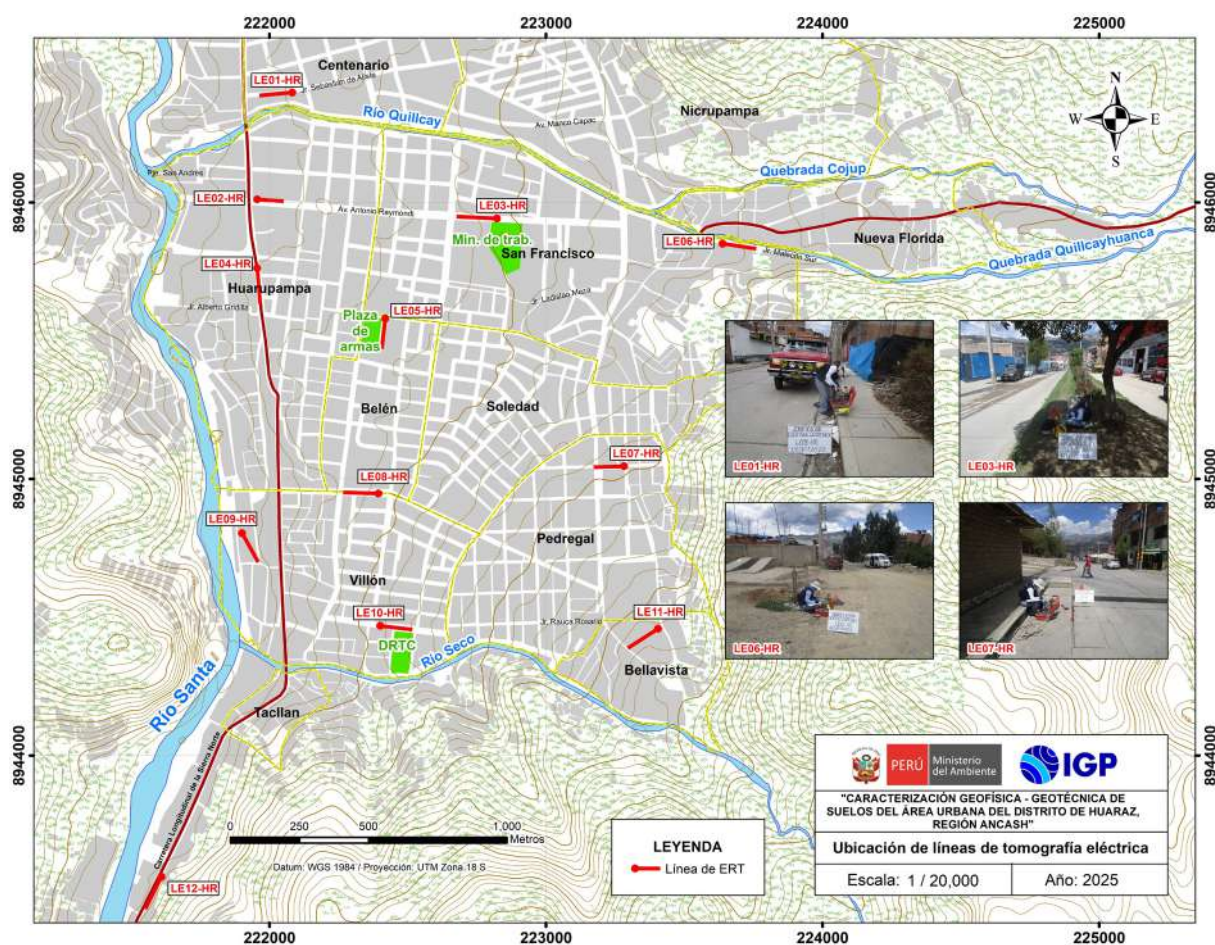


Figura 30. Distribución espacial de las líneas de ERT codificadas como LE01-HR,... LE12-HR.

Tabla 14. Valores representativos de resistividad (modificado de UNC, 2000).

*MATERIAL	RESISTIVIDAD (ohm-m)
Arcillas saturadas	5-20
Arcillas no saturadas	20-40
Limos saturados	20-100
Limos no saturados	100-200
Arenas saturadas	100-200
Arenas no saturadas	400-700
Grava saturada	300-500
Grava no saturada	500-2000
Roca fracturada saturada	100-2000
Roca fracturada	1500-5000
Roca sana	>5000

3.3.3. Resultados e interpretación

Se describen las características observadas en las

secciones geoelectricas con resolución de hasta 40 metros de profundidad. En la Figura 31 se presenta la sección obtenida para la línea LE01-HR y, en el Anexo 2, para las secciones restantes.

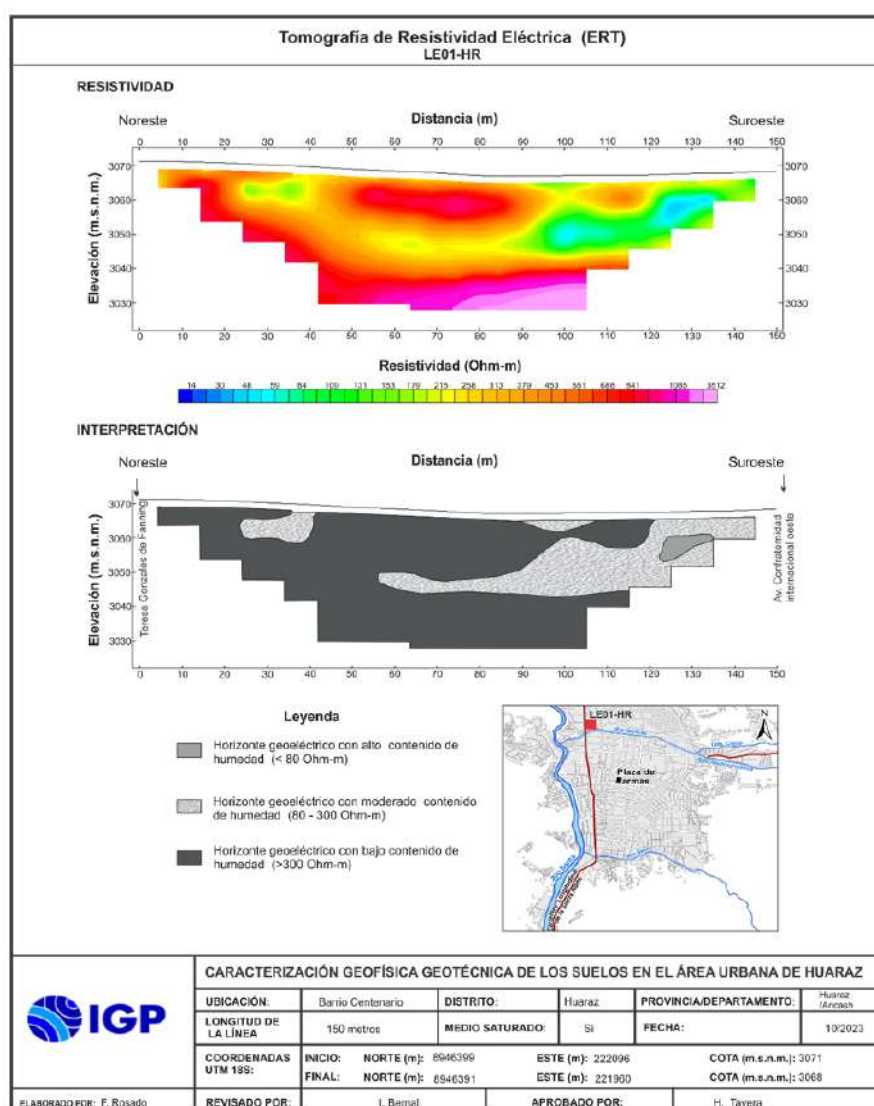


Figura 31. Resultado de tomografía de resistividad eléctrica para la línea LE01-HR.

- Sección geoelectrica LE01-HR

Realizada en el barrio Centenario (jirón Sebastián de Aliste) sobre una longitud de 150 metros y en dirección NE-SO. En esta sección predominan materiales con bajo contenido de humedad (>300 Ohm-m); sin embargo, en el extremo suroeste de la sección, en dirección del río Santa, el subsuelo presenta moderado contenido de humedad desde la superficie hasta los 20 metros de profundidad.

- Sección geoelectrica LE02-HR

Realizada en el barrio Huarupampa (Av. Antonio Raymondi) sobre una longitud de 130 metros y en dirección NO-SE. En esta sección predominan materiales con moderado contenido de humedad

(80 a 300 Ohm-m). Además, en superficie se presenta una zona anómala con alto contenido de humedad (<80 Ohm-m), localizada entre la Av. Confraternidad y el Pje. Huandoy, con espesor de hasta 15 metros.

De acuerdo con los resultados, en el área urbana del distrito de Huaraz se ha identificado la presencia de suelos húmedos o saturados con las siguientes características:

- » Hacia el extremo oeste del área de estudio (barrio Huarupampa) se ha identificado la presencia de tres horizontes: el primero, con alto contenido de humedad y espesores de hasta 40 metros. El segundo horizonte presenta moderado contenido de humedad y espesores de hasta 10 metros (Figura 32, LE04-HR). El tercer horizonte presenta bajo contenido de humedad.

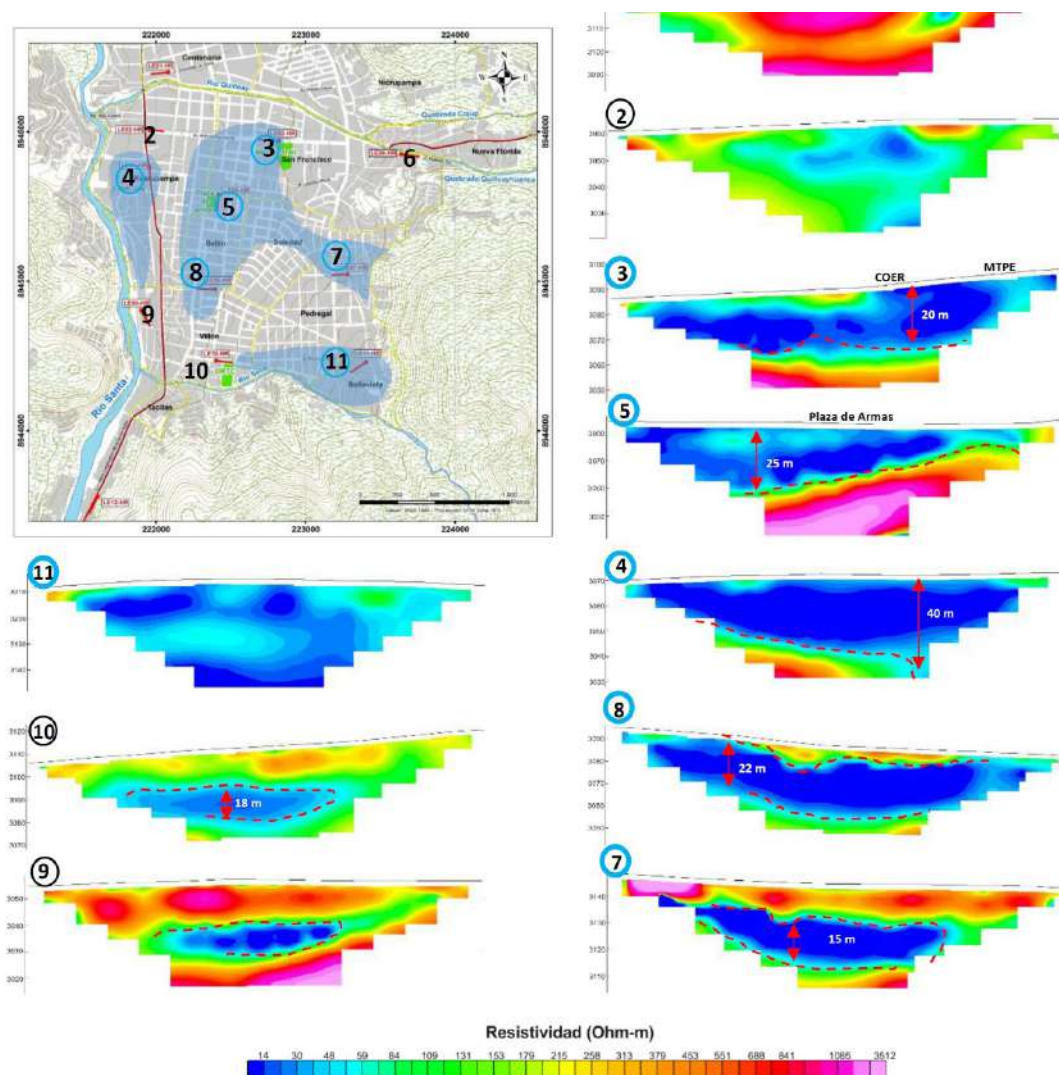


Figura 32. Ubicación de las líneas de tomografía eléctrica y su respectiva sección. Las bajas resistividades (<80 Ohm.m), indican la presencia de materiales limo-arcillosos en condiciones húmedas o saturadas.

- » En la zona central (barrios San Francisco y Belén) se ha identificado la presencia de tres horizontes: el primero, con alto contenido de humedad y espesores de hasta 25 metros. El segundo horizonte, con moderado contenido de humedad y espesores que alcanzan los 10 metros. El tercer horizonte presenta bajo contenido de humedad (Figura 32, LE03-HR y LE05-HR).
- » Hacia el extremo este del área de estudio (barrio San Francisco) se ha identificado la presencia de un horizonte con bajo contenido de humedad, con espesor de hasta 40 metros. También se tiene la presencia de zonas anómalas que alcanzan los 15 metros de espesor aproximadamente (Figura 32, LE06-HR).

Los suelos de Huaraz muestran mayor contenido de humedad en zonas próximas a los ríos Santa, Quillcay y Seco.

4. Zonificación geofísica-geotécnica •

La caracterización física y dinámica del subsuelo del área urbana y periurbana del distrito de Huaraz, región Áncash, fue realizada usando datos e información generada a partir de la aplicación de métodos geofísicos y su correlación con la información geológica y geodinámica.

4.1 Caracterización física y dinámica de los suelos

El área urbana de Huaraz se encuentra ubicada a una altura promedio de 3063 m s. n. m. Se emplaza sobre depósitos aluviales y glaciofluviales que fueron arrastrados por el río Santa y un antiguo deslizamiento. Presenta una topografía relativamente llana con ligeras elevaciones. Los depósitos aluviales están conformados por gravas y arenas emplazadas sobre el substrato rocoso constituido por rocas de tipo lavas andesíticas y material glaciofluvial. El área de estudio presenta una topografía relativamente llana con ligeras elevaciones hacia sus extremos sur y este (zonas de Huarupampa y Mirador).

Los suelos del área urbana de Huaraz, entre la plaza de Armas y Río Seco, responden predominantemente a periodos de 0.3 a 0.4 segundos; hacia el extremo norte, oeste y extremo sur de Río Seco, a periodos que varían entre 0.1 y 0.2 segundos. Hacia los extremos noroeste y sureste del área de estudio, sectores de Huarupampa y Pedregal, no se identifica un periodo dominante que evidencia la presencia de suelos compactos. La forma de las curvas H/V evidencian que el suelo, al responder a dos rangos de periodos con altas amplificaciones, presenta una respuesta dinámica compleja ante la ocurrencia de sismos (Figura 23). La forma de las curvas H/V evidencian que el suelo, al responder principalmente a un único periodo con altas amplificaciones, es homogéneo con baja consistencia. Sin embargo, de manera local, se identifica la presencia de suelos con sensibilidad a periodos largos (0.6-0.8 segundos) con muy bajas amplificaciones.

En cuanto a sus características físicas o estructura del suelo, se muestran perfiles para una mejor descripción (Figuras 33-36), los mismos que se describen a continuación:

- Sector norte de Huaraz

Comprende la plaza de Armas y las urbanizaciones Huarupampa, San Francisco y Nueva Florida. Los resultados permiten definir los siguientes aspectos:

- » La presencia de una capa superficial de suelos compuestos por material fino, **medianamente rígidos a rígidos**.
- » Velocidades $V_s = 328-409$ m/s y espesores de 4 a 9 metros, siendo los mayores por la plaza de Armas. Ver Figura 33.
- » Presentan **alto** contenido de humedad a nivel superficial, hasta los 25 y 40 metros de profundidad, hacia el río Santa y disminuyendo hacia el barrio Nueva Florida.
- » Potencial a generarse niveles altos de amplificación del suelo.
- » Potencial a generarse procesos de licuación de suelos.
- » A mayor profundidad, la capa de suelo está conformada por roca: barrio Nueva Florida.
- » En este sector, los suelos responden a periodos de entre 0.1 a 0.4 segundos.

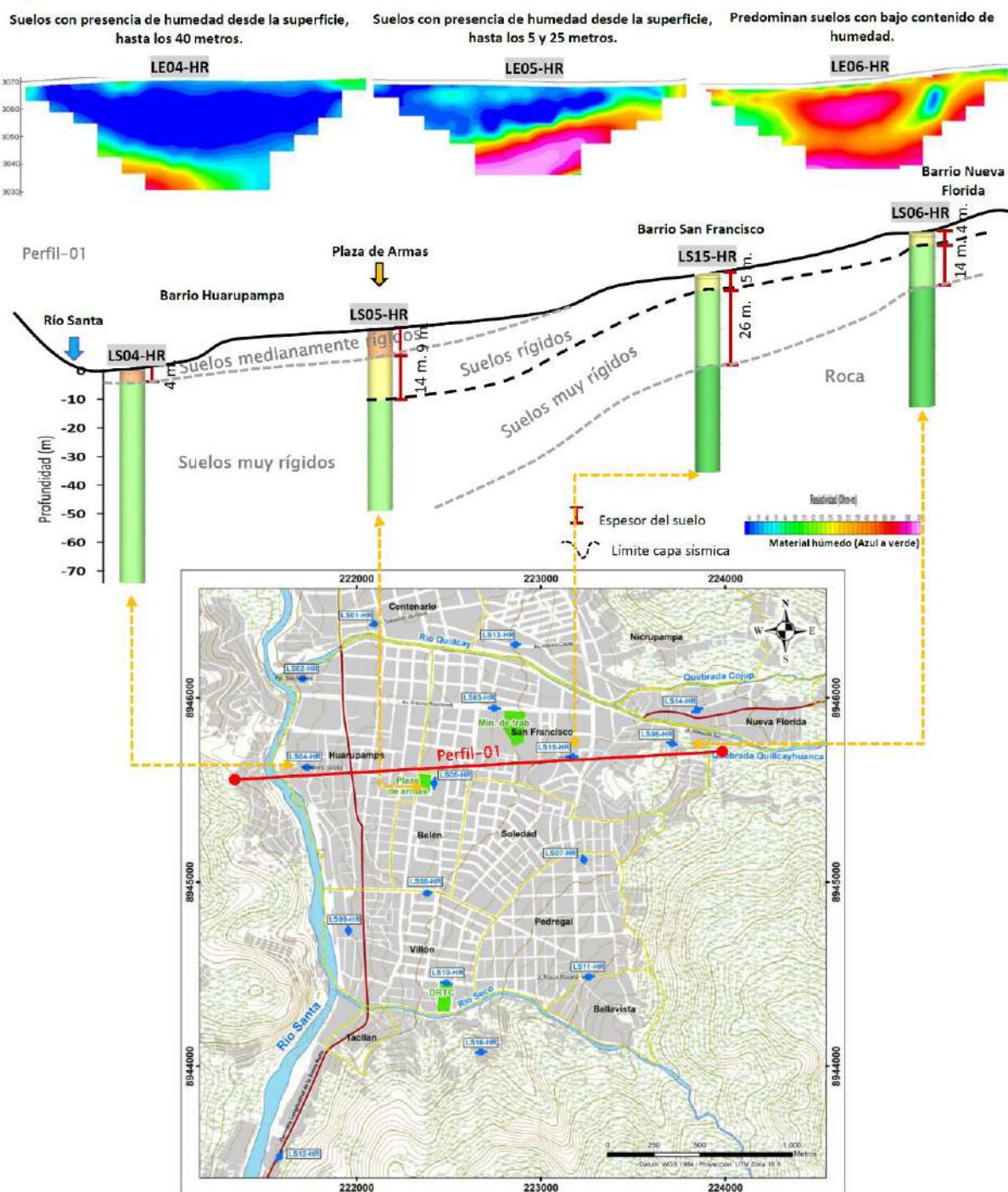


Figura 33. Estructura del suelo hacia el sector norte de Huaraz. Perfil-01 realizado a partir de la correlación de los resultados con los métodos de ERT y MASW-MAM.

- Sector central de Huaraz

Comprende los sectores entre los barrios Belén-Villón y Pedregal-Soledad. Los resultados permiten definir los siguientes aspectos:

- » Una capa superficial de suelos constituida por material fino, **medianamente rígidos y rígidos**.
- » Velocidades $V_s = 281-411$ m/s y espesor de 9 a 13 metros. Los mayores espesores se presentan por el sector de Pedregal.
- » En dirección de los barrios Soledad y Pedregal, se tiene un bajo contenido de humedad en superficie; sin embargo, a partir de los 5 a 10 metros de profundidad se observa un alto contenido de humedad. Asimismo, hacia los barrios Belén y Villón se incrementa la presencia de materiales limo-arcillosos en condiciones húmedas o saturadas, cuyos espesores superan los 20 metros (ver Perfil 02, Figura 34).
- » A mayor profundidad, la capa de suelo está conformada por material muy rígido.
- » Estos suelos muestran sensibilidad a periodos de entre 0.1 y 0.4 segundos.

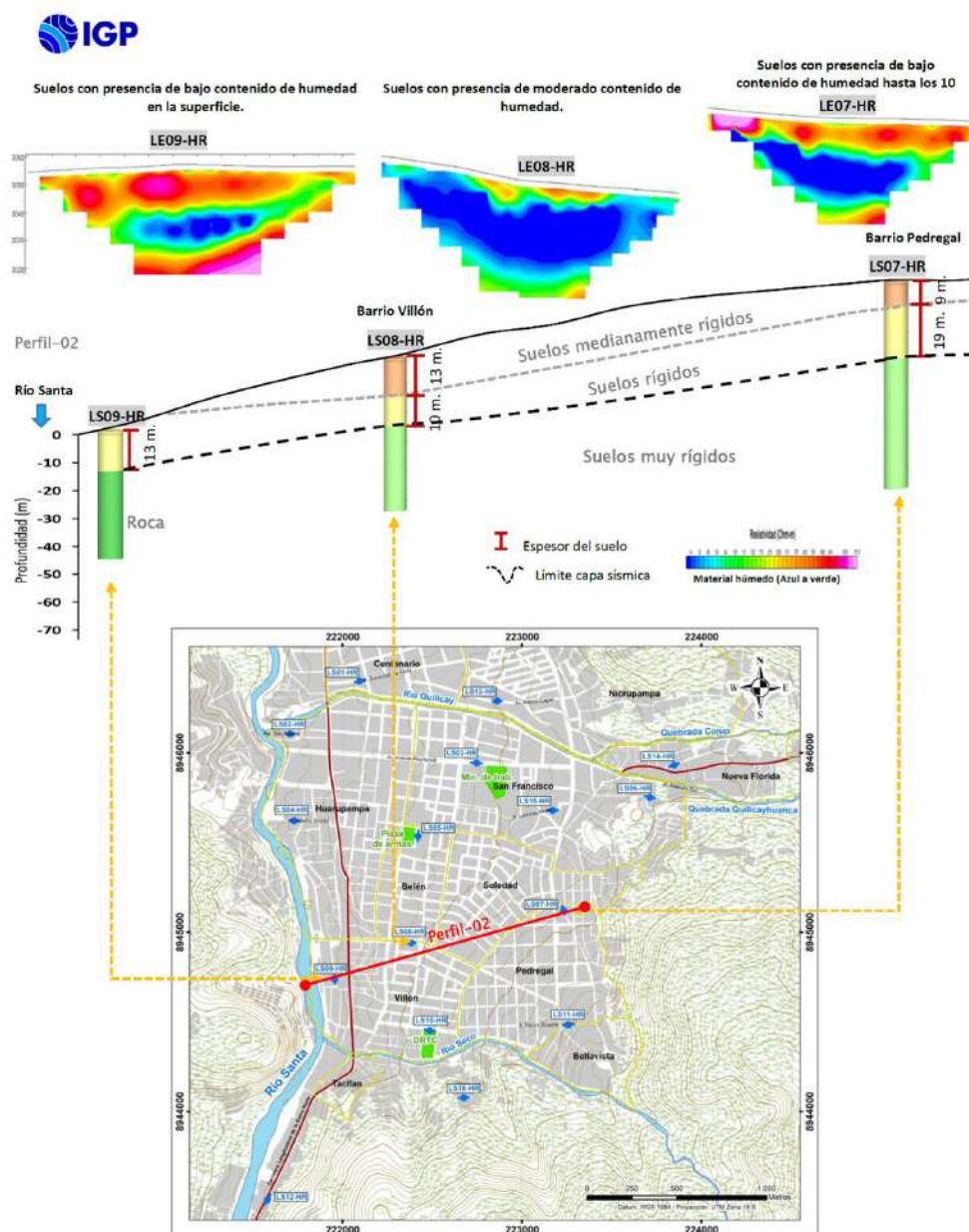


Figura 34. Estructura del suelo identificada en el sector central de Huaraz. Perfil-02 realizado a partir de la correlación de los resultados con los métodos de ERT y MASW-MAM.

- Sector sur de Huaraz

Comprende el borde del río Santa, por la Carretera Longitudinal de la Sierra Norte, por el Río Seco y el barrio Bella Vista. Los resultados permiten definir lo siguiente:

- » Una capa superficial de suelos de material fino, **medianamente rígidos a rígidos**.
- » Velocidades $V_s = 251-413$ m/s y espesores de 4 metros, siendo los mayores por la plaza de Armas. Ver Figura 35.

- » Presentan **alto** contenido de humedad por el barrio Bellavista, desde la superficie hasta los 40 metros de profundidad.
- » Potencial a generarse niveles altos de amplificación.
- » A mayor profundidad, la capa del suelo se caracteriza por suelos muy rígidos, mientras que hacia el río Santa presenta roca.
- » En este sector, los suelos responden a periodos de entre 0.1 a 0.4 segundos.

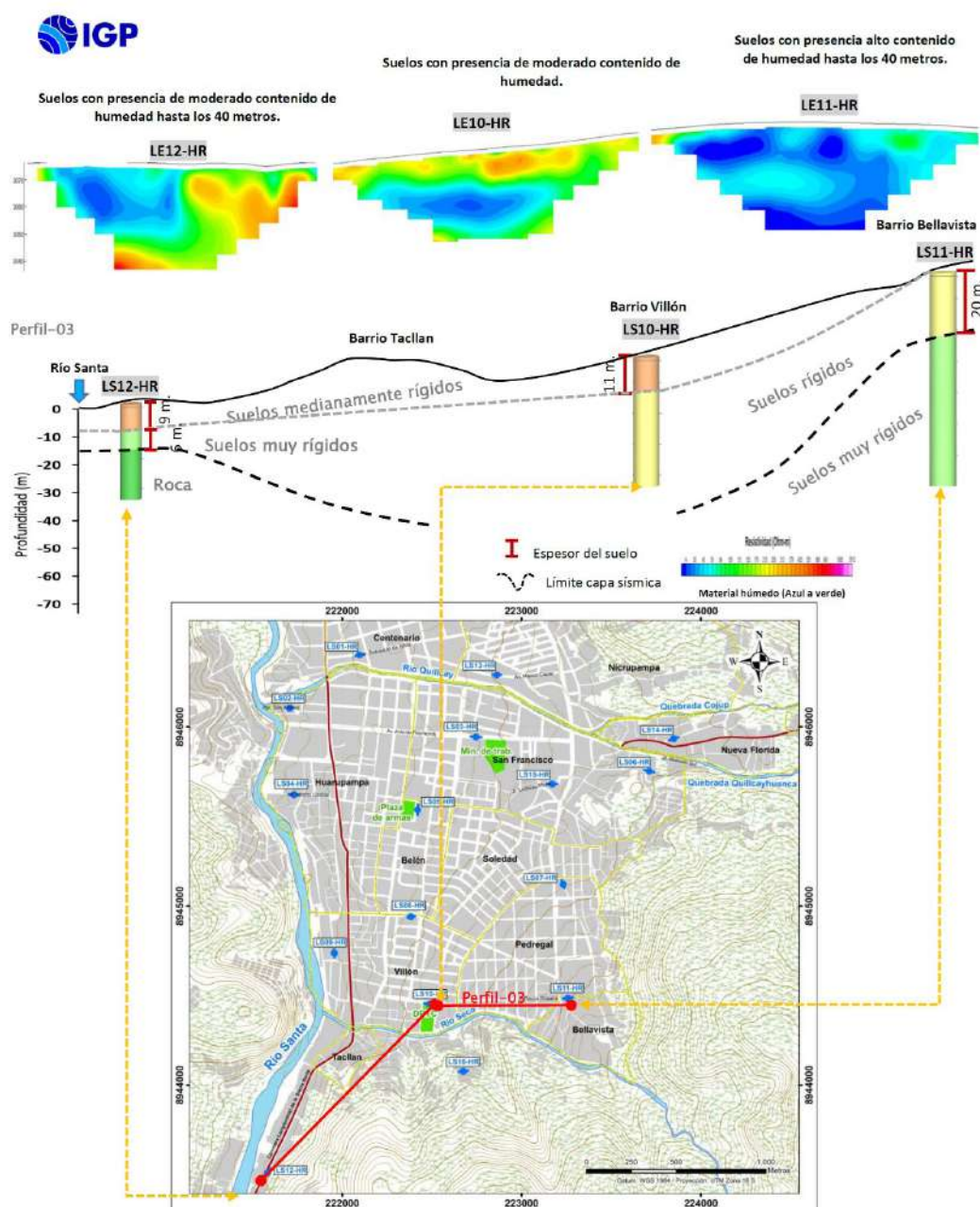


Figura 35. Estructura del suelo identificada en el sector sur de Huaraz. Perfil-03 realizado a partir de la correlación de los resultados con los métodos de ERT y MASW-MAM.

• Sector oeste de Huaraz

Comprende desde el río Quillcay, los barrios Huarupampa, Belén, Villón y Río Seco. Los resultados permiten definir lo siguiente:

- » Una capa superficial de suelos de material fino, **medianamente rígidos a rígidos**.
- » Velocidades $V_s = 258\text{--}374$ m/s y espesores de 4 a 9 metros, siendo los mayores por el barrio Villón y Río Seco. Ver Figura 36.
- » Presentan **alto** contenido de humedad a nivel superficial, hasta los 25 y 40 metros de

profundidad: barrios Belén y Villón, y por el Río Seco desde los 20 metros de profundidad.

- » A mayor profundidad, la capa de suelo está caracterizada por material muy rígido y correspondería al material fino compacto.

- » En este sector, los suelos responden a periodos de entre 0.1 a 0.4 segundos.

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 250 m/s y 400 m/s para las

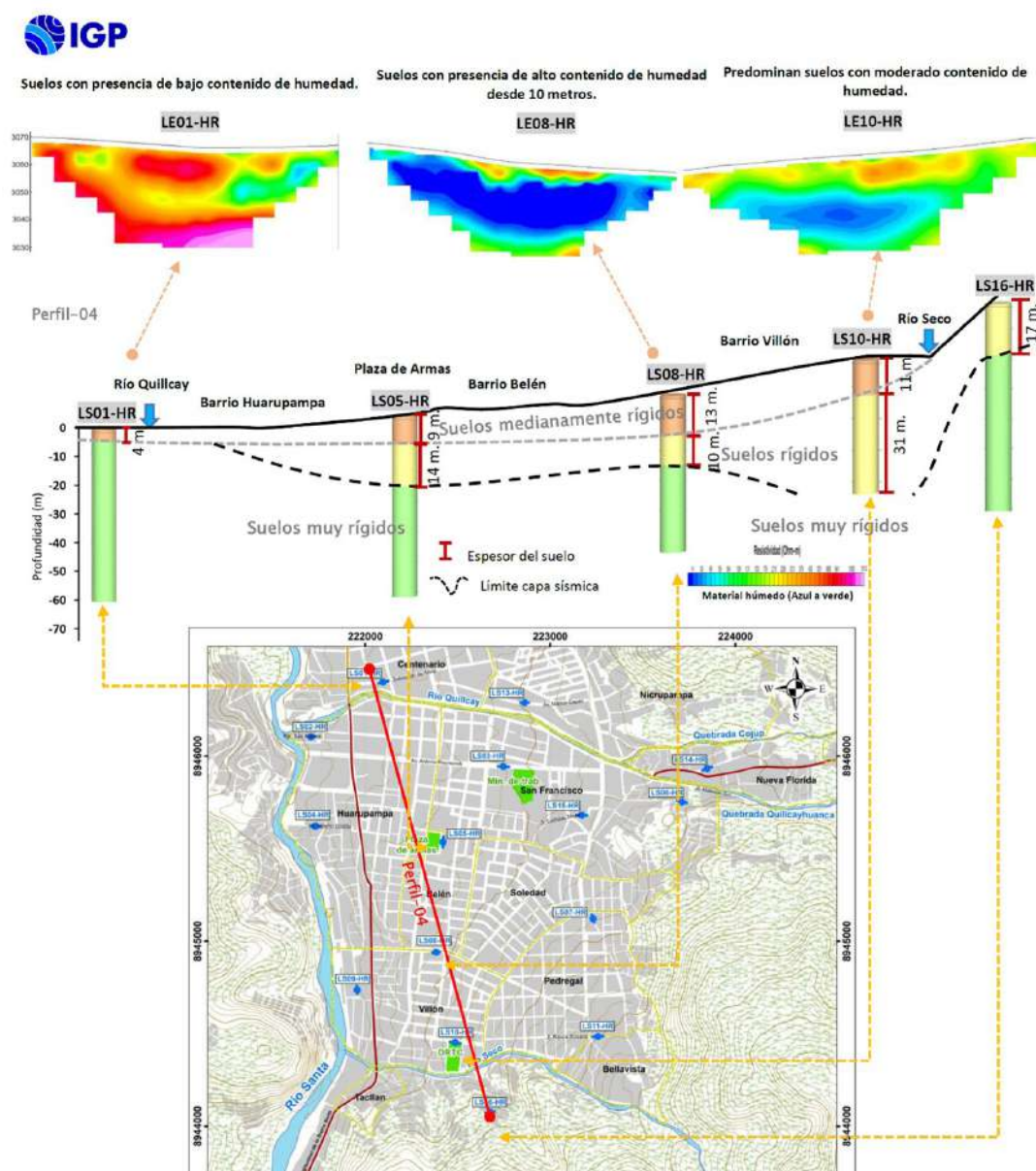


Figura 36. Estructura del suelo identificada en el sector oeste de Huaraz. Perfil-04 realizado a partir de la correlación de los resultados con los métodos de ERT y MASW-MAM.

ondas de corte (V_s), y periodos de 0.3 y 0.4 segundos, se estima la presencia de una capa superficial con espesores de entre 18 a 40 metros. Estos resultados coinciden con los obtenidos con el método sísmico MASW-MAM.

4.2 Mapa de zonificación geofísica-geotécnica

El mapa de zonificación geofísica-geotécnica para el área urbana y periurbana del distrito de Huaraz 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 un sismo. Las características dinámicas del suelo y sus propiedades mecánicas han permitido identificar, de acuerdo con la Norma de Construcción Sismorresistente E.030, la existencia de suelos de Tipo S1, S2 y S4 en el área de estudio, donde el 60 % corresponde a suelos que responden a periodos de 0.1 y 0.2 segundos, el 40 % restante a periodos de 0.3 y 0.4 segundos, con amplificaciones mayores a tres veces.

Para el área urbana y periurbana del distrito de Huaraz, se propone la siguiente zonificación geofísica-geotécnica (Figura 37).

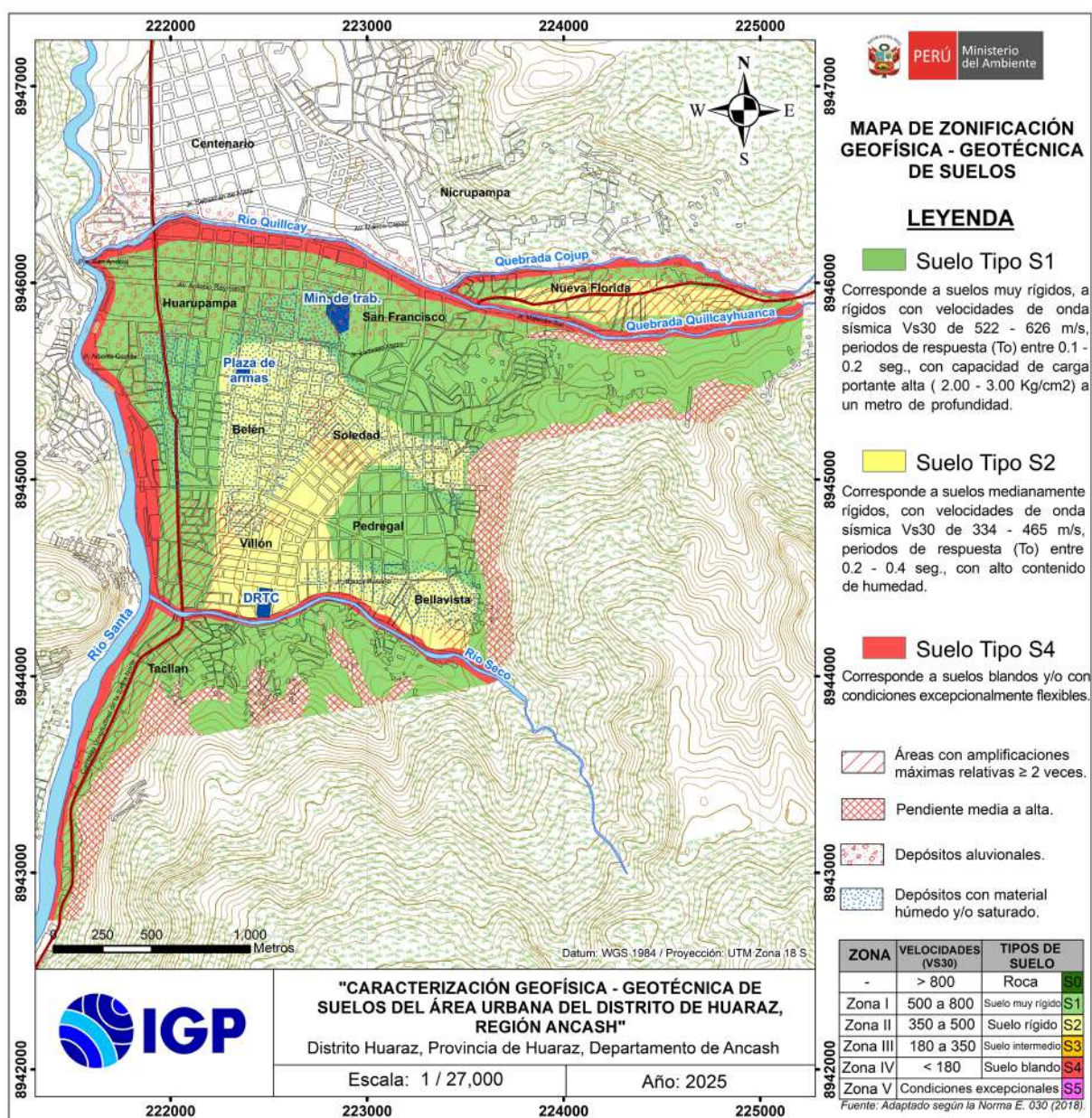


Figura 37. Mapa de zonificación geofísica-geotécnica de los suelos de Huaraz, escala 1/27 000.

- **Zona I**

La zona está conformada por suelos muy rígidos a rígidos, presentes desde la plaza de Armas hacia el barrio Huarupampa, San Francisco, Pedregal y al sur del Río Seco. Estos suelos están cubiertos con una capa delgada de depósitos recientes con espesores de 4 a 5 metros, con velocidades de ondas de corte V_s de 289 a 411 m/s, a nivel superficial, y de 900–1029 m/s, a la profundidad de 30 metros, lo que corresponde a velocidades de ondas sísmicas $V_{s_{30}}$ de 522-626 m/s. El periodo de vibración natural del suelo varía entre 0.1 a 0.2 segundos, con amplificaciones relativas de hasta 2.5 veces y moderado a alto contenido de humedad. Estos parámetros comprenden a Suelos Tipo S1 (E.030), es decir, suelos rígidos.

Asimismo, en el mapa de zonificación, con las líneas en rojo, se delimitan las áreas donde los suelos presentan amplificaciones relativas mayores e iguales a 2.0 veces. Finalmente, ante la ocurrencia de un sismo de moderada a mayor magnitud, estos suelos blandos, con altos niveles de humedad, pueden experimentar niveles altos de sacudimiento que podrían afectar a las estructuras construidas sobre ellos y, por ende, a la población.

- **Zona II**

La zona está conformada por suelos rígidos a medianamente rígidos, presentes desde la plaza de Armas hacia Belén, Villón y sectores de los barrios Soledad y Bellavista. Estos suelos presentan depósitos recientes de 4 a 9 metros de espesor, con velocidades de ondas de corte V_s entre 281 y 306 m/s, en la capa superficial, y de hasta 711 m/s, a 30 metros de profundidad; lo que corresponde a velocidades promedio $V_{s_{30}}$ de 334–465 m/s. El periodo de vibración natural del suelo varía entre 0.3 y 0.4 segundos, con amplificaciones relativas mayores a 2.5 veces y alto contenido de humedad, especialmente entre la plaza de Armas y Río Seco. Estos parámetros corresponden a suelos Tipo S2 (Norma E.030);,es decir, suelos rígidos a medianamente rígidos.

- **Zona III**

Considera suelos medianamente rígidos a blandos, que comprenden a Suelos Tipo S3 (E.030). Estos suelos no están presentes en el área de estudio.

- **Zona IV**

Considera suelos blandos del Tipo S4, es decir, suelos excepcionalmente flexibles presentes en zonas inundables o sectores próximos al río Quillcay y río Santa.

Conclusiones

El Estudio de Caracterización Geofísica-Geotécnica (comportamiento dinámico del suelo) para el área urbana y periurbana del distrito de Huaraz ha permitido llegar a las siguientes conclusiones:

- Geomorfológicamente, el área urbana del distrito de Huaraz presenta cuatro unidades: colinas, montañas, lomas y terraza aluvial. Esta última está conformada principalmente por gravas de origen aluviónico, sobre las cuales se emplaza la ciudad.
- Geológicamente, se identificó la presencia de un substrato rocoso constituido por rocas de tipo andesíticas y material glaciofluvial.
- Con base en los resultados de los ensayos geotécnicos y del laboratorio de suelos se ha determinado que los tipos de suelos en Huaraz están conformados por gravas bien graduadas con arcilla y arena (GW-GC), gravas mal graduadas con arcilla y arena (GP-GC) con capacidad de carga portante alta ($>3.00 \text{ kg/cm}^2$), grava arcillosa (GC) con capacidad de carga portante media (2.00 kg/cm^2 y 3.00 kg/cm^2), arena bien graduada con grava (SW-SM) y arena arcillosa (SC) con capacidad de carga portante muy baja ($<1.00 \text{ kg/cm}^2$).
- El análisis espectral de los registros de vibración ambiental evidencia que los suelos del área urbana y periurbana de Huaraz responden principalmente a periodos que fluctúan entre 0.1 y 0.4 segundos, siendo identificadas las mayores amplificaciones del suelo por el barrio Soledad, Villón, Tacllán, jirón Malecón Sur (en dirección este) y en las inmediaciones de la Carretera Longitudinal de la Sierra Norte, paralelo al río Santa. Ante la ocurrencia de un sismo de moderada a elevada magnitud, se podría generar efectos de sitio con altos niveles de sacudimiento del suelo.
- En el área urbana del distrito de Huaraz se ha identificado el predominio de suelos medianamente rígidos a rígidos ($V_s = 246$ a 458 m/s), en capas de 23 hasta 42 metros de espesor, principalmente por los barrios Belén y Villón, y hasta 28 metros en el barrio Pedregal, es decir, en la zona céntrica y sur del distrito. En la periferia del distrito, los espesores de la capa varían de 4 a 20 metros de profundidad y velocidades V_s de 328 a 499 m/s , lo que

corresponde a materiales de mayor rigidez. Por otra parte, localmente y a nivel superficial, se ha identificado la presencia de suelos muy rígidos ($V_s = 501$ a 772 m/s), a partir de 4 a 9 metros de profundidad en el barrio San Francisco, hacia el oeste de los barrios Centenario, Huarupampa y Villón, y en los lugares próximos a los ríos Santa y Quillcay. Estos suelos cubren a rocas moderadamente duras a duras ($V_s = 876$ a 1029 m/s), presentes en direcciones noreste y oeste de Huaraz.



- En el área urbana de Huaraz, los suelos presentan alto contenido de humedad. En el barrio de Huarupampa, estos suelos presentan espesores de hasta 40 metros. Asimismo, en los barrios Belén y San Francisco (altura del COER y MTPE), los suelos con alto contenido de humedad presentan espesores de 20 a 25 metros. En el barrio Villón y la Carretera Longitudinal de la Sierra Norte, los suelos moderadamente húmedos alcanzan espesores de hasta 40 metros. Además, se identifica la presencia de áreas anómalas con alto contenido de humedad debido a su proximidad de los ríos Santa y Seco. Finalmente, en el barrio Pedregal, los suelos con alto contenido de humedad están presentes entre los 8 y 20 metros de profundidad.
- Los resultados para el área urbana y periurbana de Huaraz, a partir de las características físicas y dinámicas del suelo, han permitido identificar la existencia de suelos de Tipo S1, S2 y S4 (Norma E.030 modificada).

Referencias



- Alva Hurtado, J., Huamán, C., & Bustamante, A. (2000). *Estudios de microzonificación sísmica de Huaraz*. En VIII Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil (6–11 de noviembre, Ica).
- Bernal, I. (2006). *Microzonificación sísmica de la ciudad de Tlaxcala, México* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Posgrado en Ciencias de la Tierra.
- Fidel, S. L., Zavala, C. B., & Nuñez, J. S. (2006). *Estudios de riesgos geológicos del Perú – Franja N° 4* (Boletín N° 29, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica). INGEMMET.
- Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI]. (2003). Plan de prevención ante desastres: *Usos del suelo y medidas de mitigación, ciudad de Huaraz*. INDECI.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2020). *Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú*.
- Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña [INAIGEM]. (2020). *Evaluación del riesgo por aluvión en la ciudad de Huaraz, distrito de Huaraz e Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Áncash*. INAIGEM.
- Lermo, J., & Chávez-García, F. J. (1994). Site effect evaluation at Mexico City: Dominant period and relative amplification from strong motion and microtremors records. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 13(6), 413–423
- Meyerhof, G. G. (1956). Penetration test and bearing capacity of cohesionless soils. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, 82(1), 19–26.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica de Edificaciones E.030*. Resolución Ministerial N°355-2018-VIVIENDA.
- Montero, O. J. (2017). *Clasificación de movimientos en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia*. Servicio Geológico Colombiano. ISBN: 978-958-59782-1-8
- Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremors on the ground surface. *Quarterly Report of Railway Technical Research Institute*, 30(1), 25–33.
- Ordóñez, E., Barrón, H., & Alva Hurtado, J. (1984). *Vulnerabilidad sísmica de las ciudades de Chimbote y Huaraz*. En V Congreso Nacional de Ingeniería Civil (Tacna, Perú).
- Park, C. B. (2014). MASW for geotechnical site investigation. *The Leading Edge*, 32(6), 656–662.
- Reynolds, J. M. (2011). *An introduction to applied and environmental geophysics* (2.ª ed.). John Wiley & Sons.
- SESAME Project. (2004). *Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations* (Research Report WP12). <http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/index.htm>
- Silgado, E. (1978). *Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513–1974)*. Instituto de Geología y Minería. Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, (3), 130 pp.
- Tavera, H., Bernal, I., Condori, C., Ordaz, M., Zeballos, A., & Ishizawa, O. (2016). *Re-evaluación del peligro sísmico probabilístico para el Perú*. Instituto Geofísico del Perú.
- Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1948). *Soil mechanics in engineering practice*. Wiley.

Anexos

- Anexo 1: Información geotécnica
 - a) Registro de posteos

 PERÚ Ministerio del Ambiente											
REGISTRO DE POSTEOS											
CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ				POSTEO:		POST - 01					
				UBICACIÓN:		COLISEO HUARAZ					
				DISTRITO:	Huarez	PROVINCIA:	Huarez	REGIÓN:	Ancash		
				PROFUNDIDAD (m):	1.50	NIVEL FREÁTICO (m):		FECHA:	Diciembre 2023		
				COORDENADAS UTM							
ELABORADO POR:				Héctor Lavado	NORTE (m):	8944685	ESTE (m):	222502	COTA (m.s.n.m):	3047	
				REVISADO POR:	Juan Carlos Gómez A.	RESPONSABLE DEL PROYECTO:		Hernando Tavera			
(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm ³)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERIL	DESCRIPCIÓN		
				Dh	Ds						
0.00											
0.10											
0.20									Material de relleno		
0.30											
0.40											
0.50											
0.60											
0.70											
0.80											
0.90											
1.00											
1.10											
1.20											
1.30											
1.40											
1.50											
1.60											
1.70											
1.80											
1.90											
2.00											
2.10											
2.20											
2.30											
2.40											
2.50											
2.60											
2.70											
2.80											
2.90											
3.00											

OBSE RVACIONES:

REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 01			
			
El ensayo se realizó en el sector Coliseo Huaraz		El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena arcillosa con grava.	



Ministerio
del Ambiente



REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ	POSTEO:	POST - 02				
	UBICACIÓN:	PEDREGAL ALTO				
	DISTRITO:	Huarez	PROVINCIA:	Huarez	REGIÓN:	Ancash
	PROFUNDIDAD (m):	0.80	NIVEL FREÁTICO (m):		FECHA:	Diciembre 2023
	COORDENADAS UTM					
	NORTE (m):	8945145	ESTE (m):	223330	COTA (m.s.n.m):	3160
ELABORADO POR:	Héctor Lavado	REVISADO POR:	Juan Carlos Gómez A.	RESPONSABLE DEL PROYECTO:		Hernando Tavera

(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm ³)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERIL	DESCRIPCIÓN
				Dh	Ds				
0.00									
0.10							SW		Material de relleno. Arena bien graduada
0.20									
0.30									
0.40							SW		Arena bien graduada, ligeramente húmeda.
0.50									
0.60									
0.70									
0.80									
0.90									
1.00									
1.10									
1.20									
1.30									
1.40									
1.50									
1.60									
1.70									
1.80									
1.90									
2.00									
2.10									
2.20									
2.30									
2.40									
2.50									
2.60									
2.70									
2.80									
2.90									
3.00									

OBSERVACIONES:

REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 02



El ensayo se realizó en el sector Pedregal Alto



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena bien graduada.



REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA -
GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA
URBANA DE HUARAZ

POSTEO:		POST - 03							
UBICACIÓN:		PARQUE SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO							
DISTRITO:		Huaraz		PROVINCIA:	Huaraz	REGIÓN:	Ancash		
PROFUNDIDAD (m):		0.50		NIVEL FREÁTICO (m):		FECHA:		Diciembre, 2023	
COORDENADAS UTM									
NORTE (m):		8945252		ESTE (m):		222801		COTA (m.s.n.m):	3083
REVISADO POR:		Juan Carlos Gómez A.			RESPONSABLE DEL PROYECTO:				Hernando Tavera

ELABORADO POR: Héctor Lavado

(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm ³)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERIL	DESCRIPCIÓN
				Dh	Ds				
0.00									
0.10									
0.20									
0.30									
0.40									
0.50									
0.60									
0.70									
0.80									
0.90									
1.00									
1.10									
1.20									
1.30									
1.40									
1.50									
1.60									
1.70									
1.80									
1.90									
2.00							CL		
2.10									
2.20									
2.30									
2.40									
2.50									
2.60									
2.70									
2.80									
2.90									
3.00									

OBSERVACIONES:

REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 03



El ensayo se realizó en el sector parque Santiago Antunez de Mayolo



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es material de relleno



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

ELABORADO POR: Héctor LAVADO

POSTEO:	POST - 04				
UBICACIÓN:	MALECÓN SUR QUILCAY				
DISTRITO:	Huarez	PROVINCIA:	Huarez	REGIÓN:	Ancash
PROFUNDIDAD (m):	0.60	NIVEL FREÁTICO (m):		FECHA:	Diciembre, 2023
COORDENADAS UTM					
NORTE (m):	8946287	ESTE (m):	222231	COTA (m.s.n.m):	3097
REVISADO POR:	Juan Carlos Gómez A.	RESPONSABLE DEL PROYECTO:		Hernando Tavera	

(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (g/cm³)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERIL	DESCRIPCIÓN
				Dh	Ds				
0.00									
0.10							SW		Material de relleno
0.20									
0.30							GW		Grava bien graduada con arena de grano grueso y limo
0.40									
0.50									
0.60									
0.70									
0.80									
0.90									
1.00									
1.10									
1.20									
1.30									
1.40									
1.50									
1.60									
1.70									
1.80									
1.90									
2.00									
2.10									
2.20									
2.30									
2.40									
2.50									
2.60									
2.70									
2.80									
2.90									
3.00									

OBSERVACIONES:

REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 04



El ensayo se realizó en el sector Malecón sur Quilcay



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es grava bien graduada con arena



REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA -
GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA
URBANA DE HUARAZ

POSTEO:	POST - 05				
UBICACIÓN:	SEMINARIO LOS PINOS				
DISTRITO:	Huarez	PROVINCIA:	Huarez	REGIÓN:	Ancash
PROFUNDIDAD (m):	0.55	NIVEL FREÁTICO (m):		FECHA:	Diciembre 2023
COORDENADAS UTM					
NORTE (m):	8945615	ESTE (m):	224053	COTA (m.s.n.m):	3132
REVISADO POR:	Juan Carlos Gómez A.	RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera			

(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm³)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERIL	DESCRIPCIÓN
				Dh	Ds				
0.00									
0.10									
0.20									
0.30									
0.40									
0.50									
0.60									
0.70									
0.80									
0.90									
1.00									
1.10									
1.20									
1.30									
1.40									
1.50									
1.60									
1.70									
1.80									
1.90									
2.00									
2.10									
2.20									
2.30									
2.40									
2.50									
2.60									
2.70									
2.80									
2.90									
3.00									

OBSERVACIONES:

REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 05



El ensayo se realizó en el sector Seminario Los Pinos



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena limosa con grava



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

POSTEO:	POST - 06				
UBICACIÓN:	TACLLAN				
DISTRITO:	Huarez	PROVINCIA:	Huarez	REGIÓN:	Ancash
PROFUNDIDAD (m):	0.30	NIVEL FREÁTICO (m):		FECHA:	Diciembre, 2023
COORDENADAS UTM					
NORTE (m):	8943085	ESTE (m):	221514	COTA (m.s.n.m):	3100
REVISADO POR:	Juan Carlos Gómez A.	RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera			

(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm ³)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERIL	DESCRIPCIÓN
				Dh	Ds				
0.00									
0.10									
0.20									
0.30									
0.40									
0.50									
0.60									
0.70									
0.80									
0.90									
1.00									
1.10									
1.20									
1.30									
1.40									
1.50									
1.60									
1.70									
1.80									
1.90									
2.00									
2.10									
2.20									
2.30									
2.40									
2.50									
2.60									
2.70									
2.80									
2.90									
3.00									

OBSERVACIONES:

REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 06



El ensayo se realizó en el sector Tacllan



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es grava arcillosa

REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

POSTEO:	POST - 07				
UBICACIÓN:	TOCLLA TUNASPAMPA				
DISTRITO:	Huarez	PROVINCIA:	Huarez	REGIÓN:	Ancash
PROFUNDIDAD (m):	150	NIVEL FREÁTICO (m):		FECHA:	Diciembre 2023
COORDENADAS UTM					
NORTE (m):	8941528	ESTE (m):	221393	COTA (m.s.n.m.):	2980
REVISADO POR:	Juan Carlos Gómez A.	RESPONSABLE DEL PROYECTO:	Hernando Tavera		

ELABORADO POR:	Héctor Albert
----------------	---------------

REVISADO POR:	Juan Carlos Gómez A.
---------------	----------------------

RESPONSABLE DEL PROYECTO:	Hernando Tavera
---------------------------	-----------------

PROF. (m)	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD D (gr/cm ³)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRAFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
			D _h	D _s				
0.00								
0.10								
0.20								
0.30								
0.40								
0.50								
0.60								
0.70								
0.80								
0.90								
1.00								
1.10								
1.20								
1.30								
1.40								
1.50								
1.60								
1.70								
1.80								
1.90								
2.00								
2.10								
2.20								
2.30								
2.40								
2.50								
2.60								
2.70								
2.80								
2.90								
3.00								

OBSERVACIONES:

REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 07



El ensayo se realizó en el sector Todías Tunaspampa

El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena arcillosa



REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA -
GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA
URBANA DE HUARAZ

POSTEO:	POST - 08				
UBICACIÓN:	RÍO SECO				
DISTRITO:	Huarez	PROVINCIA:	Huarez	REGIÓN:	Ancash
PROFUNDIDAD (m):	1.00	NIVEL FREÁTICO (m):		FECHA:	Diciembre 2023
COORDENADAS UTM					
NORTE (m):	8944250	ESTE (m):	223047	COTA (m.s.n.m):	3196
REVISADO POR:	Juan Carlos Gómez A.	RESPONSABLE DEL PROYECTO:	Hernando Tavera		

(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm ³)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFIL	DESCRIPCIÓN
				Dh	Ds				
0.00									
0.10									
0.20									
0.30									
0.40									
0.50									
0.60									
0.70									
0.80									
0.90									
1.00									
1.10									
1.20									
1.30									
1.40									
1.50									
1.60									
1.70									
1.80									
1.90									
2.00									
2.10									
2.20									
2.30									
2.40									
2.50									
2.60									
2.70									
2.80									
2.90									
3.00									

OBSERVACIONES:

REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 07



El ensayo se realizó en el sector Río Seco

El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es grava bien graduada con arena



REGISTRO DE POSTEOS

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA -
GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA
URBANA DE HUARAZ

POSTEO:		POST - 09					
UBICACIÓN:		Parque el Inca					
DISTRITO:		Huarez	PROVINCIA:	Huarez	REGIÓN:	Ancash	
PROFUNDIDAD (m):		0.80	NIVEL FREÁTICO (m):		FECHA:	Diciembre 2023	
COORDENADAS UTM							
NORTE (m):		8945161	ESTE (m):		222044	COTA (m.s.n.m):	3047
REVISADO POR:		Juan Carlos Gómez A.		RESPONSABLE DEL PROYECTO:			Hernando Tavera

(m)	PROF.	MUESTRAS	HUMEDAD (%)	DENSIDAD (gr/cm ³)		GRÁFICO	SUCS	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE PERFL	DESCRIPCIÓN
				Dh	Ds				
0.00									
0.10									
0.20									
0.30									
0.40									
0.50									
0.60									
0.70									
0.80									
0.90									
1.00									
1.10									
1.20									
1.30									
1.40									
1.50									
1.60									
1.70									
1.80									
1.90									
2.00									
2.10									
2.20									
2.30									
2.40									
2.50									
2.60									
2.70									
2.80									
2.90									
3.00									

OBSERVACIONES:

REGISTRO FOTOGRÁFICO POST - 07



El ensayo se realizó en el sector parque el Inca



El tipo de suelo reconocido mediante el ensayo de posteo es arena arcillosa

b) Ensayo de penetración dinámica ligera



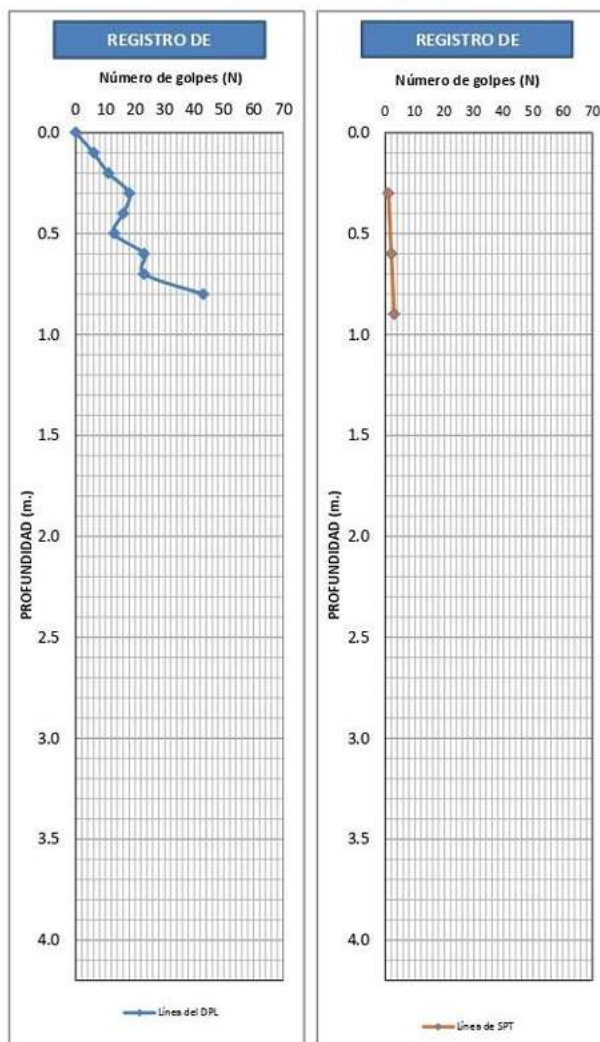
ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA (NORMA DIN - 4094)

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ
UBICACIÓN: Seminario los Pinos
PROFUNDIDAD (m): 0.80 m
COORDENADAS (m): 224054 E 8945614 N
FECHA: Diciembre, 2023
ELABORADO POR: Héctor Lavado
APROBADO POR: Juan Carlos Gómez A.
RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

ENSAYO: **DPL-1**
HOJA: 1/7
N.F.: ☐ NO presenta nivel freático

Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m.)	N _{dpl} (golpes)	N _{spt} (golpes)	C _{spt} (Tn/m ²)	Ø _{spt} (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	6				
0.20	11	6.04	0.0	26.0	Suelta
0.30	18				
0.40	16				
0.50	13	8.98	0.0	28.4	Suelta
0.60	23				
0.70	23				
0.80	43	11.40	0.0	30.1	Media
0.90					
1.00					
1.10			0.0	#####	
1.20					
1.30					
1.40			0.0	#####	
1.50					
1.60					
1.70			0.0	#####	
1.80					
1.90					
2.00			0.0	#####	
2.10					
2.20					
2.30			0.0	#####	
2.40					
2.50					
2.60			0.0	#####	
2.70					
2.80					
2.90			0.0	#####	
3.00					
3.10					
3.20			0.0	#####	
3.30					
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



OBSERVACIONES: El ensayo concluyó a 3.30 m. de profundidad, los suelos corresponden a capa de compactación suelta.

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA
(NORMA DIN - 4094)

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

UBICACIÓN: Parque el Inca

PROFUNDIDAD (m): 1.50 m

COORDENADAS (m): 212041 E

8945170 N

FECHA: Diciembre, 2023

ELABORADO POR: Héctor Lavado

APROBADO POR: Juan Carlos Gómez A.

RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

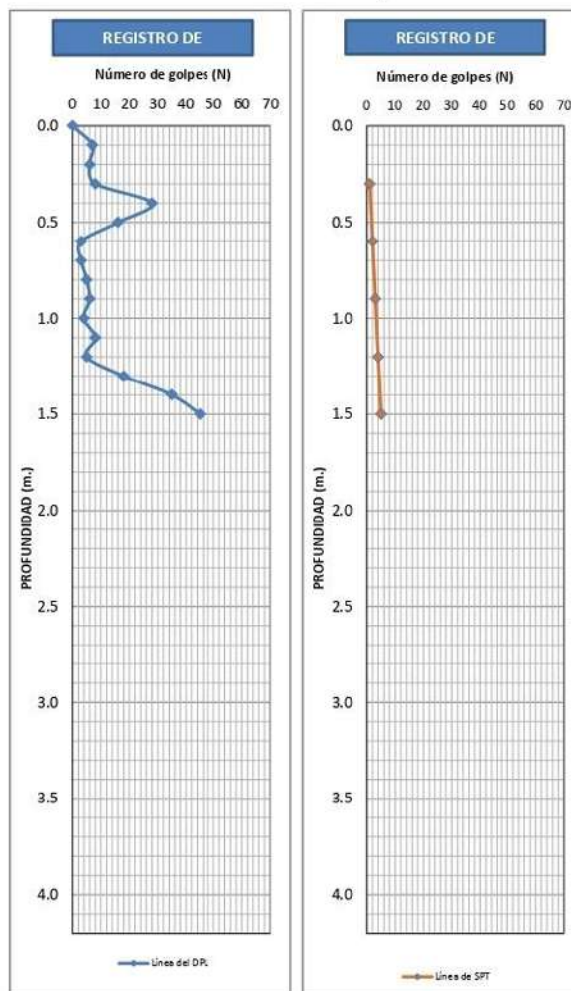
ENSAYO: DPL-2

HOJA: 2/7

N.F: ☐ NO presenta nivel freático

Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m.)	N _{dpl} (golpes)	N _{spt} (golpes)	C' _{spt} (Tn/m ²)	φ' _{spt} (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	7				
0.20	6	3.63	0.0	23.5	Muy Suelta
0.30	8				
0.40	28				
0.50	16	8.12	0.0	27.7	Suelta
0.60	3				
0.70	3				
0.80	5	2.42	0.0	22.0	Muy Suelta
0.90	6				
1.00	4				
1.10	8	2.94	0.0	22.7	Muy Suelta
1.20	5				
1.30	18				
1.40	35	16.92	0.0	33.4	Media
1.50	45				
1.60					
1.70			0.0	#####	
1.80					
1.90					
2.00			0.0	#####	
2.10					
2.20					
2.30			0.0	#####	
2.40					
2.50					
2.60			0.0	#####	
2.70					
2.80					
2.90			0.0	#####	
3.00					
3.10					
3.20			0.0	#####	
3.30					
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



OBSERVACIONES: El ensayo concluyó a 3.30 m. de profundidad, los suelos corresponden a capa de compactación suelta.

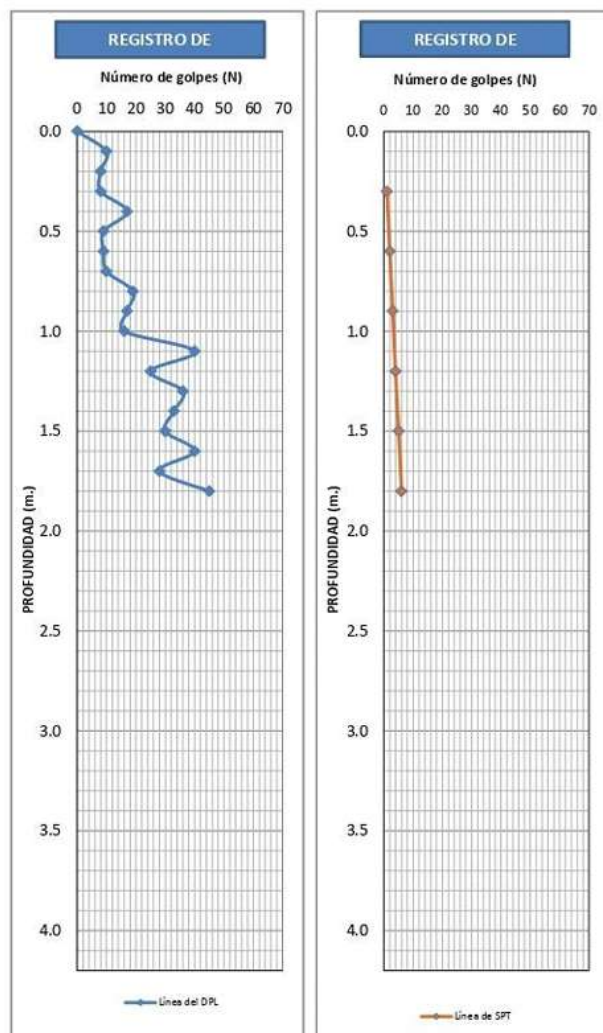
ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA
(NORMA DIN - 4094)

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ
UBICACIÓN: RÍO SECO
PROFUNDIDAD (m): 1.80 m
COORDENADAS (m): 223047 E
 8944253 N
FECHA: Diciembre, 2023
ELABORADO POR: Héctor Lavado
APROBADO POR: Juan Carlos Gómez A.
RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

ENSAYO: **DPL-3**
HOJA: 3/7
N.F: ☐ NO presenta nivel freático

Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m.)	N _{dpl} (golpes)	N _{spt} (golpes)	C' _{spt} (Tn/m ²)	Ø' _{spt} (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	10				
0.20	8	4.49	0.0	24.5	Suelta
0.30	8				
0.40	17				
0.50	9	6.04	0.0	26.0	Suelta
0.60	9				
0.70	10				
0.80	19	7.94	0.0	27.6	Suelta
0.90	17				
1.00	16				
1.10	40	13.99	0.0	31.7	Media
1.20	25				
1.30	36				
1.40	33	17.09	0.0	33.5	Media
1.50	30				
1.60	40				
1.70	28	19.51	0.0	34.8	Media
1.80	45				
1.90			0.0	#####	
2.00					
2.10					
2.20			0.0	#####	
2.30					
2.40					
2.50			0.0	#####	
2.60					
2.70					
2.80			0.0	#####	
2.90					
3.00					
3.10					
3.20					
3.30					
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



OBSERVACIONES: El ensayo concluyó a 3.00 m. de profundidad debido a que se alcanza el número máximo de golpes.

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA
(NORMA DIN - 4094)

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

UBICACIÓN: C.P. Tocllas Tunas pampa

PROFUNDIDAD (m): 3.00 m

COORDENADAS (m): 221393 E

FECHA: 8941528 N

ELABORADO POR: Diciembre, 2023

APROBADO POR: Héctor Lavado

RESPONSABLE DEL PROYECTO: Juan Carlos Gómez A.

RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

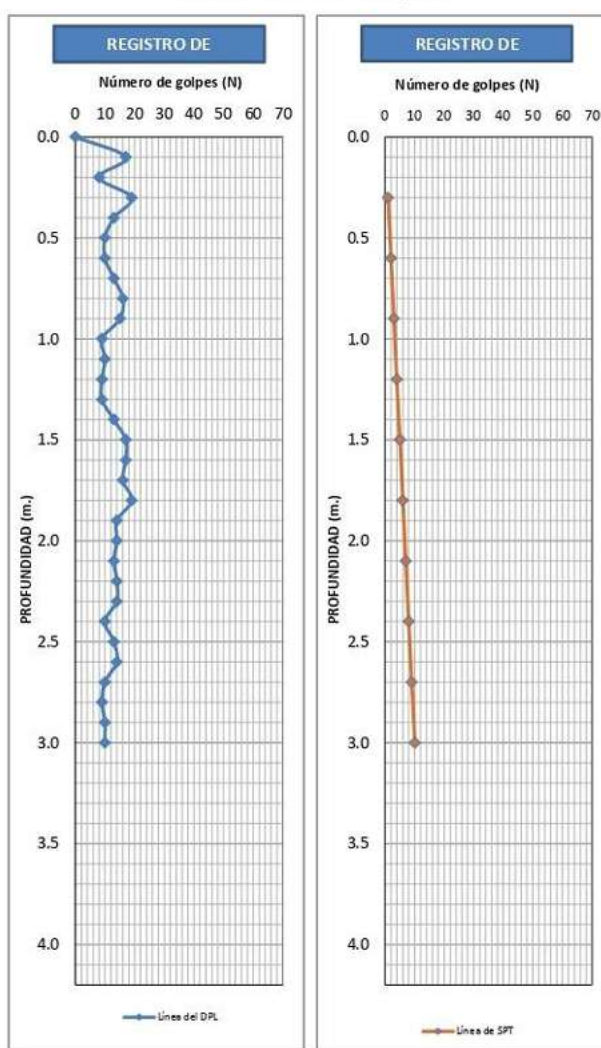
ENSAYO: DPL-4

HOJA: 4/7

N.F: ☐ NO presenta nivel freático

Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m.)	N _{dpl} (golpes)	N _{spt} (golpes)	C' _{spt} (Tn/m ²)	Ø' _{spt} (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	17				
0.20	8	7.60	0.0	27.3	Suelta
0.30	19				
0.40	13				
0.50	10	5.70	0.0	25.7	Suelta
0.60	10				
0.70	13				
0.80	16	7.60	0.0	27.3	Suelta
0.90	15				
1.00	9				
1.10	10	4.83	0.0	24.8	Suelta
1.20	9				
1.30	9				
1.40	13	6.73	0.0	26.6	Suelta
1.50	17				
1.60	17				
1.70	16	8.98	0.0	28.4	Suelta
1.80	19				
1.90	14				
2.00	14	7.08	0.0	26.9	Suelta
2.10	13				
2.20	14				
2.30	14	6.56	0.0	26.5	Suelta
2.40	10				
2.50	13				
2.60	14	6.39	0.0	26.3	Suelta
2.70	10				
2.80	9				
2.90	10	5.01	0.0	25.0	
3.00	10				
3.10					
3.20					
3.30					
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



OBSERVACIONES: El ensayo concluyó a 2.80 m. de profundidad debido a que se alcanza el número máximo de golpes.

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA
(NORMA DIN - 4094)

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

UBICACIÓN: Malecón Quilcay

PROFUNDIDAD (m): 0.90 m

COORDENADAS (m): 222231 E

8946287 N

FECHA: Diciembre, 2023

ELABORADO POR: Héctor Lavado

APROBADO POR: Juan Carlos Gómez A.

RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

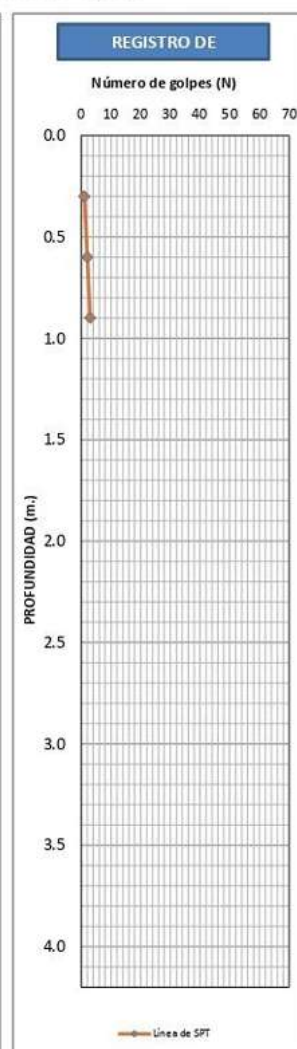
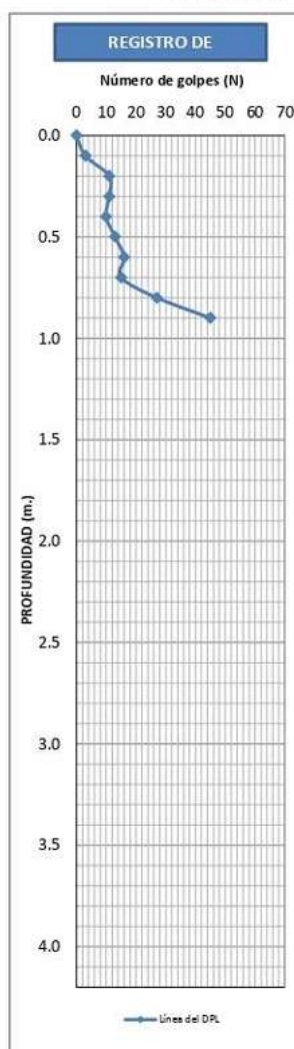
ENSAYO: DPL-5

HOJA: 5/7

N.F: ☐ NO presenta nivel freático

Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m.)	N _{dpl} (golpes)	N _{spt} (golpes)	C' _{spt} (Tn/m ²)	Ø' _{spt} (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	3				
0.20	11	4.32	0.0	24.3	Suelta
0.30	11				
0.40	10				
0.50	13	6.73	0.0	26.6	Suelta
0.60	16				
0.70	15				
0.80	27	15.02	0.0	32.3	Media
0.90	45				
1.00					
1.10			0.0	#####	
1.20					
1.30					
1.40			0.0	#####	
1.50					
1.60					
1.70			0.0	#####	
1.80					
1.90					
2.00			0.0	#####	
2.10					
2.20					
2.30			0.0	#####	
2.40					
2.50					
2.60			0.0	#####	
2.70					
2.80					
2.90			0.0	#####	
3.00					
3.10					
3.20			0.0	#####	
3.30					
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



OBSERVACIONES: El ensayo concluyó a 3.30 m. de profundidad, los suelos corresponden a capa de compactación media.

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA
(NORMA DIN - 4094)

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

UBICACIÓN: Soledad Baja

PROFUNDIDAD (m): 1.10 m

COORDENADAS (m): 222595 E

FECHA: 8945439 N

ELABORADO POR: Diciembre, 2023

APROBADO POR: Héctor Lavado

RESPONSABLE DEL PROYECTO: Juan Carlos Gómez A.

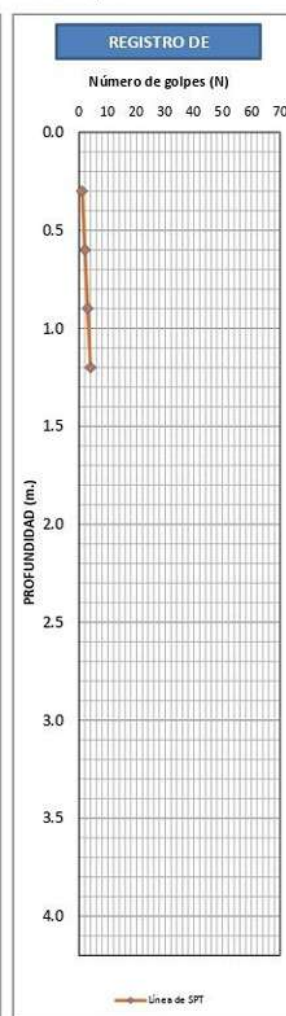
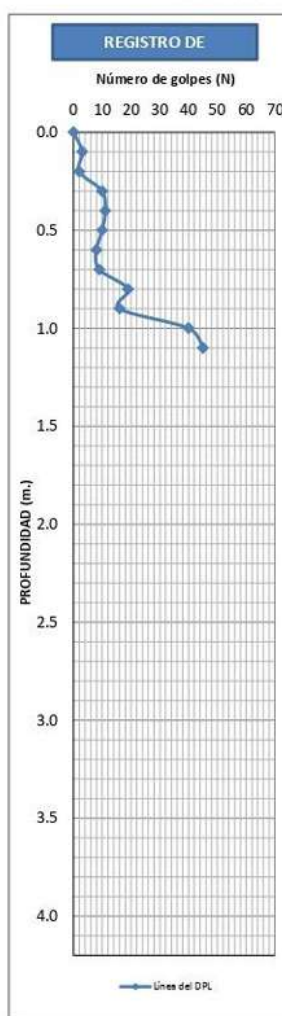
HOJA: 6/7

ENSAYO: DPL-6

N.F: NO presenta nivel freático

Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m.)	N _{dpl} (golpes)	N _{spt} (golpes)	C' _{spt} (Tn/m ²)	Ø' _{spt} (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	3				
0.20	2	2.59	0.0	22.2	Muy Suelta
0.30	10				
0.40	11				
0.50	10	5.01	0.0	25.0	Suelta
0.60	8				
0.70	9				
0.80	19	7.60	0.0	27.3	Suelta
0.90	16				
1.00	40				
1.10	45	14.68	0.0	32.1	Media
1.20					
1.30					
1.40			0.0	#####	
1.50					
1.60					
1.70			0.0	#####	
1.80					
1.90					
2.00			0.0	#####	
2.10					
2.20					
2.30			0.0	#####	
2.40					
2.50					
2.60			0.0	#####	
2.70					
2.80					
2.90			0.0	#####	
3.00					
3.10					
3.20			0.0	#####	
3.30					
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



OBSERVACIONES: El ensayo concluyó a 3.30 m. de profundidad, los suelos corresponden a capa de compactación media.

ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA LIGERA
(NORMA DIN - 4094)

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA - GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

UBICACIÓN: Pedregal Alto

PROFUNDIDAD (m): 1.50 m
COORDENADAS (m): 223330 E

FECHA: 8945145 N

ELABORADO POR: Diciembre, 2023

APROBADO POR: Héctor Lavado

RESPONSABLE DEL PROYECTO: Juan Carlos Gómez A.

RESPONSABLE DEL PROYECTO: Hernando Tavera

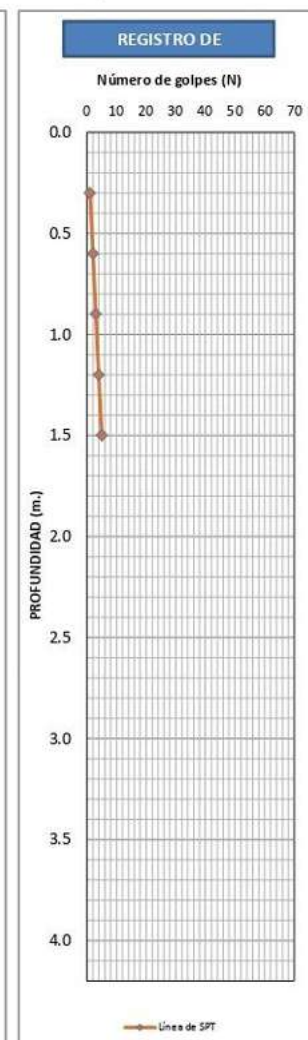
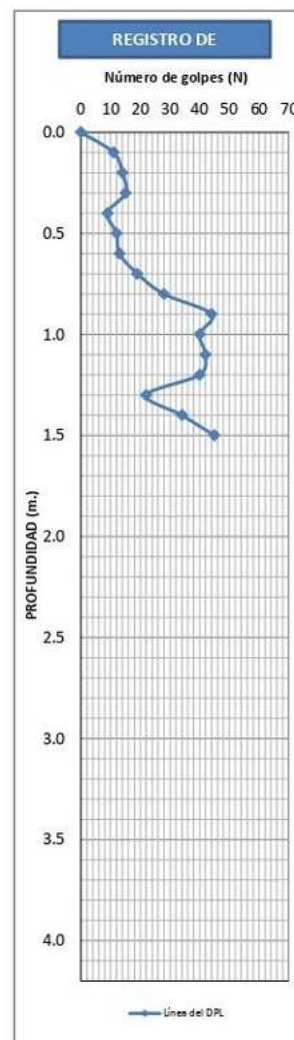
ENSAYO: **DPL-7**

HOJA: 7/7

N.F: ☐ NO presenta nivel freático

Correlación entre DPL y SPT

PROF. (m.)	N _{dpl} (golpes)	N _{spt} (golpes)	C' _{spt} (Tn/m ²)	Ø' _{spt} (°)	Compacidad Relativa
0.00	0				
0.10	11				
0.20	14	6.91	0.0	26.8	Suelta
0.30	15				
0.40	9				
0.50	12	5.87	0.0	25.8	Suelta
0.60	13				
0.70	19				
0.80	28	15.71	0.0	32.7	Media
0.90	44				
1.00	40				
1.10	42	21.07	0.0	35.5	Media
1.20	40				
1.30	22				
1.40	34	17.44	0.0	33.7	Media
1.50	45				
1.60					
1.70			0.0	#####	
1.80					
1.90					
2.00			0.0	#####	
2.10					
2.20					
2.30			0.0	#####	
2.40					
2.50					
2.60			0.0	#####	
2.70					
2.80					
2.90			0.0	#####	
3.00					
3.10					
3.20			0.0	#####	
3.30					
3.40					
3.50					
3.60					
3.70					
3.80					
3.90					
4.00					
4.10					
4.20					



OBSERVACIONES: El ensayo concluyó a 3.30 m. de profundidad, los suelos corresponden a capa de compactación media.

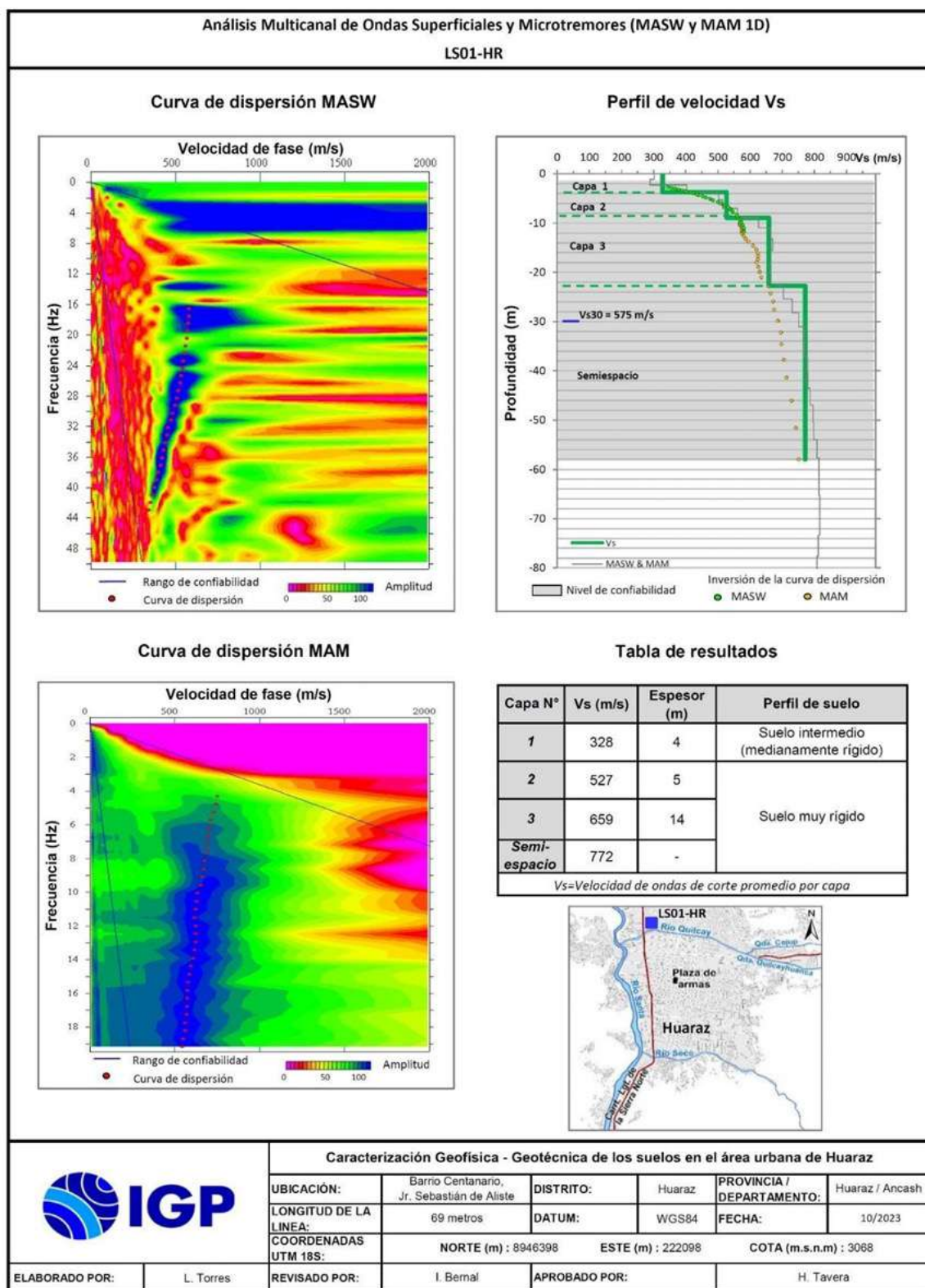
APLICANDO EL CRITERIO DE TERZAGHI

Hernando Tavera

D_p	Profundidad de cimentación	Φ ($^\circ$)	Angulo de fricción interna del suelo
Y_{int}	Densidad natural	C (kg/cm 2)	Cohesión
Y_{seca}	Densidad seca	N_c, N_q, N_γ	Factores de carga
B (m)	Ancho de cimiento continuo	q_{ult}	Capacidad de carga última
		q_r	Capacidad de carga admisible

OBSERVACIÓN: La capacidad de carga admisible es para una cimentación corrida de una edificación convencional.

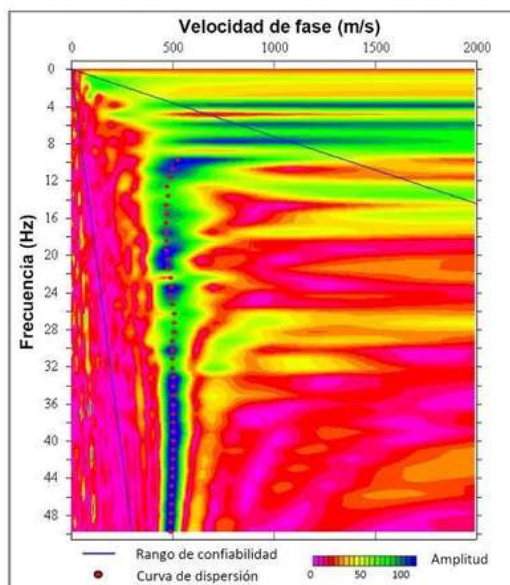
- Anexo 2: Información geofísica
Perfiles sísmicos MASW-MAM y secciones de tomografía eléctrica



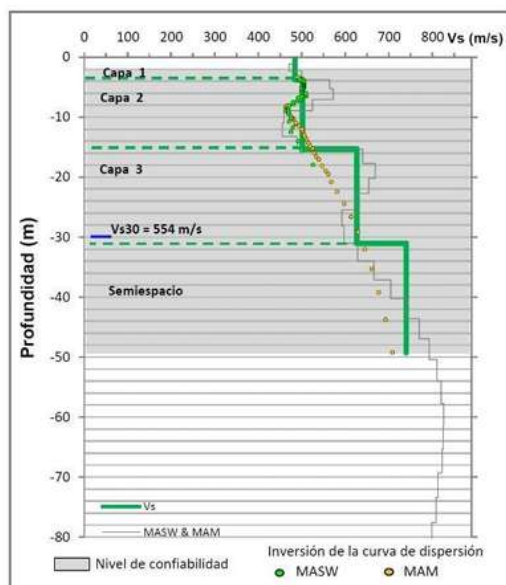
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

LS02-HR

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

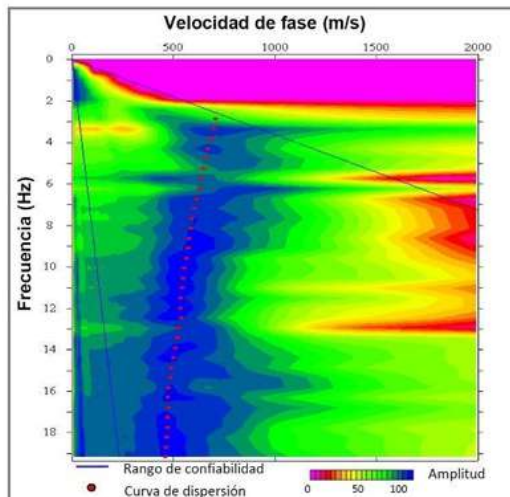


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	484	4	Suelo rígido
2	501	12	Suelo muy rígido
3	627	16	
Semi-espacio	740	-	

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa



Caracterización Geofísica - Geotécnica de los suelos en el área urbana de Huaraz

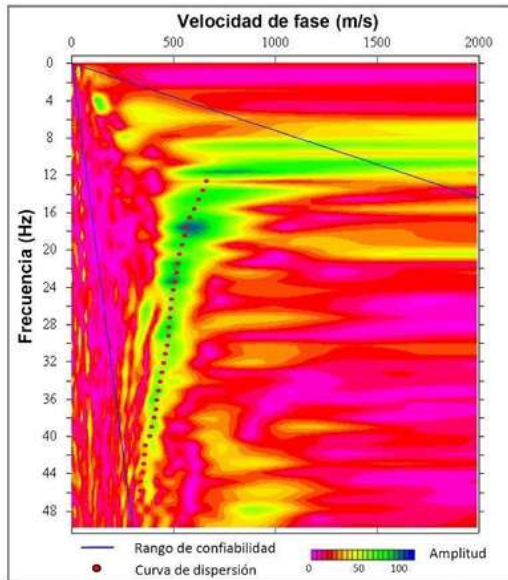
UBICACIÓN:	Barrio Huarupampa, Pje. San Andrés	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huaraz / Ancash
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 8946109	ESTE (m) : 221717	COTA (m.s.n.m) : 3055		
ELABORADO POR:	L. Torres	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera



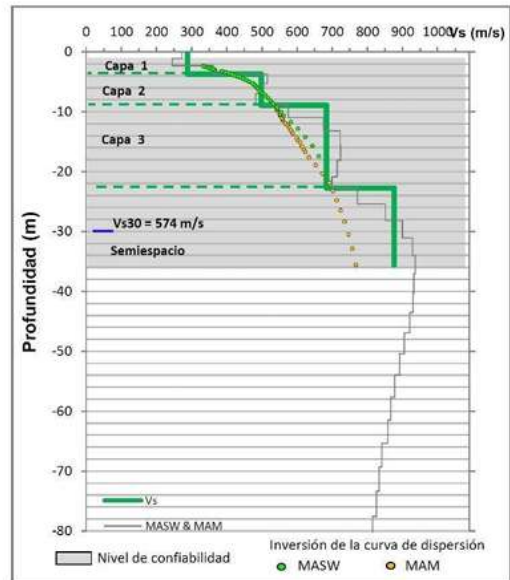
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

LS03-HR

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

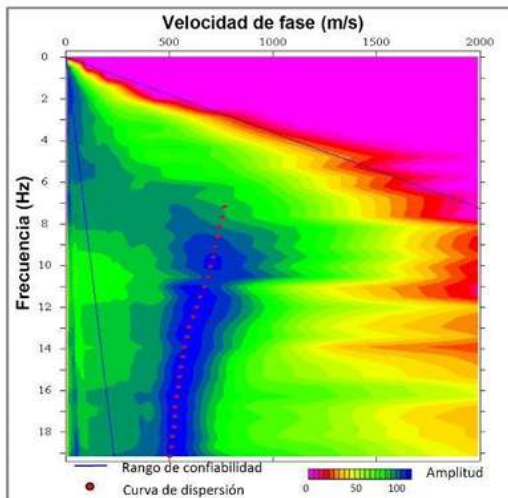


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	289	4	Suelo intermedio (medianamente rígido)
2	499	5	Suelo rígido
3	684	14	Suelo muy rígido
Semi-espacio	876	-	Roca moderadamente dura a dura

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa



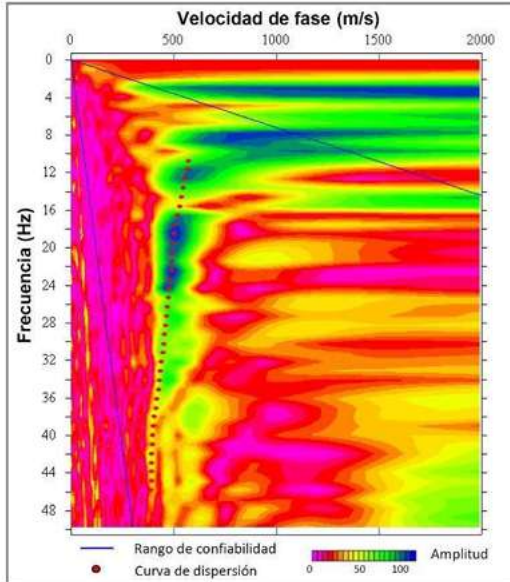
Caracterización Geofísica - Geotécnica de los suelos en el área urbana de Huaraz

UBICACIÓN:	Barrio San Francisco, Av. Antonio Raymondi	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huaraz / Ancash
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 8945939	ESTE (m) : 222747	COTA (m.s.n.m) : 3084		
ELABORADO POR:	L. Torres	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera

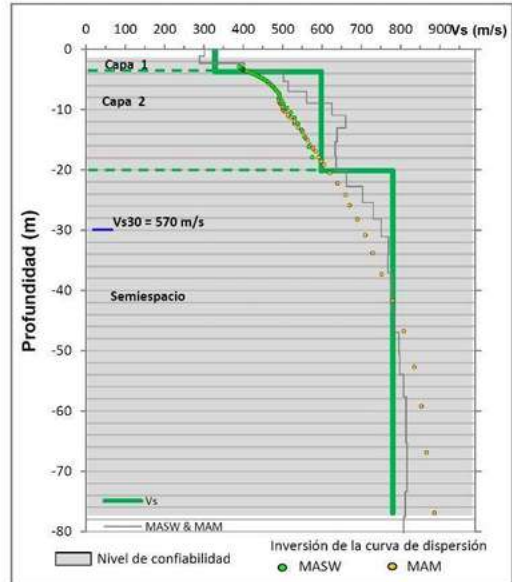
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

LS04-HR

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

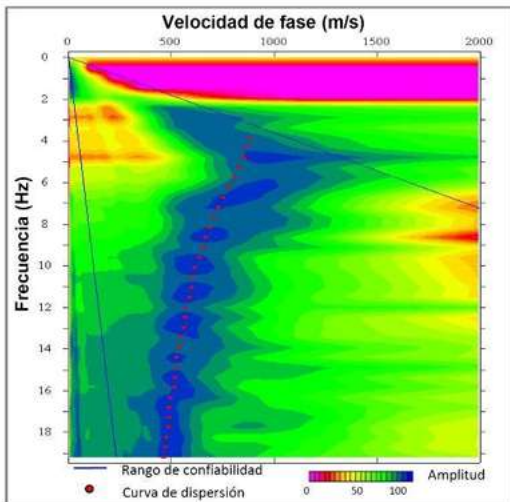


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	328	4	Suelo intermedio (medianamente rígido)
2	599	16	Suelo muy rígido
Semi-espacio	780	-	Suelo muy rígido

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa



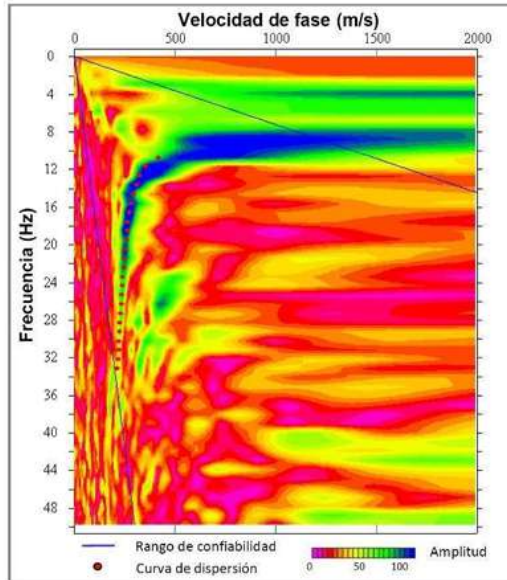
Caracterización Geofísica - Geotécnica de los suelos en el área urbana de Huaraz

UBICACIÓN:	Barrio Huarupampa, Jr. Alberto Gridilla	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huaraz / Ancash
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 8945623 ESTE (m) : 221728 COTA (m.s.n.m) : 3049				
ELABORADO POR:	L. Torres	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera

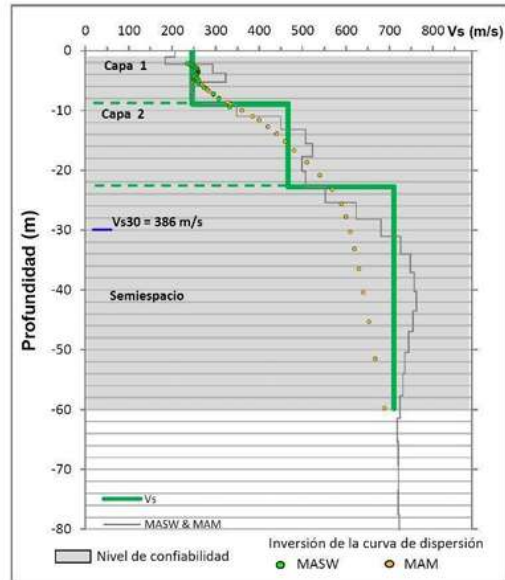
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

LS05-HR

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

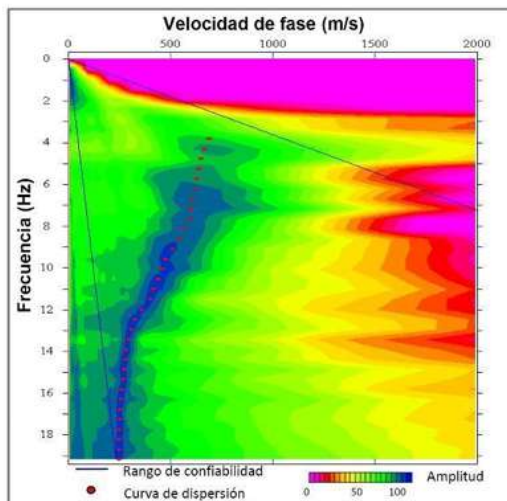


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	246	9	Suelo intermedio (medianamente rígido)
2	467	14	Suelo rígido
Semi-espacio	711	-	Suelo muy rígido

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa



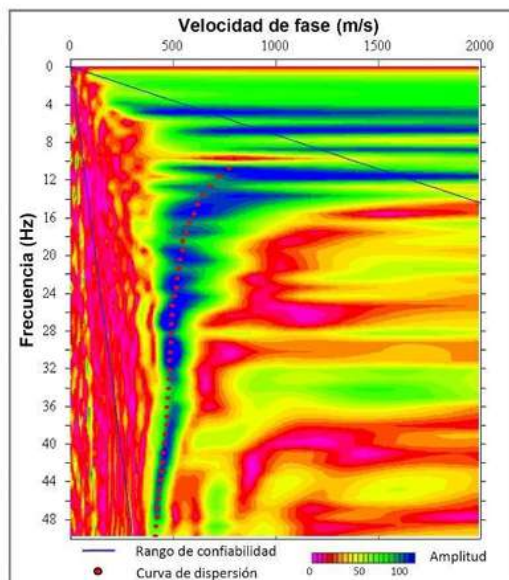
Caracterización Geofísica - Geotécnica de los suelos en el área urbana de Huaraz

UBICACIÓN:	Barrio Belén, plaza de armas de Huaraz	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huaraz / Ancash
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 8945533 ESTE (m) : 222417 COTA (m.s.n.m) : 3092				
ELABORADO POR:	L. Torres	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera

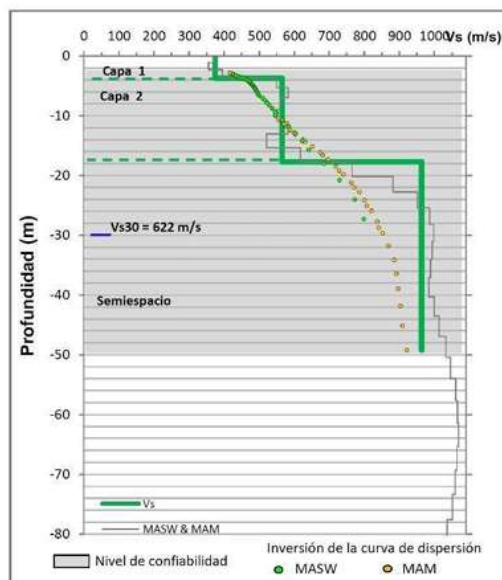
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

LS06-HR

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

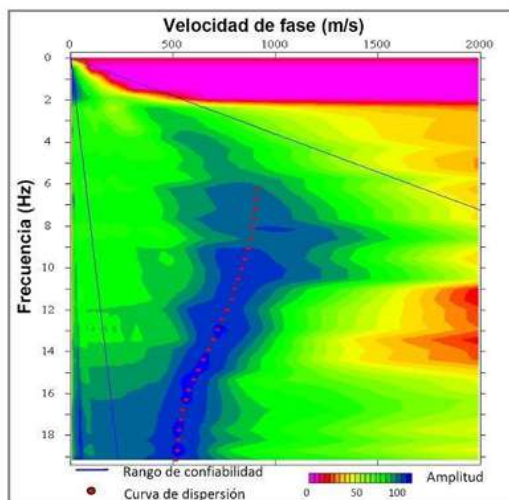


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	374	4	Suelo rígido
2	565	14	Suelo muy rígido
Semi-espacio	964	-	Roca moderadamente dura a dura

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa



Caracterización Geofísica - Geotécnica de los suelos en el área urbana de Huaraz

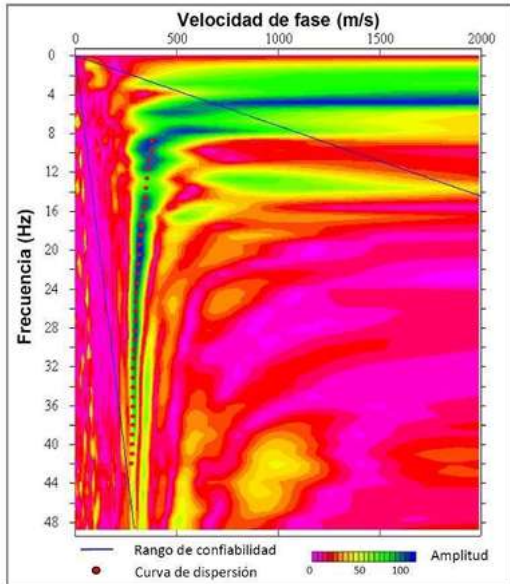
UBICACIÓN:	Barrio San Francisco	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huaraz / Ancash
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 8945756	ESTE (m) : 223713	COTA (m.s.n.m) : 3120		
ELABORADO POR:	L. Torres	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera



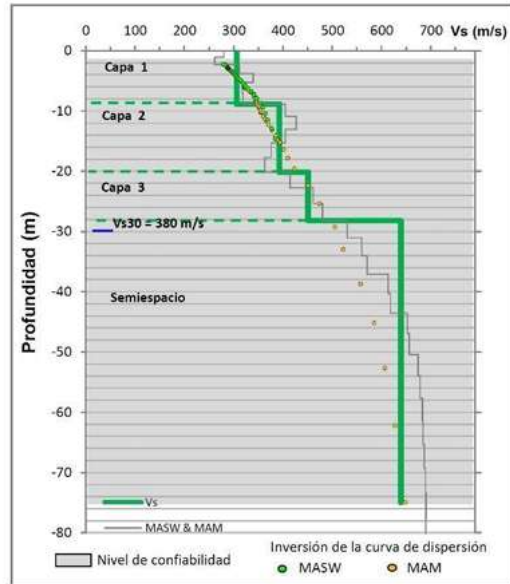
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

LS07-HR

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

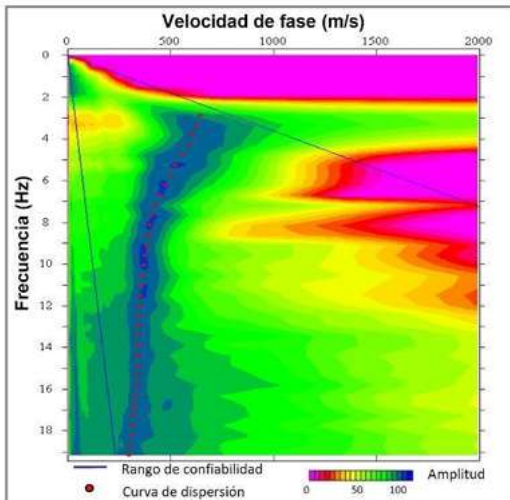


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	306	9	Suelo intermedio (medianamente rígido)
2	393	11	Suelo rígido
3	451	8	
Semi-espacio	639	-	Suelo muy rígido

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa



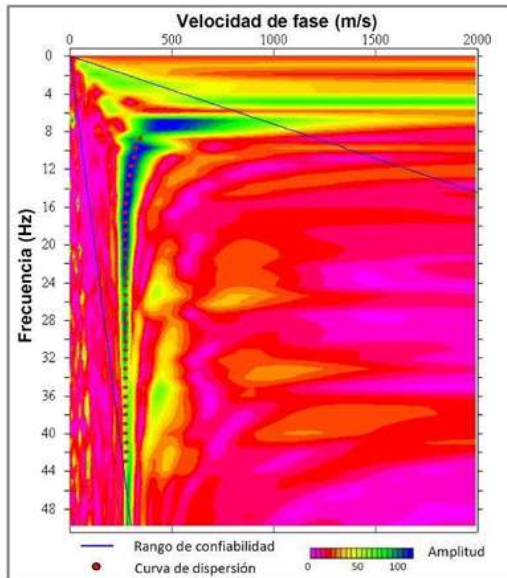
Caracterización Geofísica - Geotécnica de los suelos en el área urbana de Huaraz

UBICACIÓN:	Barrio Pedregal, calle Manuel Gonzales Prada	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huaraz / Ancash
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 8945125		ESTE (m) : 223229		COTA (m.s.n.m) : 3129
ELABORADO POR:	L. Torres	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera

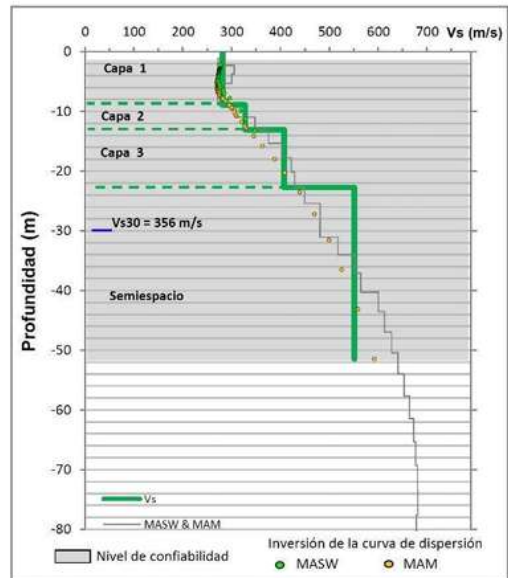
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

LS08-HR

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

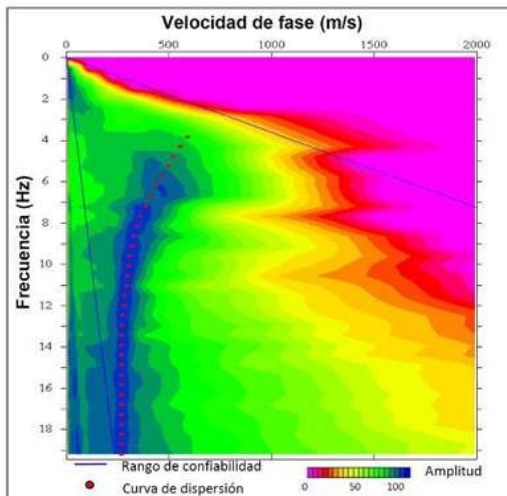


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	281	9	Suelo intermedio (medianamente rígido)
2	327	4	
3	407	10	Suelo rígido
Semi-espacio	551	-	Suelo muy rígido

V_s = Velocidad de ondas de corte promedio por capa



Caracterización Geofísica - Geotécnica de los suelos en el área urbana de Huaraz

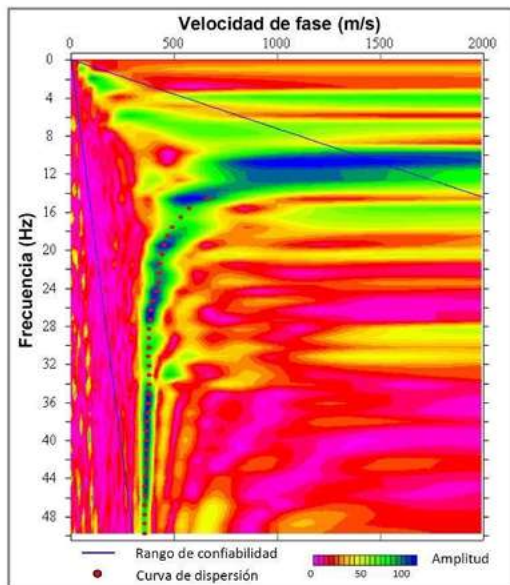
UBICACIÓN:	Barrio Villón	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huaraz / Ancash
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 8944937 ESTE (m) : 222377 COTA (m.s.n.m) : 3081				
ELABORADO POR:	L. Torres	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera



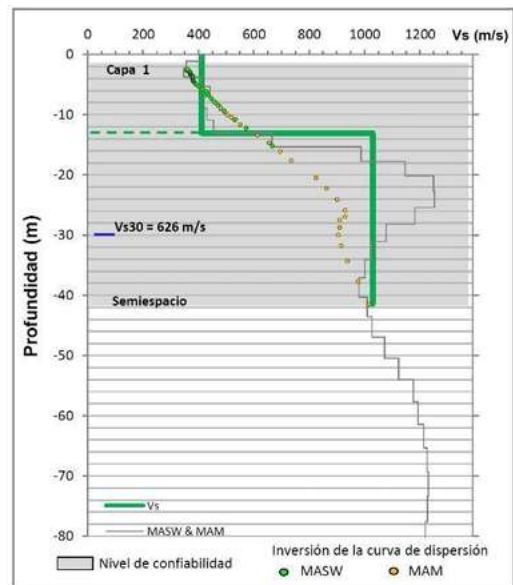
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

LS09-HR

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

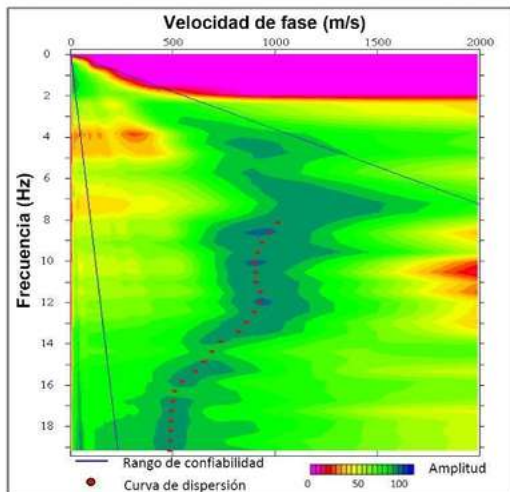


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	411	13	Suelo rígido
Semi-espacio	1029	-	Roca moderadamente dura a dura

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa



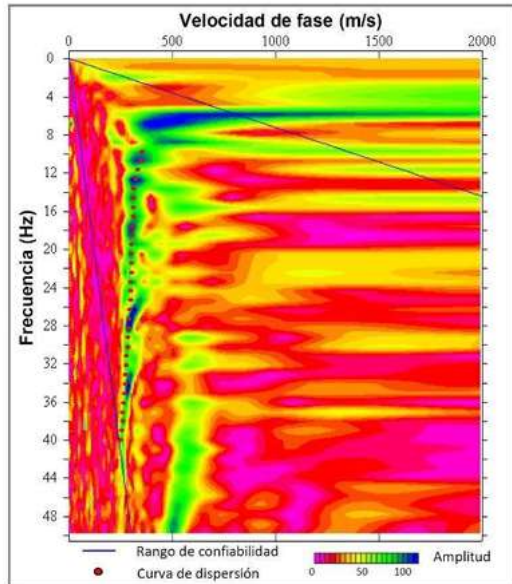
Caracterización Geofísica - Geotécnica de los suelos en el área urbana de Huaraz

UBICACIÓN:	Barrio Villón	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huaraz / Ancash
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 8944734		ESTE (m) : 221955		COTA (m.s.n.m) : 3043
ELABORADO POR:	L. Torres	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera

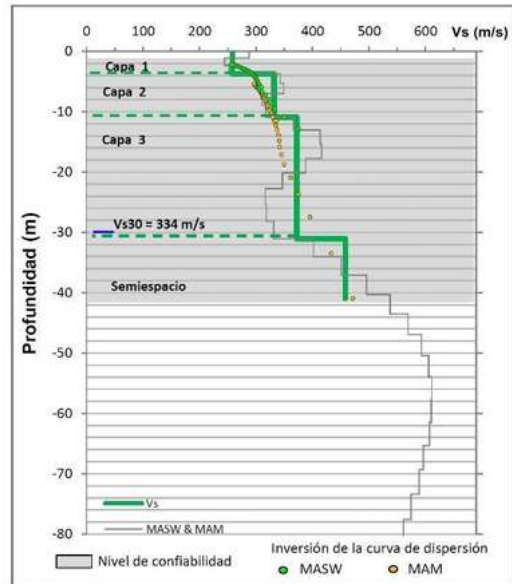
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

LS10-HR

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

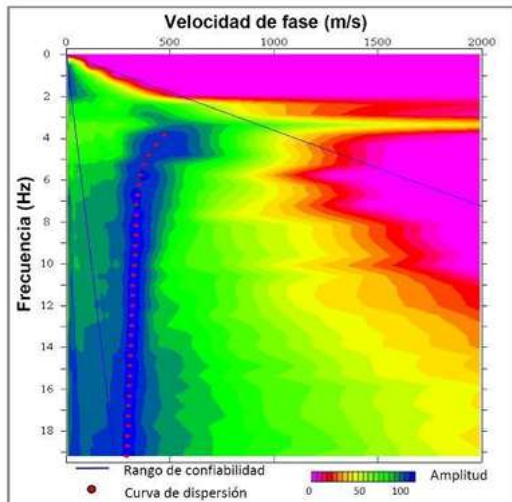


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	258	4	Suelo intermedio (medianamente rígido)
2	332	7	
3	372	20	Suelo rígido
Semi-espacio	458	-	

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa



Caracterización Geofísica - Geotécnica de los suelos en el área urbana de Huaraz

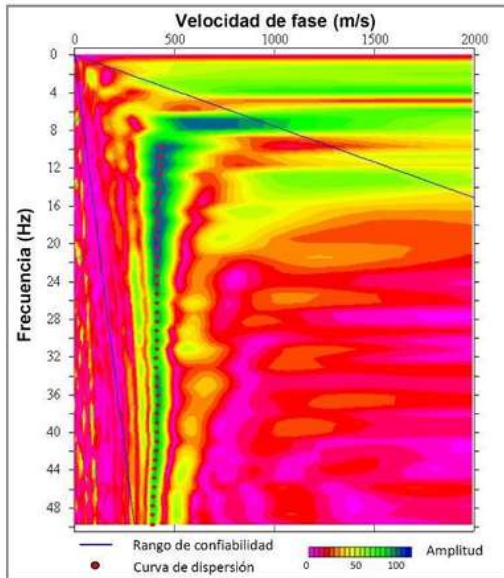
UBICACIÓN:	Barrio Villón	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huaraz / Ancash
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 8944450		ESTE (m) : 222487		COTA (m.s.n.m) : 3108
ELABORADO POR:	L. Torres	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera



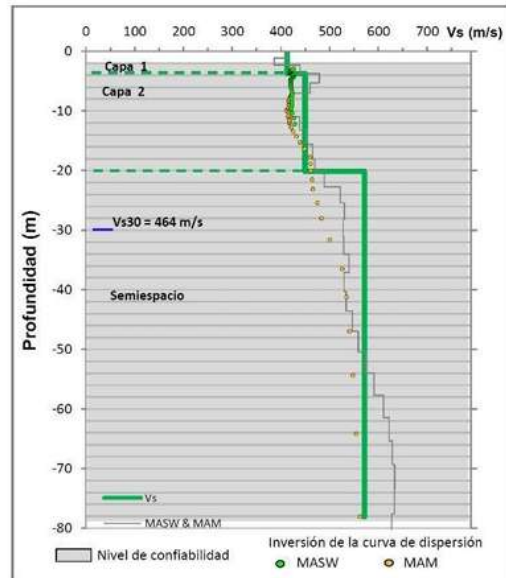
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

LS11-HR

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

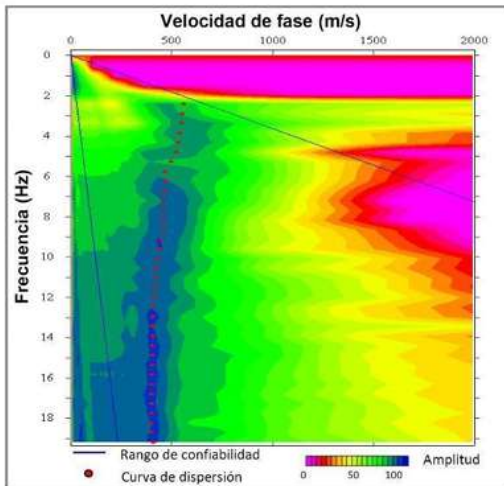


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	413	4	Suelo rígido
2	450	16	
Semi-espacio	571	-	Suelo muy rígido

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa



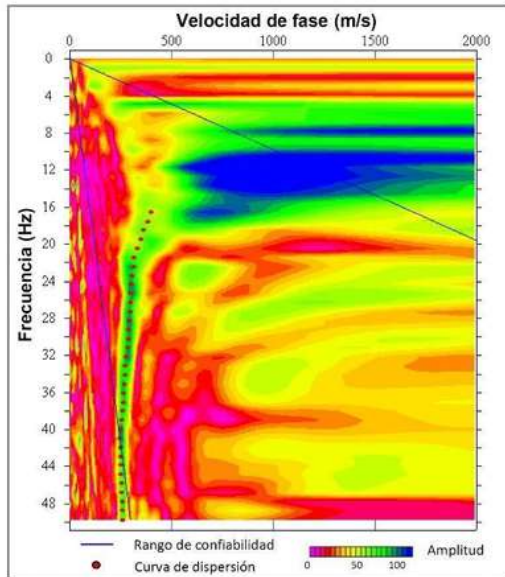
Caracterización Geofísica - Geotécnica de los suelos en el área urbana de Huaraz

UBICACIÓN:	Barrio Bellavista, Jr. Rauca Rosario	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huaraz / Ancash
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 8944486 ESTE (m) : 223256 COTA (m.s.n.m) : 3185				
ELABORADO POR:	L. Torres	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera

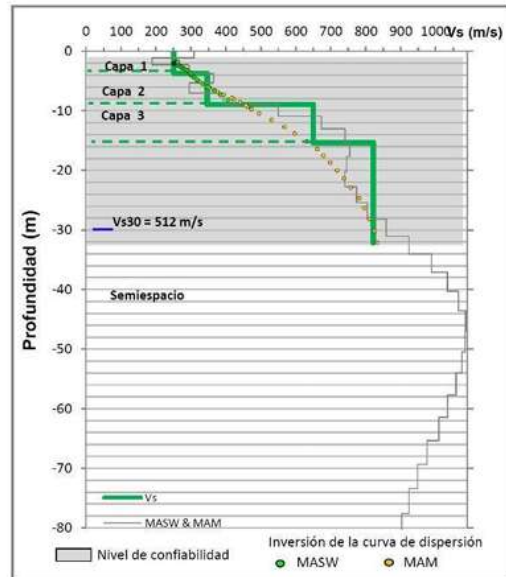
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

LS12-HR

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

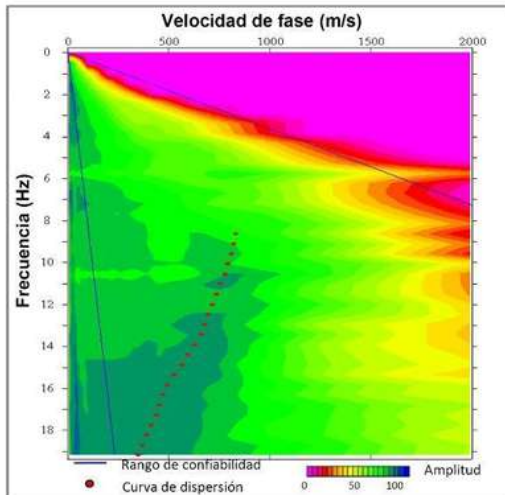


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	251	4	Suelo intermedio (medianamente rígido)
2	347	5	
3	649	6	Suelo muy rígido
Semi-espacio	822	-	Roca moderadamente dura a dura

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa



Caracterización Geofísica - Geotécnica de los suelos en el área urbana de Huaraz

UBICACIÓN:	Ctra. Longitudinal de la Sierra Norte (Hotel Real Rubi)	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huaraz / Ancash
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 8943510 ESTE (m) : 221582 COTA (m.s.n.m) : 3071				
ELABORADO POR:	L. Torres	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera



LS13-HR

Perfil de velocidad Vs

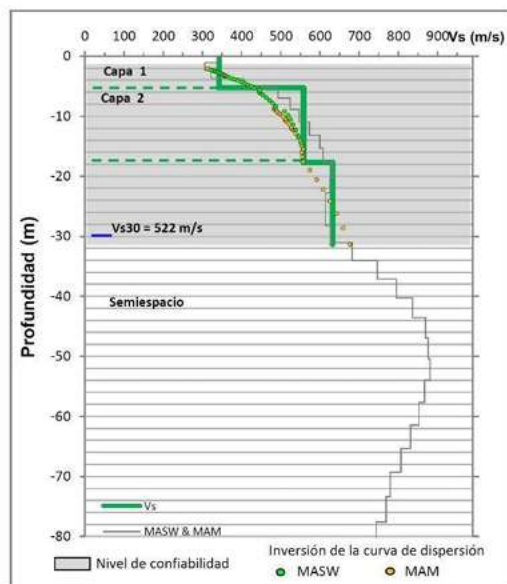
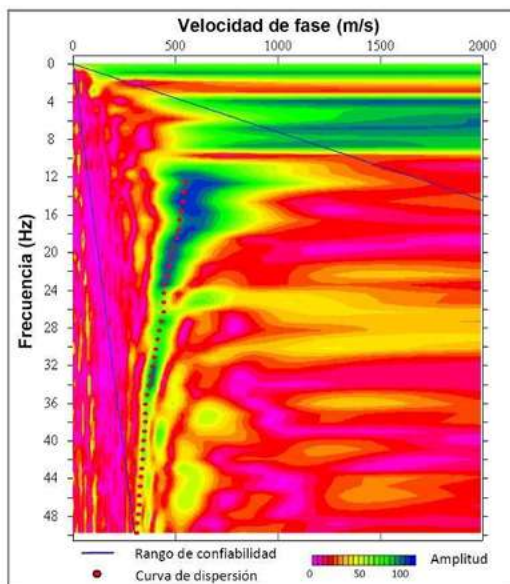
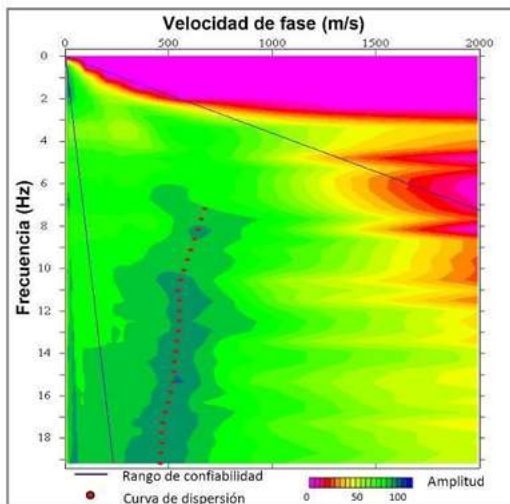


Tabla de resultados



Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	342	5	Suelo intermedio (medianamente rígido)
2	559	12	Suelo muy rígido
<i>Semi-espacio</i>	632	-	

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa

V_s =Velocidad de ondas de corte promedio por capa

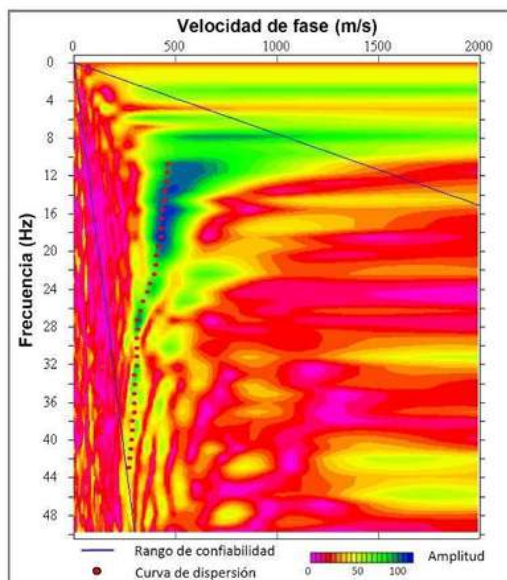


UBICACIÓN:	Barrio Nicurupampa, Av. Manco Capac	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huaraz / Ancash
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 8946283	ESTE (m) : 222856	COTA (m.s.n.m) : 3093		
REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera		

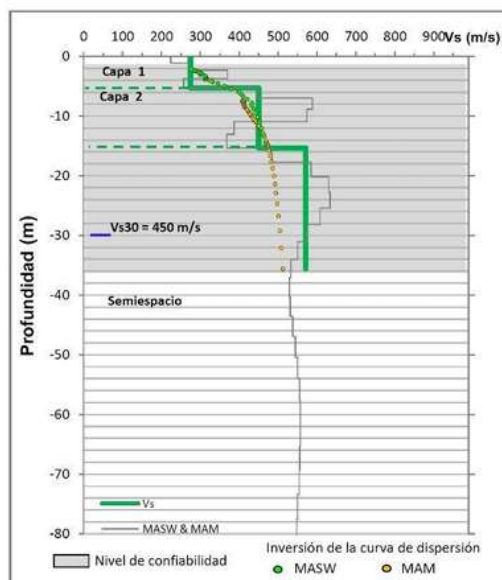
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

LS14-HR

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

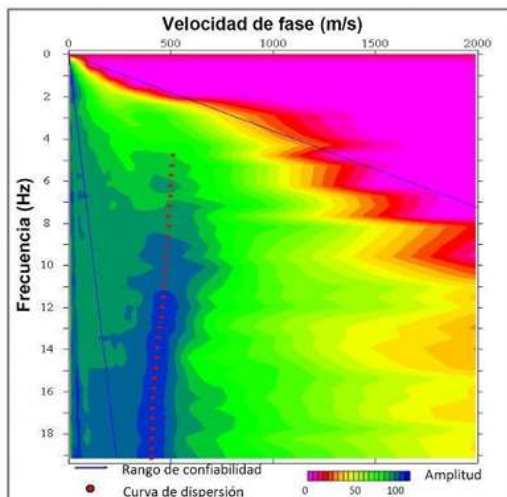


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	274	5	Suelo intermedio (medianamente rígido)
2	450	10	Suelo rígido
Semi-espacio	571	-	Suelo muy rígido

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa



Caracterización Geofísica - Geotécnica de los suelos en el área urbana de Huaraz

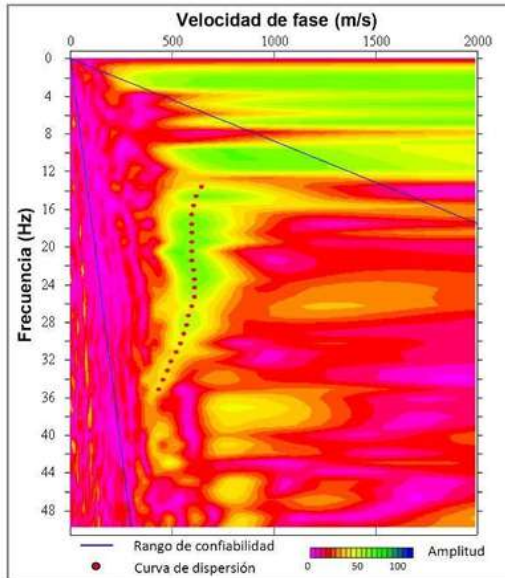
UBICACIÓN:	Barrio Nueva Florida	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huaraz / Ancash
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 8945927		ESTE (m) : 223847		COTA (m.s.n.m) : 3126
ELABORADO POR:	L. Torres	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera



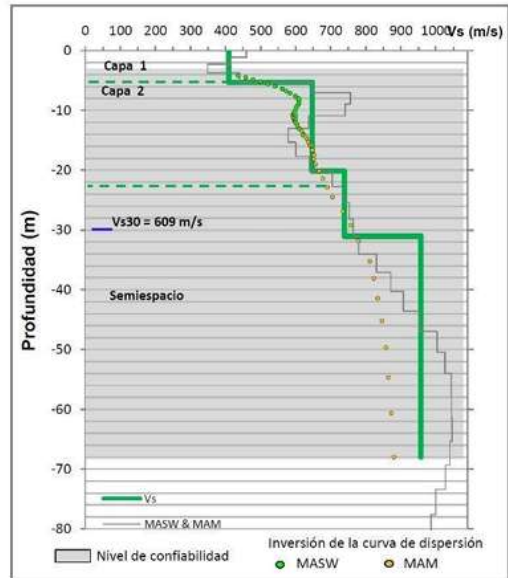
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

LS15-HR

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

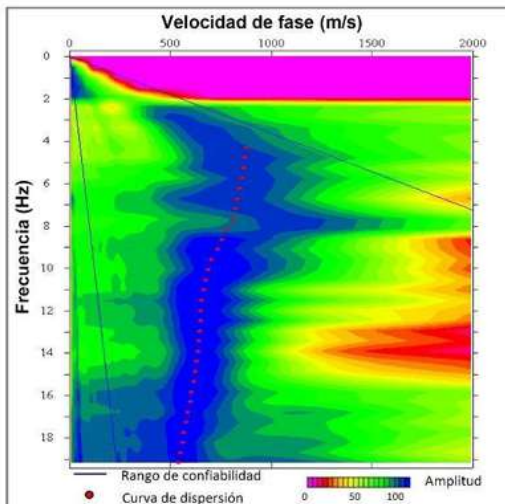


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	409	5	Suelo rígido
2	647	15	Suelo muy rígido
3	739	11	
Semi-espacio	957	-	Roca moderadamente dura a dura

Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa



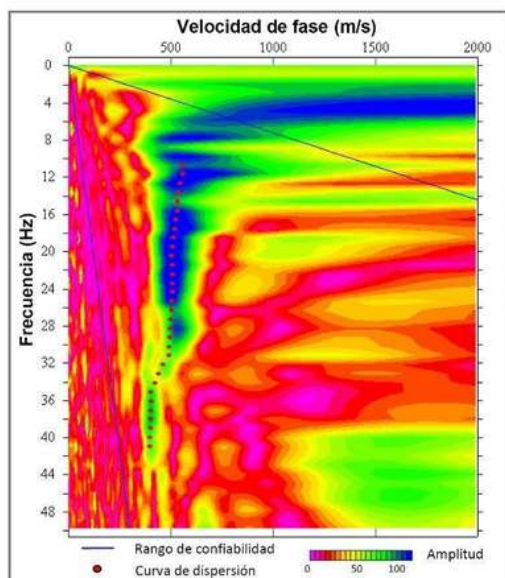
Caracterización Geofísica - Geotécnica de los suelos en el área urbana de Huaraz

UBICACIÓN:	Barrio San Francisco Jr. Ladislao Meza	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huaraz / Ancash
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 8945689 ESTE (m) : 223167 COTA (m.s.n.m) : 3105				
ELABORADO POR:	L. Torres	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera

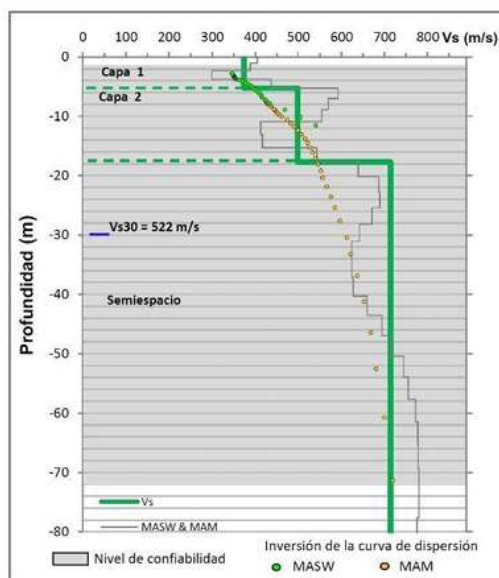
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales y Microtremores (MASW y MAM 1D)

LS16-HR

Curva de dispersión MASW



Perfil de velocidad Vs



Curva de dispersión MAM

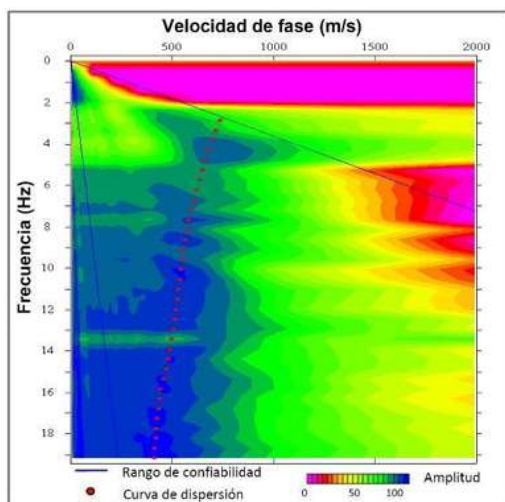


Tabla de resultados

Capa N°	Vs (m/s)	Espesor (m)	Perfil de suelo
1	374	5	Suelo rígido
2	499	12	
Semi-espacio	714	-	Suelo muy rígido

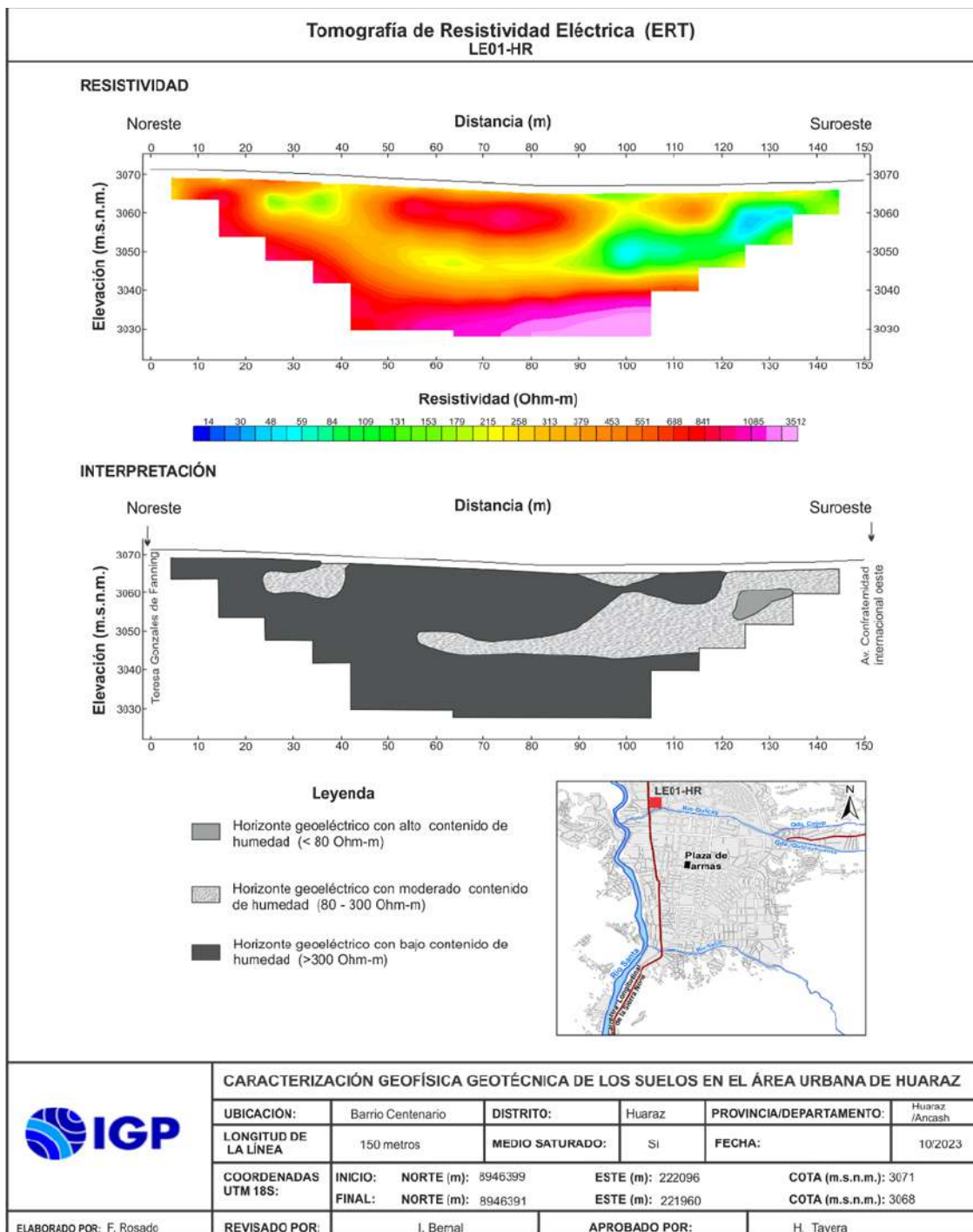
Vs=Velocidad de ondas de corte promedio por capa



Caracterización Geofísica - Geotécnica de los suelos en el área urbana de Huaraz

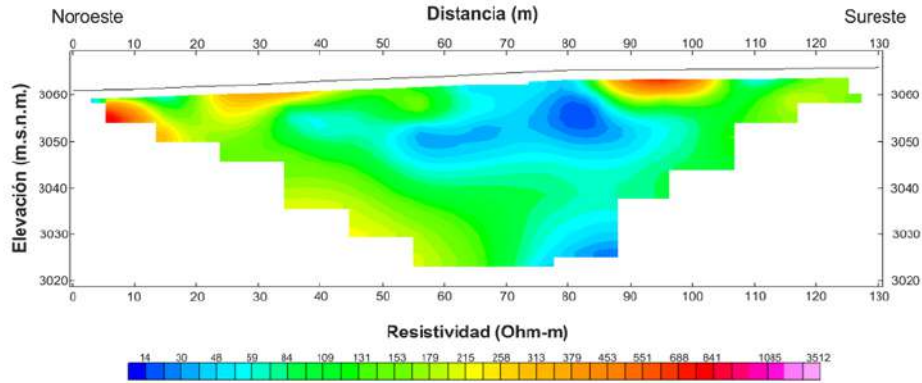
UBICACIÓN:	Hacia el este del Barrio Tacñan	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA / DEPARTAMENTO:	Huaraz / Ancash
LONGITUD DE LA LINEA:	69 metros	DATUM:	WGS84	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	NORTE (m) : 8944082 ESTE (m) : 222672 COTA (m.s.n.m) : 3148				
ELABORADO POR:	L. Torres	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera

- Secciones de tomografía eléctrica

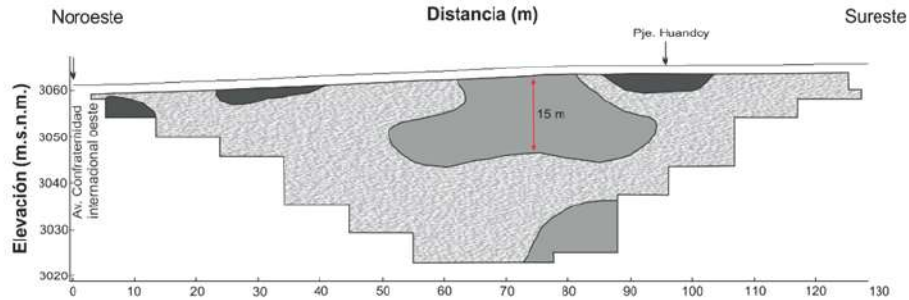


Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT) LE02-HR

RESISTIVIDAD

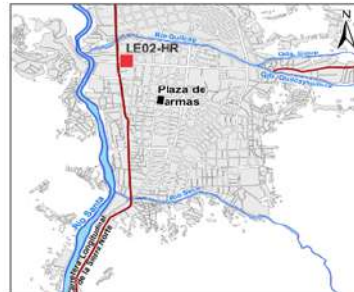


INTERPRETACIÓN



Leyenda

- Horizonte geoelectrico con alto contenido de humedad (< 80 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con moderado contenido de humedad (80 - 300 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con bajo contenido de humedad (>300 Ohm-m)

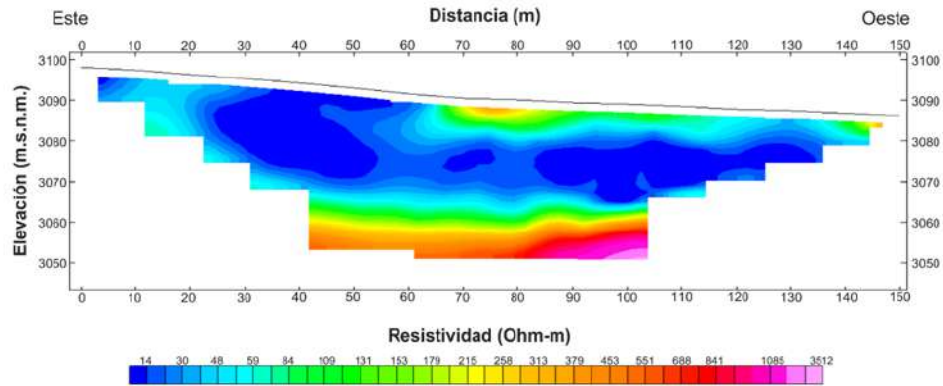


CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

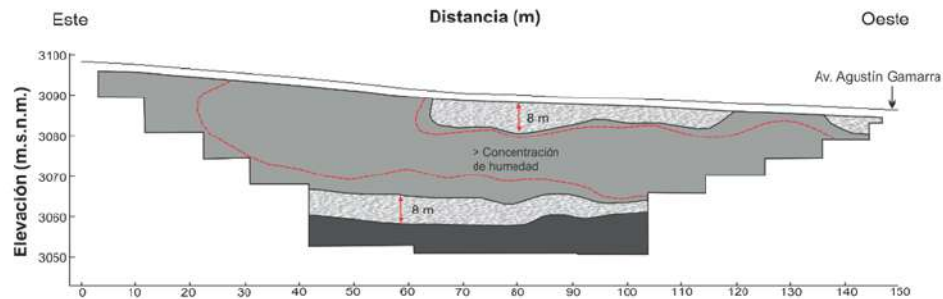
UBICACIÓN:	Barrio Huarupampa	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA/DEPARTAMENTO:	Huaraz /Ancash
LONGITUD DE LA LÍNEA	120 metros	MEDIO SATURADO:	Si	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	INICIO:	NORTE (m): 8946009	ESTE (m): 221942	COTA (m.s.n.m.): 3061	
	FINAL:	NORTE (m): 8946006	ESTE (m): 222053	COTA (m.s.n.m.): 3066	
ELABORADO POR: F. Rosado	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera	

Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT) LE03-HR

RESISTIVIDAD



INTERPRETACIÓN



Leyenda

- Horizonte geoelectrico con alto contenido de humedad (< 80 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con moderado contenido de humedad (80 - 300 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con bajo contenido de humedad (>300 Ohm-m)

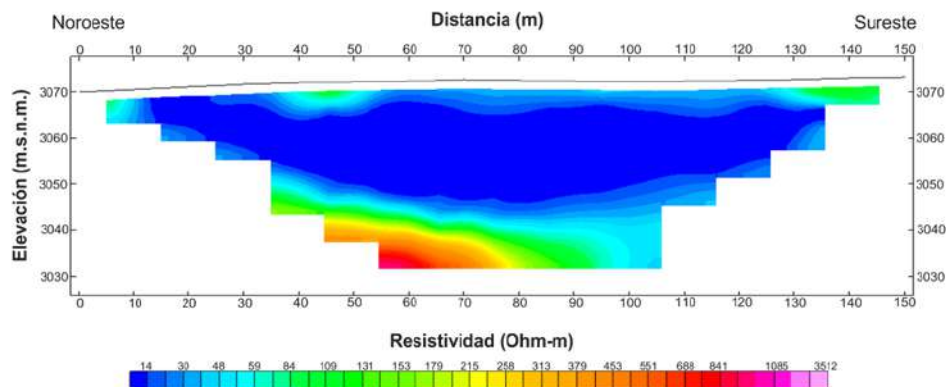


CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

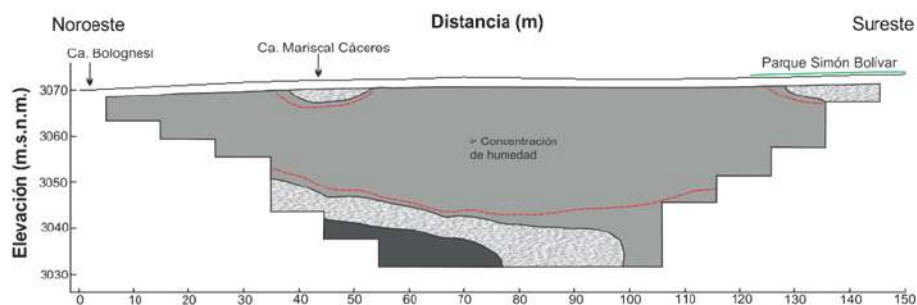
UBICACIÓN:	Barrio San Francisco	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA/DEPARTAMENTO:	Huaraz /Ancash
LONGITUD DE LA LÍNEA	150 metros	MEDIO SATURADO:	Si	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	INICIO: NORTE (m): 8945940 FINAL: NORTE (m): 8945949	ESTE (m): 222837 ESTE (m): 222676	COTA (m.s.n.m.): 3098 COTA (m.s.n.m.): 3086		
ELABORADO POR: F. Rosado	REVISADO POR: I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera		

Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT) LE04-HR

RESISTIVIDAD



INTERPRETACIÓN



Leyenda

- Horizonte geoelectrico con alto contenido de humedad (< 80 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con moderado contenido de humedad (80 - 300 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con bajo contenido de humedad (>300 Ohm-m)

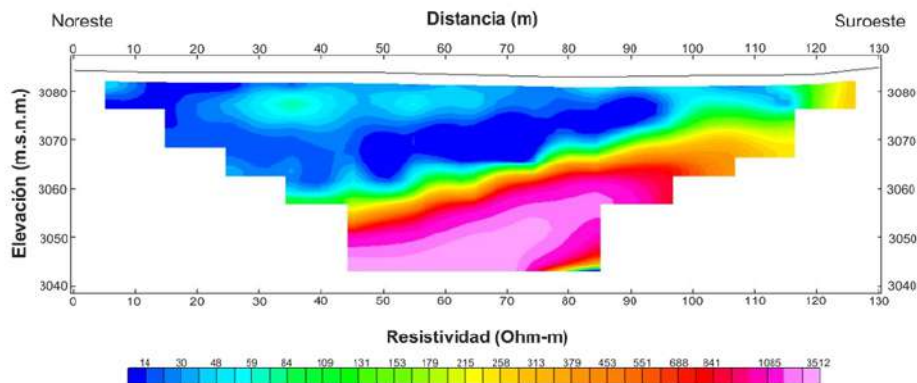


CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

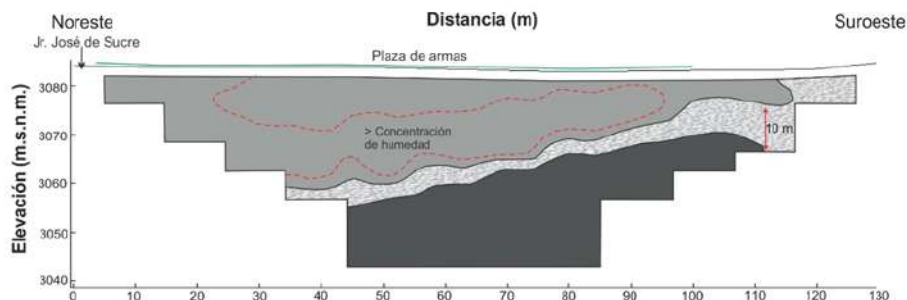
UBICACIÓN:	Barrio Huarupampa	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA/DEPARTAMENTO:	Huaraz /Ancash
LONGITUD DE LA LÍNEA	150 metros	MEDIO SATURADO:	Si	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	INICIO: NORTE (m): 8945777	ESTE (m): 221954	COTA (m.s.n.m.): 3070		
	FINAL: NORTE (m): 8945631	ESTE (m): 221963	COTA (m.s.n.m.): 3073		
ELABORADO POR: F. Rosado	REVISADO POR: I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera		

Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT) LE05-HR

RESISTIVIDAD



INTERPRETACIÓN



Leyenda

- Horizonte geoelectrico con alto contenido de humedad (< 80 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con moderado contenido de humedad (80 - 300 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con bajo contenido de humedad (>300 Ohm-m)

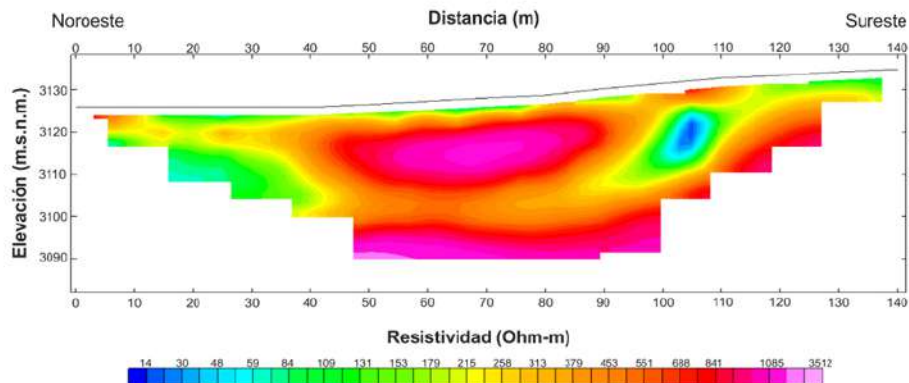


CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

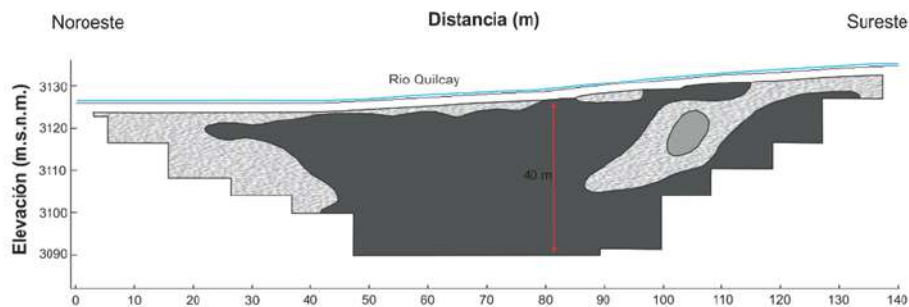
UBICACIÓN:	Barrio Belén	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA/DEPARTAMENTO:	Huaraz /Ancash
LONGITUD DE LA LÍNEA	130 metros	MEDIO SATURADO:	Si	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	INICIO:	NORTE (m): 8945593	ESTE (m): 222424	COTA (m.s.n.m.): 3084	
	FINAL:	NORTE (m): 8945468	ESTE (m): 222401	COTA (m.s.n.m.): 3084	
ELABORADO POR: F. Rosado	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera	

Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT) LE06-HR

RESISTIVIDAD



INTERPRETACIÓN



Leyenda

- Horizonte geoelectrico con alto contenido de humedad (< 80 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con moderado contenido de humedad (80 - 300 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con bajo contenido de humedad (>300 Ohm-m)



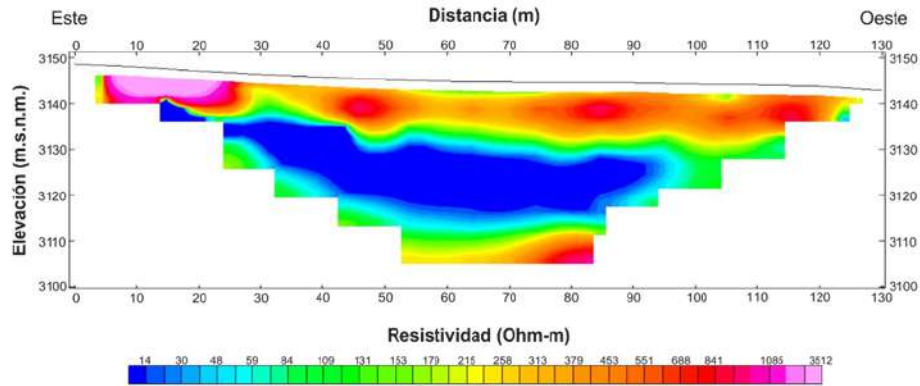
CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

UBICACIÓN:	Barrio San Francisco	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA/DEPARTAMENTO:	Huaraz /Ancash
LONGITUD DE LA LÍNEA	140 metros	MEDIO SATURADO:	No	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	INICIO:	NORTE (m): 8945853	ESTE (m): 223624	COTA (m.s.n.m.): 3126	
	FINAL:	NORTE (m): 8945832	ESTE (m): 223760	COTA (m.s.n.m.): 3135	
ELABORADO POR: F. Rosado	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera	

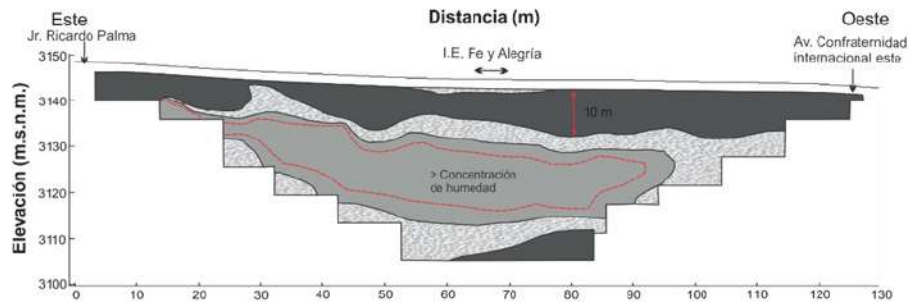


Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT) LE07-HR

RESISTIVIDAD



INTERPRETACIÓN



Leyenda

- Horizonte geoelectrico con alto contenido de humedad (< 80 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con moderado contenido de humedad (80 - 300 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con bajo contenido de humedad (>300 Ohm-m)

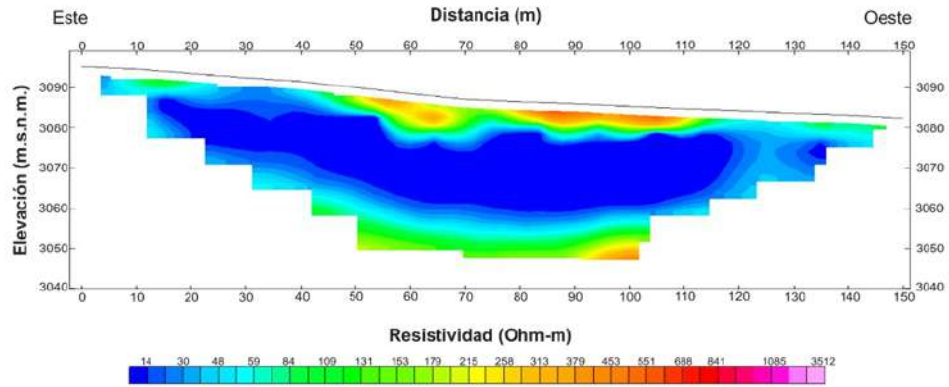


CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

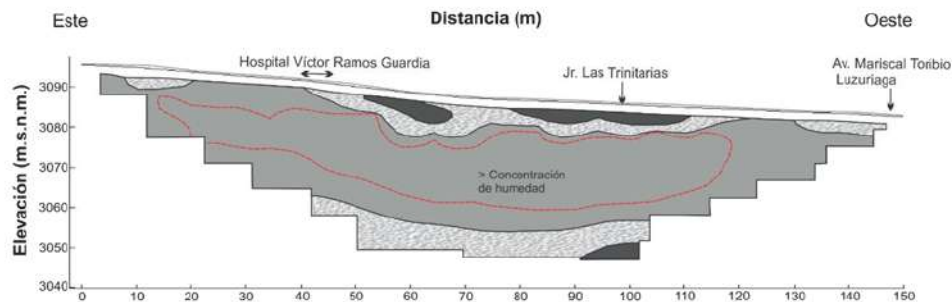
UBICACIÓN:	Barrio Pedregal	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA/DEPARTAMENTO:	Huaraz /Ancash
LONGITUD DE LA LÍNEA	130 metros	MEDIO SATURADO:	Si	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	INICIO: NORTE (m): 8945042	ESTE (m): 223269	COTA (m.s.n.m.): 3148		
	FINAL: NORTE (m): 8945041	ESTE (m): 223170	COTA (m.s.n.m.): 3142		
ELABORADO POR: F. Rosado	REVISADO POR: I. Bernal	APROBADO POR:		H. Tavera	

Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT) LE08-HR

RESISTIVIDAD



INTERPRETACIÓN



Leyenda

- Horizonte geoelectrico con alto contenido de humedad (< 80 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con moderado contenido de humedad (80 - 300 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con bajo contenido de humedad (>300 Ohm-m)

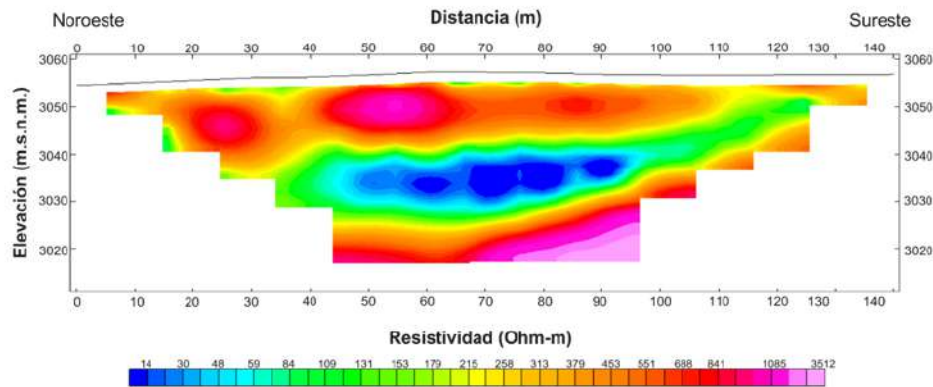


CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

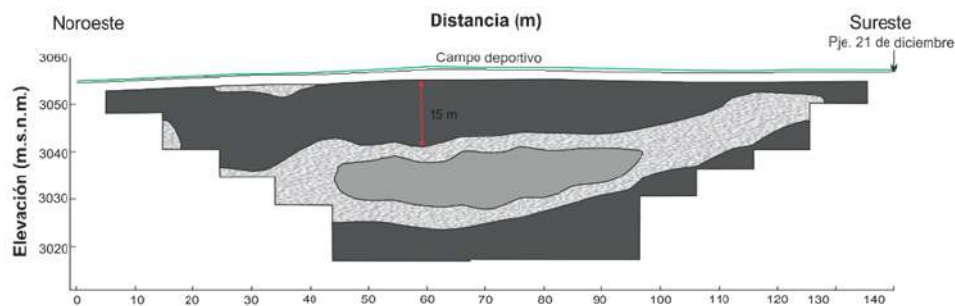
UBICACIÓN:	Barrio Villón	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA/DEPARTAMENTO:	Huaraz /Ancash
LONGITUD DE LA LÍNEA	150 metros	MEDIO SATURADO:	Si	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	INICIO: NORTE (m): 8944945 FINAL: NORTE (m): 8944956	ESTE (m): 222407 ESTE (m): 222266	COTA (m.s.n.m.): 3095 COTA (m.s.n.m.): 3082		
ELABORADO POR: F. Rosado	REVISADO POR: I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera		

Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT) LE09-HR

RESISTIVIDAD



INTERPRETACIÓN



Leyenda

- Horizonte geoelectrico con alto contenido de humedad (< 80 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con moderado contenido de humedad (80 - 300 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con bajo contenido de humedad (>300 Ohm-m)

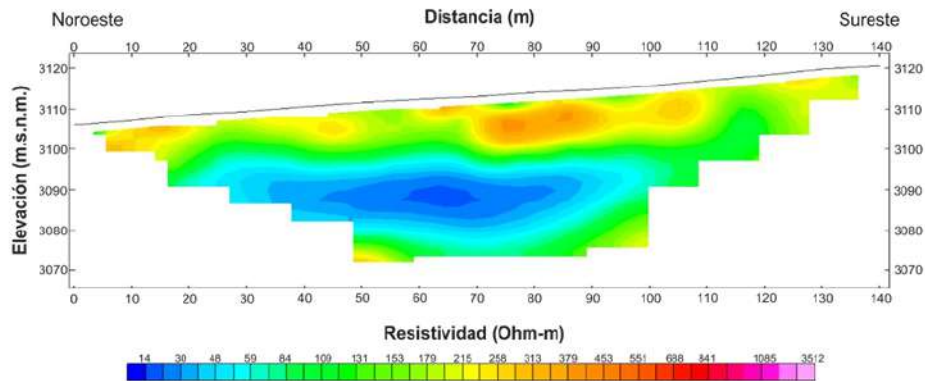


CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

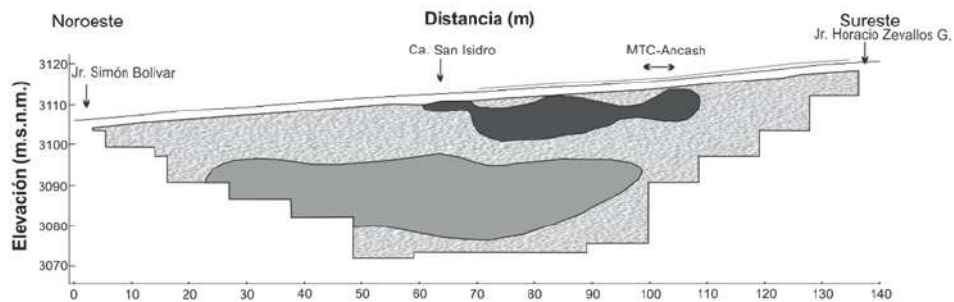
UBICACIÓN:	Barrio Villón	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA/DEPARTAMENTO:	Huaraz /Ancash
LONGITUD DE LA LÍNEA	140 metros	MEDIO SATURADO:	Si	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	INICIO: NORTE (m): 8944816	ESTE (m): 221894	COTA (m.s.n.m.): 3054		
	FINAL: NORTE (m): 8944702	ESTE (m): 221961	COTA (m.s.n.m.): 3057		
ELABORADO POR: F. Rosado	REVISADO POR: I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera		

Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT) LE10-HR

RESISTIVIDAD



INTERPRETACIÓN



Legenda

- Horizonte geoelectrico con alto contenido de humedad (< 80 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con moderado contenido de humedad (80 - 300 Ohm-m)
- Horizonte geoelectrico con bajo contenido de humedad (>300 Ohm-m)

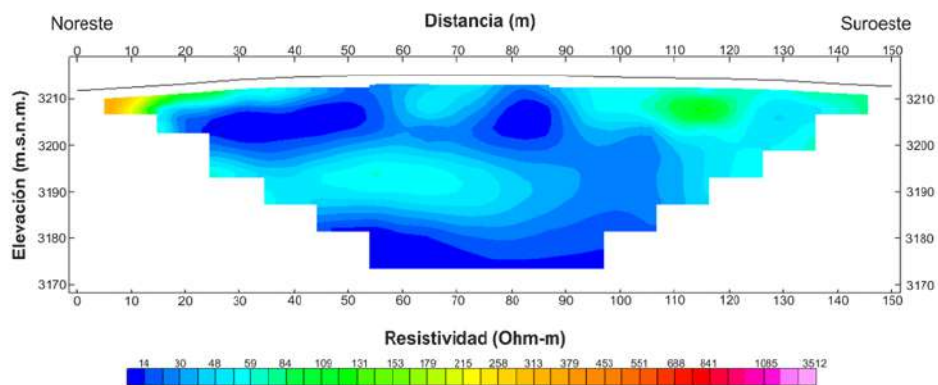


CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

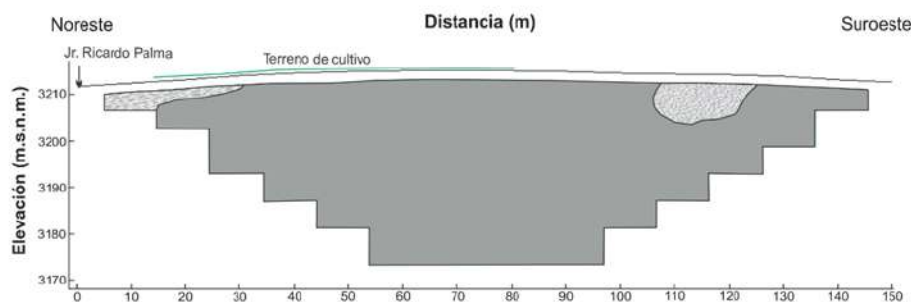
UBICACIÓN:	Barrio Villón	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA/DEPARTAMENTO:	Huaraz /Ancash
LONGITUD DE LA LÍNEA	140 metros	MEDIO SATURADO:	Si	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	INICIO: NORTE (m): 8944471 FINAL: NORTE (m): 8944453	ESTE (m): 222385 ESTE (m): 222515	COTA (m.s.n.m.): 3106 COTA (m.s.n.m.): 3120		
ELABORADO POR: F. Rosado	REVISADO POR: I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera		

Tomografía de Resistividad Eléctrica (ERT) LE11-HR

RESISTIVIDAD



INTERPRETACIÓN



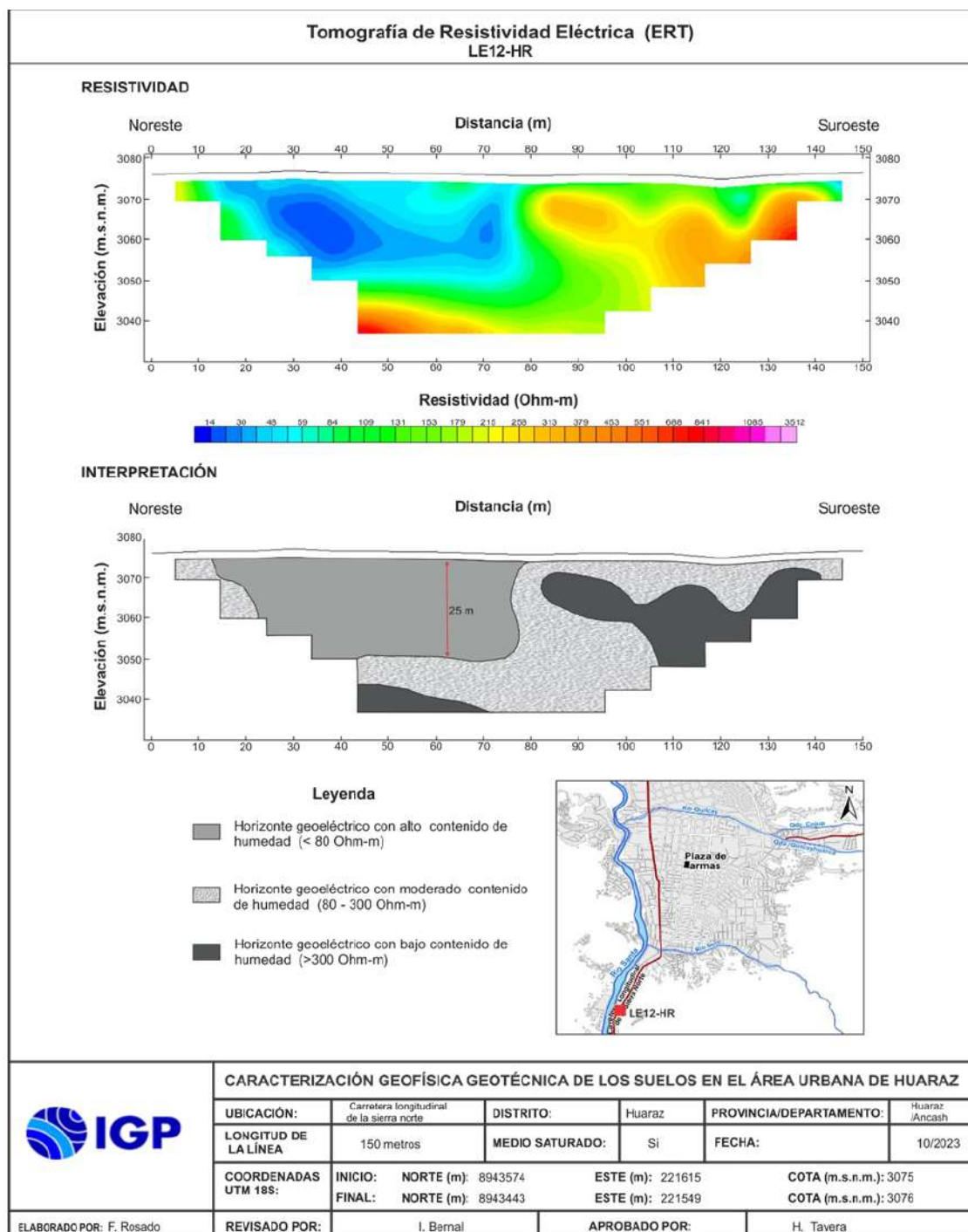
Leyenda

- Horizonte geoelectrico con alto contenido de humedad ($< 80 \text{ Ohm-m}$)
- Horizonte geoelectrico con moderado contenido de humedad ($80 - 300 \text{ Ohm-m}$)
- Horizonte geoelectrico con bajo contenido de humedad ($> 300 \text{ Ohm-m}$)



CARACTERIZACIÓN GEOFÍSICA GEOTÉCNICA DE LOS SUELOS EN EL ÁREA URBANA DE HUARAZ

UBICACIÓN:	Barrio Bellavista	DISTRITO:	Huaraz	PROVINCIA/DEPARTAMENTO:	Huaraz /Ancash
LONGITUD DE LA LÍNEA	150 metros	MEDIO SATURADO:	Si	FECHA:	10/2023
COORDENADAS UTM 18S:	INICIO:	NORTE (m): 8944465	ESTE (m): 223416	COTA (m.s.n.m.): 3211	
	FINAL:	NORTE (m): 8944392	ESTE (m): 223288	COTA (m.s.n.m.): 3212	
ELABORADO POR: F. Rosado	REVISADO POR:	I. Bernal	APROBADO POR:	H. Tavera	



Información clave para ti

Puedes consultar, descargar y compartir desde el Repositorio Geofísico Nacional (REGEN) los diferentes **reportes**, **boletines** e **informes** que genera el IGP.

RECUERDA: La Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) se fundamenta en la investigación científica. El IGP es una entidad líder en la generación de conocimiento científico en el país.



REGEN



Sede central del Instituto Geofísico del Perú (IGP)

