

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Arquitectura, Ingeniería Civil y del
Ambiente
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL PARÁMETRO VS30 EN LA RESPUESTA SÍSMICA
DE UN RECINTO UBICADO EN SENCICO –YANAHUARA, AREQUIPA**

Tesis presentada por los Bachilleres:
Morote Corrales, Lucía Alejandra
Vargas Cáceres, José Junior
para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Asesor:
Mg. Gamarra Tuco, Rubén Francisco

Arequipa- Perú
2022

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA CIVIL
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 14 de Diciembre del 2021

Dictamen: 000672-C-EPIC-2021

Visto el borrador del expediente 000672, presentado por:

2013100891 - VARGAS CACERES JOSE JUNIOR

2013701112 - MOROTE CORRALES LUCIA ALEJANDRA

Titulado:

**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL PARÁMETRO VS30 EN LA RESPUESTA SÍSMICA DE UN
RECINTO UBICADO EN SENCICO ? YANAHUARA, AREQUIPA**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**1888 - NEIRA ARENAS JULY LILIAM
DICTAMINADOR**



**2766 - ROSAS ESPINOZA JORGE
DICTAMINADOR**



**3044 - GAMARRA TUCO RUBEN FRANCISCO
DICTAMINADOR**



Dedicatorias:

El presente trabajo va dedicado a las personas que siempre confiaron en mí, y me apoyaron en cada uno de los pasos que emprendí; mis padres, mis hermanas y mi enamorada.

José Junior Vargas Cáceres

El presente trabajo de investigación se lo dedico en primer lugar a Dios, quien guía mi camino en todo momento. A mis padres, hermanos y enamorado que son mi fuerza y apoyo. Y a mis abuelitas, mis más grandes ejemplos de vida.

Lucía Alejandra Morote Corrales

Agradecimiento:

*A Dios por las bendiciones brindadas
A nuestros padres; José, Hortencia, Efraín y Mariela;
por estar incondicionalmente para nosotros.*

*A los Ingenieros de la Universidad Católica de Santa María,
por el tiempo y la dedicación.*

*Y finalmente, extendemos un agradecimiento especial al Ing. Cristian Godoy,
quien nos guió desde su experiencia previa.*

RESUMEN

La Norma Técnica Peruana NTP E030 de Diseño Sismorresistente considera como único parámetro clasificador de la calidad sísmica de un suelo a la velocidad de onda de corte promedio hasta la profundidad de 30 metros, a pesar de que algunos estudios a nivel regional e internacional parecen indicar que este valor no es suficiente para interpretar el comportamiento sísmico de un lugar. Es por ello que, con la finalidad de evaluar la pertinencia de la utilización de este parámetro al momento de interpretar el comportamiento del subsuelo del recinto de SENCICO – Yanahuara se realizó el presente trabajo.

Para lograr el objetivo se generó un perfil de velocidad de onda de corte hasta la profundidad del basamento rocoso el cual se calibró de manera que brindará la mejor interpretación del subsuelo. Una vez definido el mejor perfil representativo del lugar, se crearon un total de 21 perfiles derivados a partir de este, que mantuvieron como constante el valor de V_{s30} , pero con diferentes periodos fundamentales, profundidades de basamento rocoso y velocidades de onda de corte promedio. De esta manera se pudieron comparar los resultados brindados por todos estos perfiles con los resultados del perfil representativo, observándose que, a pesar de contar todos con el mismo parámetro de velocidad de onda de corte hasta los 30 primeros metros, brindaron diferentes respuestas dinámicas ante el mismo requerimiento sísmico. Así mismo se observó que no existen correlaciones claras entre el parámetro V_{s30} con algunos parámetros sísmicos importantes como son la máxima aceleración espectral, el espectro de amplitudes de Fourier o la Intensidad de Arias. Los resultados del presente trabajo evidencian que el parámetro de clasificación de la calidad sísmica de los suelos, el V_{s30} , es insuficiente para caracterizar adecuadamente un emplazamiento y la necesidad de encontrar otro parámetro que pueda complementar y suplir las deficiencias del primero, este parámetro podría ser el Periodo Fundamental del suelo T_0 , pero falta realizar más investigaciones al respecto.

Palabras clave:

Velocidad de onda de corte, Basamento rocoso, Periodo fundamental.

ABSTRACT

The NTP E030 for Seismic-resistant Design considers as the only classifying parameter of the seismic quality of a soil, the average shear wave speed under the first 30 meters of depth, despite the fact that some studies at regional and international level seem to indicate that this value is not enough to interpret the seismic behavior of a place. That is why, in order to evaluate the relevance of the use of this parameter when interpreting the behavior of the subsoil of the SENCICO - Yanahuara site, the present work was carried out.

To achieve this objective, a shear wave velocity profile was generated to the depth of the bedrock, which was calibrated in order to provide the best interpretation of the subsoil. Once the best representative profile of the site had been defined, a total of twenty-one profiles derived from it were created, which kept the value of V_{s30} constant but with different fundamental periods, rocky basement depths and average cut-off wave speeds. In this way, it was possible to compare the results provided by these profiles with the results of the representative profile, observing that, despite all have the same shear wave velocity parameter up to the first 30 meters, they provided different dynamic responses to it. seismic requirement. Likewise, it is executed that there are no clear correlations between the V_{s30} parameter with some important seismic parameters such as the maximum spectral acceleration, the Fourier amplitude spectrum or the Arias intensity. The results of this work show that the classification parameter of the seismic quality of the soils, V_{s30} , is insufficient to adequately characterize a site and the need to find another parameter that can complement and supply the deficiencies of the first, this parameter could be the Fundamental Period of the soil, but more research is needed in this regard.

Key words:

Shear wave velocity, Depth of the bedrock, Fundamental Period.

ÍNDICE

RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
ÍNDICE.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	2
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.3 HIPÓTESIS.....	3
1.4 ANÁLISIS DE VARIABLES.....	4
1.5 OBJETIVOS	5
1.6 PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	6
CAPITULO II.....	7
2 FUNDAMENTO TEÓRICO.....	7
2.1 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS	7
2.2 PARÁMETROS SÍSMICOS	25
2.3 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE.....	39
CAPITULO III	42
3 CARACTERIZACIÓN SÍSMICA Y GEOLÓGICA DEL ÁREA DE ESTUDIO	42
3.1 SISMICIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO	42
3.2 CARACTERIZACIÓN GEOLOGÍA Y GEOTECNIA LOCAL	69
3.3 GEOMORFOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA DEL RECINTO SENCICO –YANAHUARA ...	74
CAPITULO IV	83
4 OBTENCIÓN DE UN PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE (V_s) REPRESENTATIVO	83
4.1 METODOLOGÍA	83
4.2 CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD HASTA EL BASAMENTO ROCOSO	84
4.3 ESTIMACIÓN DE PERFILES DE VELOCIDAD DE ONDA EQUIVALENTES	88
4.4 DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDAD EQUIVALENTE.....	93
CAPITULO V.....	105
5 ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SÍSMICA CON EL MÉTODO LINEAL EQUIVALENTE ...	105
5.1 ANÁLISIS LINEAL EQUIVALENTE DE LA RESPUESTA SÍSMICA.....	105
5.2 ESPECTROS ELÁSTICOS DE RESPUESTA	107
5.3 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LA RESPUESTA REAL 113	
5.4 VALIDACIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE ESTIMADO....	115

CAPÍTULO VI	116
6 ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL VS30 COMO PARÁMETRO CLASIFICADOR DE SUELOS	116
6.1 GENERACIÓN DE PERFILES DERIVADOS	116
6.2 ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SÍSMICA	119
CONCLUSIONES	131
RECOMENDACIONES	133
REFERENCIAS	134



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Tipos de variable según V_s	12
Tabla 1.2: Tipos de variable según V_{s30}	12
Tabla 1.3: Tipos de variable según Método Lineal Equivalente	13
Tabla 2.1: Clasificación de Suelos según NTP 030.....	34
Tabla 2.2: Clasificación de Suelos según NCh - 433	34
Tabla 2.3: Clasificación de Suelos según IBC – 2009.....	35
Tabla 2.4: Clasificación de Suelos según Eurocode 8.....	36
Tabla 3.1: Redes Acelerográficas de Arequipa	65
Tabla 3.2: Sismo Seleccionados	66
Tabla 3.3: Parámetros de caracterización de los sismos.....	68
Tabla 4.1: Características de los estratos A,B y C.....	91
Tabla 4.2: Estimación de perfiles	94
Tabla 4.3: Descripción de ensayos realizados	98
Tabla 4.4: Descripción de capas	100
Tabla 4.5: Ubicación de coordenadas y periodo fundamental.....	102
Tabla 4.6: Descripción de constantes y T_0	105
Tabla 4.7: Descripción de constantes y T_0	106
Tabla 4.8: Descripción de constantes y T_0	106
Tabla 4.9: Descripción de constantes y T_0	107
Tabla 4.9: Descripción de profundidades y V_s	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Procedimiento para el desarrollo de la Investigación.....	14
Figura 2.1: Registros Sísmicos en dos recintos cercanos que poseen características de subsuelo distintas (A: Roca , B:Blando).....	29
Figura 2.2: Aceleraciones pico normalizadas para un talud	32
Figura 2.2: Caracterización de irregularidades topográficas simples	33
Figura 2.3: Espectro de respuesta	38
Figura 2.4: Depósito de suelo con sus estratos correspondientes.	41
Figura 2.5: a) Curva histerética b) Curvas de variación del módulo de corte (G/Gmax) y de amortiguamiento en función de la deformación.	44
Figura 2.6: Proceso de iteraciones del método lineal-equivalente.....	45
Figura 2.7: Simplificación de un modelo de depósito de suelos a un oscilador de n grados de libertad.	47
Figura 3.1: Elementos tectónicos formados como consecuencia de la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana.....	52
Figura 3.2: Ejemplo de error por desviación de línea base.....	59
Figura 3.3: Acelerógrafos pertenecientes a la Red Acelerográfica del IGP instalados en la región de Arequipa	62
Figura 3.4: Ubicación de los acelerógrafos pertenecientes a la Red Acelerográfica de SENCICO a nivel nacional.....	64
Figura 3.5: Delimitación de los cuadrángulos de Arequipa y Characato, indicando los distritos comprendidos en ellos	69
Figura 3.6: a) Unidades geomorfológicas del Cuadrángulo de Arequipa (33s). b) Unidades geomorfológicas del Cuadrángulo de Characato (33t).....	70
Figura 3.7:.....	78
Figura 4.1: Sección Típica de Suelo	91
Figura 4.2: Ubicación de puntos 15,16,24 y el recinto.....	92
Figura 4.3: Perfil de Velocidades conocido.....	93
Figura 4.4: Perfiles de Velocidades estimados cada 10 m.....	94
Figura 4.5: Perfiles de Velocidades estimados cada 25 m.....	95
Figura 4.6: Perfiles de Velocidades estimados cada 50 m.....	96
Figura 4.7: Perfiles de Velocidades estimados cada 100 m.....	97

Figura 4.8: Ubicación de ensayos realizados.....	98
Figura 4.9: Perfil Geosísmico	99
Figura 4.10: Perfil base.....	100
Figura 4.11: Periodo Fundamental	102
Figura 4.12: Proceso de proyección de respuesta del terreno.....	103
Figura 4.13: Función de transferencia cada 10 m.....	105
Figura 4.14: Función de transferencia cada 25 m.....	105
Figura 4.15: Función de transferencia cada 50 m.....	106
Figura 4.16: Función de transferencia cada 100 m.....	107
Figura 4.17: Perfil estimado	108
Figura 5.1: Perfiles generados	123
Figura 5.2: Comparación de parámetros vs T_0 y V_{s30}	126
Figura 5.3: Comparación de Max SA vs T_0	127
Figura 5.4: Comparación de Max SA vs V_{s30}	128
Figura 5.5: Comparación de AMP vs T_0	129
Figura 5.6: Comparación de AMP vs V_{s30}	130
Figura 5.7: Comparación de IA vs T_0	131
Figura 5.8: Comparación de IA vs V_{s30}	132

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación fue desarrollado teniendo en consideración la base de datos de diferentes trabajos realizados en SENCICO Yanahuara, con los cuales se buscó investigar a profundidad la influencia del parámetro clasificador V_{S30} en la respuesta sísmica.

Nuestro país se encuentra en una región sísmica, lo que hace que sea de importancia la información sobre las características estáticas y dinámicas de nuestros suelos. La Norma Técnica Peruana E 030 (Diseño Sismorresistente) clasifica los suelos en 5 tipos teniendo en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte correspondiente a los 30 primeros metros de superficie, medidos desde el fondo de cimentación (V_{S30}).

La Zonificación Geotécnica y la Microzonificación Sísmica Preliminar de la ciudad de Arequipa realizado por el Ing. Calixtro Yanqui (1990) ayudo a caracterizar de forma inicial el subsuelo y los efectos sísmicos en Arequipa. De la misma forma en el año 2001, se elaboró el estudio denominado “Geología y estratigrafía del cuaternario y zonificación geotécnica-sísmica del área urbana de Arequipa”, y en el año 2014 la “Zonificación sísmica – geotécnica de la ciudad de Arequipa – Cercado” estos estudios permitieron conocer más a fondo la conformación de los suelos en nuestra ciudad.

Conociendo la influencia del V_{S30} en diferentes normas y teniendo de precedente los estudios antes mencionados, la presente investigación buscará conocer la importancia del parámetro V_{S30} con otros parámetros sísmicos como el Periodo Fundamental, la Intensidad de Arias, la máxima Aceleración Espectral y la Amplitud del Espectro de Fourier, mediante el método lineal equivalente.

CAPITULO I

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

En la ciudad de Arequipa se han realizado diferentes estudios destinados a determinar las características geológicas y geotécnicas de sus suelos y a predecir el comportamiento de estos frente a sismos. El primer estudio del que se tiene constancia es el realizado por el Ing. Calixtro Yanqui (1988) el cual consistió en determinar las características del subsuelo y los efectos sísmicos en Arequipa; seguidamente, en 1990, elaboró una Zonificación Geotécnica y una Microzonificación Sísmica Preliminar de la ciudad. En 1991, Aguilar presentó su tesis denominada “Microzonificación Sísmica de la ciudad de Arequipa” para la cual elaboró un mapa de curvas de isoperiodos de la ciudad, realizó ensayos geotécnicos y ensayos de microtrepidaciones para evaluar el comportamiento dinámico del suelo y analizó los daños ocasionados por el sismo del 16 de febrero de 1979 que azotó Arequipa, para así poder plantear una microzonificación sísmica de la ciudad. Esta microzonificación plantea la existencia de 4 zonas sísmicas que poseen comportamientos similares ante la presencia de un sismo, a su vez, se puede apreciar que el territorio cubierto es mucho menor de lo que actualmente comprendería la ciudad de Arequipa. En el año 2001, en el marco del convenio celebrado entre la UNSA y el Comité Ejecutivo de Reconstrucción del Niño (CEREN), se elaboró el estudio denominado “Geología y estratigrafía del cuaternario y zonificación geotécnica-sísmica del área urbana de Arequipa”, el cual tomó en cuenta las posibles áreas de expansión de la ciudad, obteniendo cuatro zonas de riesgo: Alto, mediano, moderado y bajo. Este estudio tuvo como límite norte, el sector de Ciudad de Dios donde se encontró la presencia de estratos ceniceros, así como en la parte baja de Ciudad Municipal y en varias zonas de los alrededores, convirtiéndolas por tal motivo, en zonas de riesgo mediano. Otro estudio más reciente abocado a la geotecnia y sismicidad de la ciudad de Arequipa es el realizado dentro del Programa Presupuestal N°068: Reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres denominado: “Zonificación sísmica – geotécnica de la ciudad de Arequipa – Cercado” el cual estuvo a cargo del Ing. Hernando Tavera y fue publicado en el año 2014. En este trabajo se obtuvieron valores de capacidad portante muy favorables (mayores a 3 kg/cm³) y se dividió a los suelos del Cercado en dos zonas como se muestra en la Imagen 2, las cuales, según la Norma E030, corresponden a las ZONAS I y II.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El Perú se encuentra ubicado dentro del borde occidental de América del Sur, región caracterizada por ser una de las más sísmicamente activas en el mundo (Tavera y Buforn, 1998), esta situación hace que sea de suma importancia ampliar la información sobre las características estáticas y dinámicas de nuestros suelos, sobre los métodos de análisis que dan una mejor aproximación del comportamiento real del suelo frente a demandas cíclicas e identificar claramente que parámetros poseen una influencia significativa en la respuesta sísmica de un sitio. La última versión de la Norma Técnica Peruana E 030 de Diseño Sismorresistente brinda una clasificación de cinco tipos de perfiles de suelo, los cuales han sido agrupados teniendo en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte correspondiente a los 30 metros superiores del suelo, medidos desde el fondo de cimentación. Este factor, comúnmente denotado como V_{s30} , es el más utilizado en las diferentes normas técnicas de todo el mundo como único parámetro clasificador de los perfiles sísmicos. A pesar de su amplia difusión, algunos autores como Godoy, Gonzalez y Saéz (2015) y R. Aguiar, A. Espinosa, J. Carrión y V. Zambrano (2018) critican la capacidad de este factor para clasificar adecuadamente y por sí sólo, la calidad sísmica de un sitio. Por tal motivo en el presente trabajo se busca evaluar y verificar la pertinencia del uso de la Velocidad de propagación de onda de corte (V_{s30}) como único parámetro de caracterización de sitio. Así mismo, se desea evaluar la relación existente entre este parámetro con otros que también se consideran importantes como son el Periodo Fundamental del Suelo, la Intensidad de Arías, la Máxima Aceleración Espectral y la amplitud del Espectro de Fourier asociada a la frecuencia dominante.

Por otro lado, el método lineal equivalente es el más utilizado al momento de analizar la respuesta sísmica de los suelos, pero estos no se comportan de manera lineal, sino, por el contrario, se comportan de manera no lineal, y además se ven afectados por condiciones locales que influyen en su respuesta frente a sismos y pueden generar problemas de amplificación conocidos como “efecto de sitio”. Es por ello que la presente desea evaluar la eficacia del método lineal equivalente al momento de analizar la respuesta sísmica del recinto SENCICO – Yanahuara, seleccionado para el presente trabajo.

1.3 HIPÓTESIS

Dado que, se desconoce la relación existente entre el parámetro sísmico de velocidad de onda de corte hasta los primeros 30 metros de profundidad (V_{s30}) con otros parámetros

sísmicos como el Periodo Fundamental, la Intensidad de Arias, la máxima Aceleración Espectral y la Amplitud del Espectro de Fourier, es probable que al estudiar la respuesta sísmica del recinto seleccionado mediante el método lineal equivalente se pueda analizar la relación de los parámetros antes mencionados y sacar conclusiones sobre la influencia de estos en la clasificación sísmica de un sitio.

1.4 ANÁLISIS DE VARIABLES

Las variables de esta investigación van variando a lo largo de los capítulos, ya que cada paso posee sus propias variables tanto dependientes como independientes. A continuación, se realizará un resumen de ello.

- Obtención de perfil de velocidad de onda de corte (V_s) representativo

Tabla 1.1: Tipos de variable según V_s .

TIPOS DE VARIABLE SEGÚN V_s	
VARIABLES	NOMBRE DE LA VARIABLE
Independientes	Periodo Fundamental de vibración del suelo
	Profundidad del basamento rocoso
Dependiente	Velocidad de Onda de Corte Promedio

Fuente: Elaboración propia, (2021).

Determinación de la influencia del parámetro V_{s30} en la respuesta sísmica del suelo

Tabla 1.2: Tipos de variable según V_{s30} .

TIPOS DE VARIABLE SEGÚN V_{s30}	
VARIABLES	NOMBRE DE LA VARIABLE
Independientes	Periodo Fundamental de vibración del suelo
	Profundidad del basamento rocoso
Dependiente	Espectros de Respuesta

Fuente: Elaboración propia, (2021).

- Análisis de la respuesta sísmica utilizando el método lineal equivalente

Tabla 1.3: Tipos de variable según Método Lineal Equivalente.

TIPOS DE VARIABLE SEGÚN M.L.E.	
VARIABLES	NOMBRE DE LA VARIABLE
Independientes	Periodo Fundamental de vibración del suelo
	Profundidad del basamento rocoso
	Velocidad de Onda de Corte Promedio
Dependiente	Intensidad de Arias
	Máxima Aceleración Espectral
	Amplificación del Espectro de Fourier

Fuente: Elaboración propia, (2021).

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

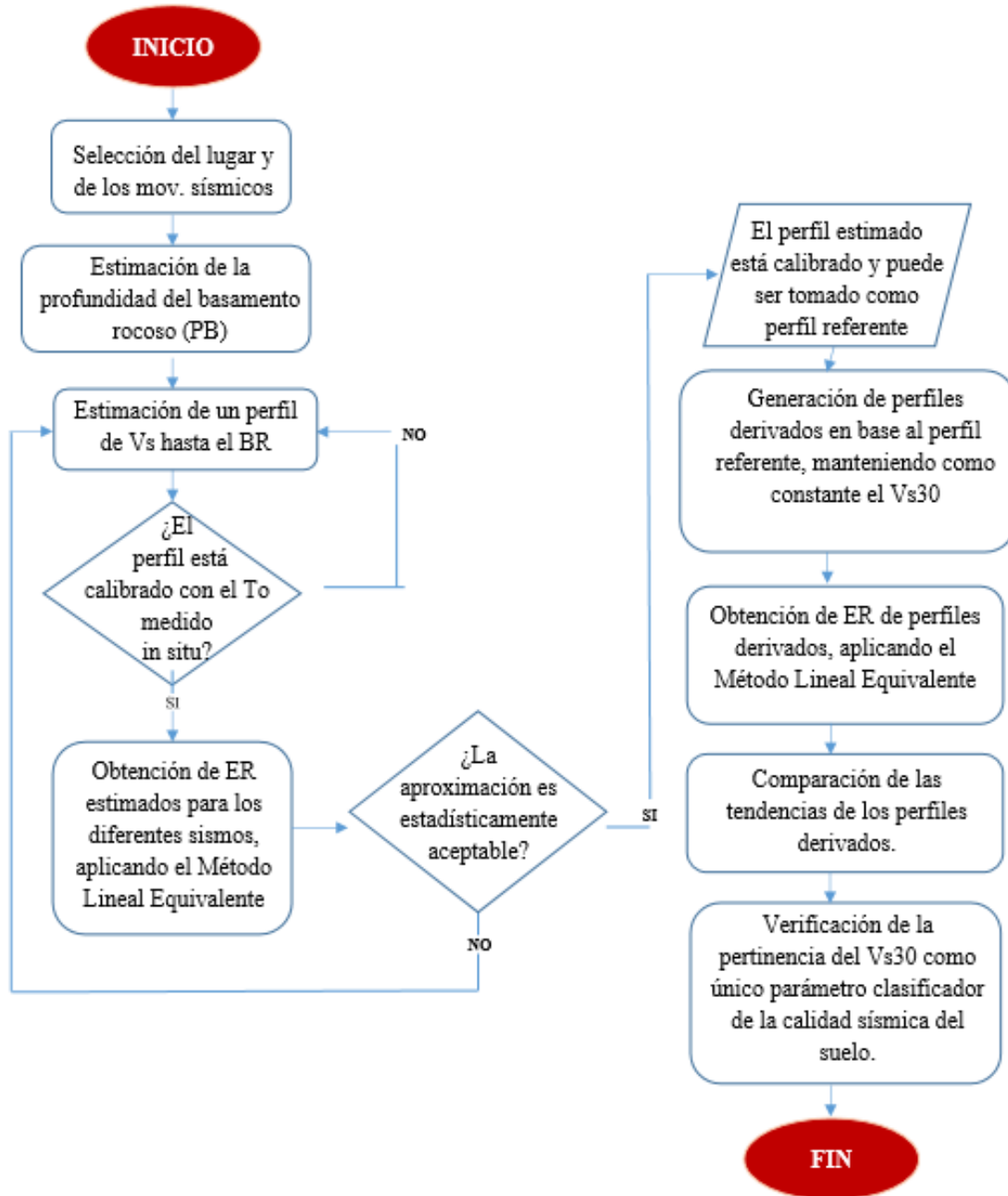
- Evaluar la influencia del parámetro V_{s30} en la caracterización de la respuesta sísmica del recinto de SENCICO – Yanahuara, y correlacionar este parámetro con otros indicadores de la severidad de la respuesta sísmica como son el Periodo Fundamental del Suelo, la Intensidad de Arias, la Máxima Aceleración Espectral y la amplitud del Espectro de Fourier.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar el perfil de velocidades de onda de corte hasta la profundidad del basamento rocoso de un sitio instrumentado con datos acelerográficos en la ciudad de Arequipa.
- Obtener los Espectros de Respuesta sísmica de cinco sismos seleccionados tomando en cuenta la influencia del perfil de suelo de nuestro recinto, mediante la utilización del software DEEPSOIL V7.0
- Validar el perfil de velocidades de onda de corte propuesto mediante la comparación de los Espectros de Respuesta sísmica estimados con las respuestas reales.
- Verificar la pertinencia del uso de la Velocidad de propagación de onda de corte (V_{s30}) como único parámetro de caracterización de sitio.

1.6 PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Figura 1.1: Procedimiento para el desarrollo de la Investigación.



Fuente: Elaboración propia, (2021).

CAPITULO II

2 FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

Es conocido que el suelo es un material conformado por partículas y múltiples fases que tiene un comportamiento no lineal. Este comportamiento depende de las propiedades físico-mecánicas y dinámicas del suelo; y a su vez, estas están fuertemente influenciadas entre sí. Las propiedades físico-mecánicas son las que gobiernan el comportamiento del suelo en circunstancias de índole “estática” es decir, aquellas donde la aplicación de la carga se produce a lo largo de tiempos prolongados y genera grandes deformaciones que conducen a que este finalmente falle, por ejemplo, en el análisis de la estabilidad de taludes.

Por otro lado, las propiedades dinámicas toman mayor protagonismo frente a aquellos problemas asociados a tiempos de aplicación de carga más cortos y deformaciones muy bajas (10^{-6}) producidas por la propagación de ondas.

2.1.1 PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL SUELO

Las propiedades físico-mecánicas se determinan mediante métodos usuales, que pueden ser ensayos in situ o de laboratorio. Se utilizaron los parámetros estadísticos, como el número de observaciones, valor promedio, rango, desviación estándar y varianza.

2.1.1.1 POROSIDAD (n)

El valor de este parámetro se da en porcentaje y puede variar desde 0%, para el caso de un material sólido, hasta el 100% en un material fluido. Se define según la siguiente relación (Ecuación N°2.1)

$$n(\%) = \frac{V_v(m^3)}{V(m^3)} * 100\% \quad (2.1)$$

Ecuación 2.1: Porosidad del suelo (%)

Siendo n la porosidad del suelo estudiado en porcentaje, V_v el volumen ocupado por fluidos como el aire y el agua dentro de ese suelo y V el volumen total.

2.1.1.2 RELACIÓN DE VACÍOS (e)

A este parámetro también se le conoce como índice de poros e indica la relación que existe entre el volumen ocupado por fluidos como el aire y el agua en función del volumen ocupado por los sólidos, tal como indica la Ecuación N° 2.2:

$$e = \frac{V_v (m^3)}{V_s (m^3)} \quad (2.2)$$

Ecuación 2.2: Relación de vacíos del suelo

El resultado obtenido en arcillas será mayor a uno ($e > 1$), mientras que para suelos gruesos será menor que uno ($e < 1$).

2.1.1.3 GRADO DE SATURACIÓN (S)

El grado de saturación S indica la relación existente entre el volumen que ocupa el agua en un suelo, en función del volumen de vacíos existente. Este parámetro puede variar desde completamente seco ($S=0\%$) hasta completamente saturado ($S=100\%$). Lo dicho anteriormente queda definido con la siguiente Ecuación N° 2.3:

$$S\% = \frac{V_w (m^3)}{V_v (m^3)} * 100\% \quad (2.3)$$

Ecuación 2.3: Grado de saturación del suelo

2.1.1.4 CONTENIDO DE HUMEDAD (w)

Se refiere a la cantidad de agua contenida en un material y queda definido según la Ecuación N° 2.4:

$$W(\%) = \frac{W_w(Kg.f)}{W_s(Kg.f)} * 100\% \quad (2.4)$$

Ecuación 2.4: Contenido de humedad del suelo

Siendo W_w el peso del agua y W_s el peso de los sólidos. Cabe aclarar que los valores obtenidos pueden sobrepasar el 100%

2.1.1.5 PESO ESPECÍFICO

- **Peso específico del suelo (γ)**

Esta propiedad describe el peso específico del suelo tal y como está en la naturaleza.

$$\gamma \left(\frac{Kg.f}{m^3} \right) = \frac{W(Kg.f)}{V(m^3)} \quad (2.5)$$

Ecuación 2.5: Peso específico del suelo

- **Peso específico seco (γ_d)**

Esta propiedad está dada por la relación entre el peso de los sólidos y el volumen de la muestra.

$$\gamma \left(\frac{Kg.f}{m^3} \right) = \frac{W_s(Kg.f)}{V(m^3)} \quad (2.6)$$

Ecuación 2.6: Peso específico seco del suelo

- **Peso específico saturado (γ_{sat})**

El peso específico saturado está dado por la suma del peso específico efectivo o sumergido (γ_b) con el peso específico del agua ($\gamma_w=1000 \text{ Kg/m}^3$)

$$\gamma_{sat} \left(\frac{Kg \cdot f}{m^3} \right) = \gamma_b \left(\frac{Kg \cdot f}{m^3} \right) + \gamma_w \left(\frac{Kg \cdot f}{m^3} \right)$$

Ecuación 2.7: Peso específico saturado del suelo (2.7)

$$\gamma_b \left(\frac{Kg \cdot f}{m^3} \right) = \gamma_{sat} \left(\frac{Kg \cdot f}{m^3} \right) + \gamma_w \left(\frac{Kg \cdot f}{m^3} \right) \quad (2.8)$$

Ecuación 2.8: Peso específico sumergido del suelo

- **Peso específico de los sólidos (γ_s)**

Este parámetro no considera a los fluidos al momento de realizar los cálculos, ya que se haya relacionado el peso de los sólidos con el volumen que estos ocupan.

$$\gamma_s \left(\frac{Kg \cdot f}{m^3} \right) = \frac{W_s (Kg \cdot f)}{V_s (m^3)} \quad (2.9)$$

Ecuación 2.9: Peso específico de los sólidos

2.1.1.6 GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SÓLIDOS (G_s)

Este parámetro es adimensional y relaciona el peso específico del suelo con el de algún material, generalmente el del agua ($\gamma_w = 1 \text{ gf/cm}^3$).

$$G_s = \frac{\gamma_s \left(\frac{Kg \cdot f}{m^3} \right)}{\gamma_w \left(\frac{Kg \cdot f}{m^3} \right)} \quad (2.10)$$

Ecuación 2.10: Gravedad específica de los sólidos

2.1.1.7 DENSIDAD RELATIVA (D_r)

La densidad relativa, también llamada compacidad (C_r , D_r) es una propiedad, generalmente expresada en porcentaje, que sólo la poseen los suelos granulares, y que está definida por la siguiente Ecuación N° 2.11:

$$Dr(\%) = (e_{max} - e) * \frac{100\%}{(e_{max} - e_{min})} \quad (2.11)$$

Ecuación 2.11: Densidad relativa del suelo

2.1.2 PARÁMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO

Estos parámetros son los que gobiernan, en gran medida, el comportamiento estático del suelo, por lo que resultan de vital importancia a nivel ingenieril ya que permiten el diseño eficiente y seguro de las construcciones.

2.1.2.1 ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA

El ángulo de fricción es el máximo ángulo de pendiente para un conjunto de material granular, normalmente los suelos arenosos tienen un ángulo de fricción mayor que los suelos limosos sin plasticidad. Entre más denso se encuentre el suelo, el Ángulo de fricción será superior. El ángulo de fricción interno (ϕ) depende esencialmente de factores como la compacidad del material, de la forma y rugosidad de los granos, de su grosor y de la granulometría (Costet 1975). En la siguiente Tabla 2.1 se detalla un modo de hallar el ángulo de fricción interno de un suelo de manera empírica, según el grado de influencia de estos factores.

Tabla 2.1: Valores del ángulo de fricción interno de los suelos

VALORES ÁNGULOS DE FRICCIÓN			
Compacidad	ϕ	Suelta	-6°
		Media	0
		Compacta	+6°
		Aguda	+1°
Forma y rugosidad de los granos	ϕ	Media	0
		Redondeada	-3°
		Muy redondeada	-5°
		Arena	0
	ϕ	Grava fina	+1°

Grosor de los granos		Grava gruesa	+2°
		Uniforme	-3°
Granulometría	ϕ	Media	0
		Abierta	+3°

Fuente: Costel J. y Sanglerat G. (1975).

2.1.2.2 COHESIÓN

La cohesión es la fuerza interna que une a las partículas de un suelo, la cual varía según el contenido de humedad y el tamaño de las partículas, teniendo los suelos granulares una cohesión prácticamente nula, y en el caso de los suelos finos, los limos tienen una cohesión menor que las arcillas.

Tanto este parámetro como el ángulo de fricción interna de un suelo pueden hallarse en el laboratorio a través de los ensayos Triaxial y el de Corte Directo y son indispensables en el ámbito ingenieril ya que permiten conocer la resistencia al corte de un estrato, propiedad que queda definida con la siguiente Ecuación N°1.12:

$$\tau \left(\frac{Kg}{m^2} \right) = C \left(\frac{Kg}{m^2} \right) + \sigma \tan \phi (^{\circ}) \quad (2.12)$$

Ecuación 2.12: Resistencia al esfuerzo cortante de un suelo

Donde (τ) vendría a ser la resistencia al cortante, (C) es la cohesión, (σ) es el esfuerzo normal y (ϕ) es el ángulo de fricción.

2.1.3 PROPIEDADES DINÁMICAS DEL SUELO

El comportamiento del suelo ante demandas cíclicas es no lineal y está gobernado principalmente por las propiedades dinámicas del suelo, destacando entre estas el módulo de corte y el amortiguamiento, ya que estos parámetros son bastante sensibles a las deformaciones inducidas por cargas cíclicas, volviéndose muy importantes al momento de analizar la respuesta sísmica de sitio.

Lo mencionado anteriormente se puede expresar gráficamente con la curva Tensión-Deformación que se muestra a continuación. Figura N° 2.1:

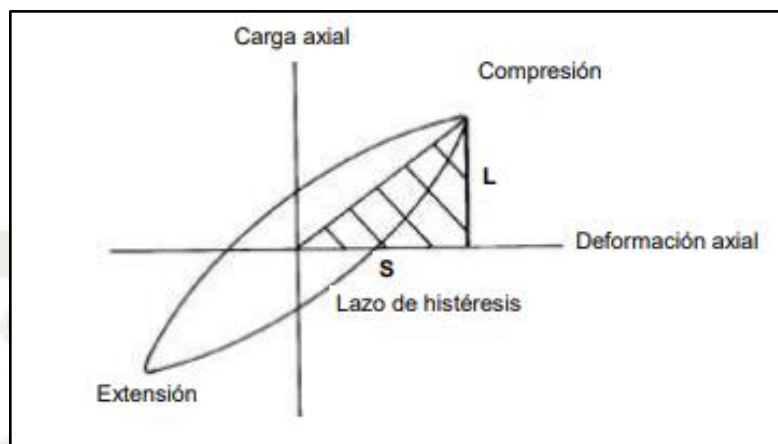


Figura 2.1: Comportamiento histérico de la respuesta del suelo ante cargas cíclicas
Fuente: ASTM D 3999, (2003)

Como se puede ver, la curva asume forma de bucle debido a la naturaleza histérica de la respuesta sísmica, en donde la rigidez del suelo influye en la inclinación de la curva mientras que el ancho del bucle depende de la disipación de energía y puede ser descrita mediante la razón de amortiguamiento (Godoy, 2012).

2.1.3.1 MÓDULO DE CORTE (G)

El módulo de corte G, también denominado módulo de rigidez, se define como la relación entre la tensión de corte (γ) y la deformación de corte en un punto cualquiera de la curva histérica mostrada en la Figura N° 2.1. Esta propiedad ayuda a describir la respuesta del suelo ante la aplicación de un esfuerzo cortante que lo deforma. Conociendo este parámetro G y la profundidad al basamento rocoso, queda definida la rigidez de un depósito de suelo (Muñoz, 2004) y, por ende, su amplificación sísmica.

Esta propiedad dinámica del suelo tiene una relación directamente proporcional con la velocidad de propagación de onda de corte (V_s) y la densidad del material, como se observa en la Ecuación N°1.13.

$$G\left(\frac{Kg}{m * s^2}\right) = \rho\left(\frac{Kg}{m^3}\right) * V_s^2\left(\frac{m^2}{s^2}\right) \quad (2.13)$$

Ecuación 2.13: Módulo de corte

La densidad es siempre estimada o medida a través de muestras de suelo de la superficie, o a través de correlaciones. Mientras que para definir el valor de V_s existen varios métodos mecánicos (STP, Cono de Peck, etc.) y métodos geofísicos (MASW, MAM, Downhole, etc.).

2.1.3.2 Módulo de Corte Máximo (G_{\max})

El módulo de corte máximo (G_{\max}) se define como el valor de la pendiente de la recta tangente en el punto inicial de curva, tal como se observa en la Figura N° 2.2. Este valores usado para normalizar el módulo de corte (G) versus la relación de deformación de corte, a través de la representación normalizada de G versus G_{\max} , más conocida como curva de reducción o degradación del módulo corte (Figura N° 2.2). Estas curvas de degradación bien establecidas facilitan su utilización cuando no se cuenta con datos sobre la dinámica de suelos a analizar, ya que pueden ser ajustadas a las necesidades de diferentes tipos de suelos, conociendo algunos datos geotécnicos básicos.

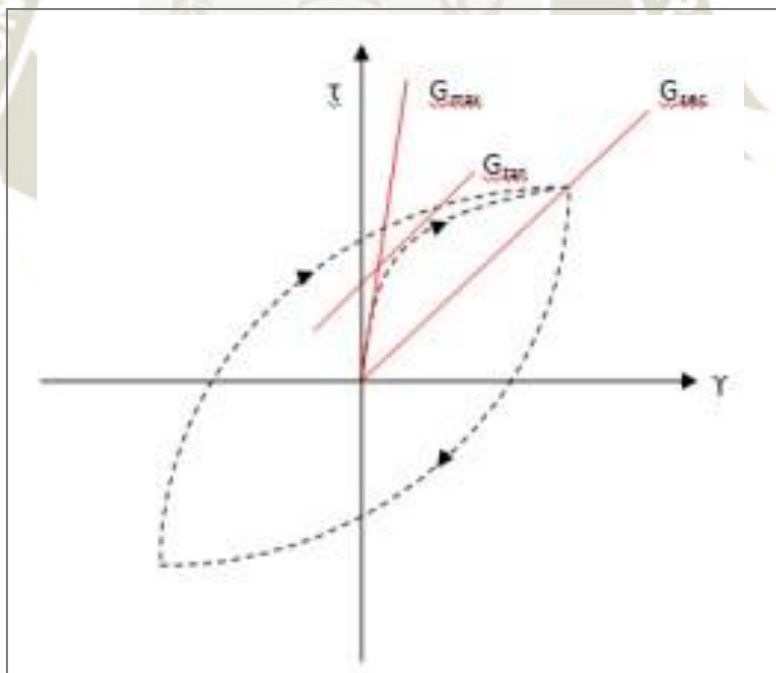


Figura 2.2: Curva de histéresis entre la deformación de corte (γ) y la tensión de corte (τ)

Fuente: Barchiesi, A. et al., (2010)

Nota: En la curva se definen los módulos de corte: máximo (G_{\max}), secante (G_{sec}) y tangente (G_{tan})

2.1.3.3 COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO (ξ)

El Coeficiente o razón de amortiguamiento (ξ) es un valor adimensional que representa la capacidad que tiene un suelo para disipar energía. Esta propiedad es considerada al momento de realizar un análisis dinámico, ya que permite obtener resultados más realistas, al considerar la atenuación propia de los materiales estudiados. Este parámetro es importante ya que, dependiendo de la capacidad del depósito para absorber energía, se verá afectada la duración y modos de vibración del sistema.

Gráficamente, la razón de amortiguamiento se define a partir del área medida, ΔW , dentro de un ciclo completo de histéresis, que corresponde a la energía disipada en un ciclo, y la energía de deformación máxima almacenada, W_s , durante un ciclo, como se muestra en la Figura N° 2.3

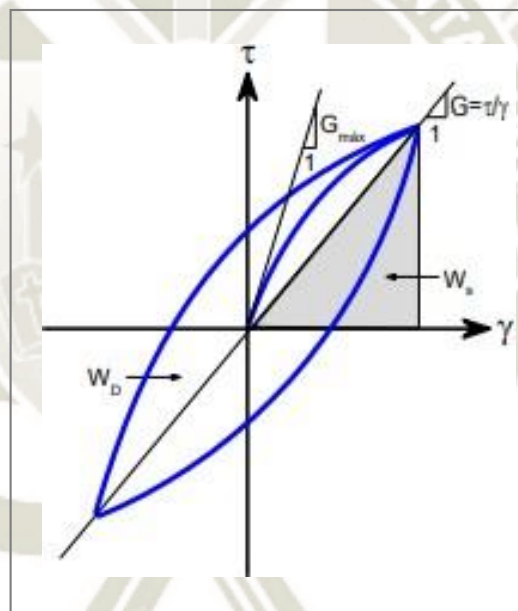


Figura 2.3: Evaluación de la razón de amortiguamiento en un material.

Fuente: Gonzalez, Z., (2017)

Así mismo, se puede definir mediante la Ecuación N° 2.14, en la cual se ve que la razón de amortiguamiento es directamente proporcional a la energía disipada dentro de un ciclo de histéresis (ΔW) e inversamente proporcional a la energía de deformación elástica máxima almacenada (W_s).

$$\xi(\%) = \frac{\Delta W}{(4\pi * WS)} * 100\% \quad (2.14)$$

Ecuación 2.14: Coeficiente de amortiguamiento

En el supuesto caso que un suelo no estuviese en la capacidad de disipar energía, el movimiento no se vería amortiguado, por lo que la función de transferencia poseería amplificaciones infinitas, creándose el fenómeno de resonancia para frecuencias comprendidas entre $\pi/2 + n\pi$. Sin embargo, cualquier depósito de suelos sí amortigua el movimiento, en mayor o menor medida, es por esto que las amplificaciones no son infinitas, sino máximas para las dichas frecuencias.

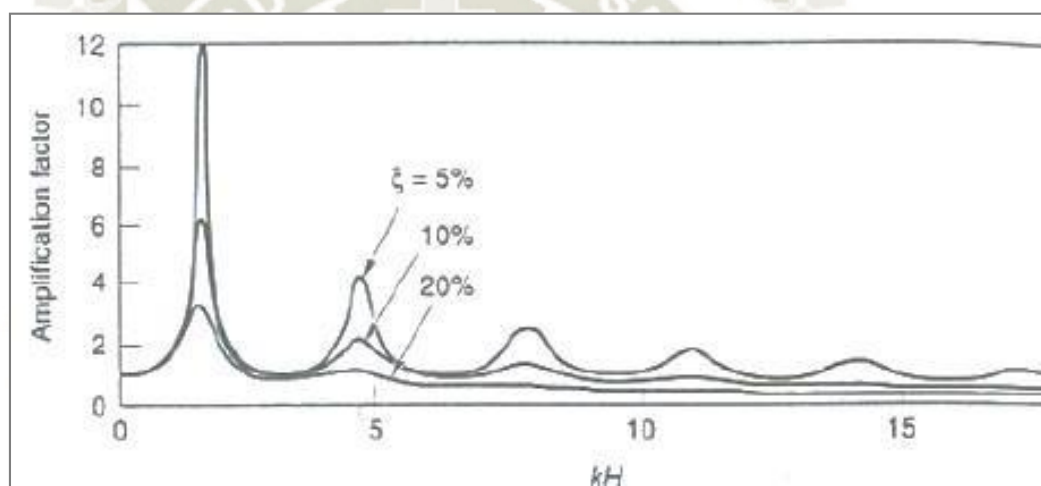


Figura 2.4: Función de transferencia de un suelo uniforme sobre roca rígida para diferentes porcentajes de amortiguamiento.

Fuente: Kramer, 1996

Las frecuencias a las que se dan estos máximos locales se conocen como frecuencias naturales del suelo y dependen de la velocidad de onda de corte V_s y del espesor de la capa de sedimentos H , según:

$$\omega_n \left(\frac{1}{s} \right) = \frac{\pi}{2} * \frac{V_s \left(\frac{m}{s} \right)}{H(m)} + n\pi \quad (2.15)$$

Ecuación 2.15: Frecuencia natural del suelo

Donde (n) va asumiendo valores que pueden ir desde el 0 hasta el infinito (∞)

Tanto el módulo de corte como la razón de amortiguamiento dependen principalmente de la tensión efectiva vertical y de la plasticidad del suelo. En la siguiente Figura N° 2.5 se puede observar como el módulo de corte G disminuye a medida que aumenta la deformación, mientras que, contrariamente, la razón de amortiguamiento ξ , aumenta al mismo tiempo que crece el nivel de deformación.

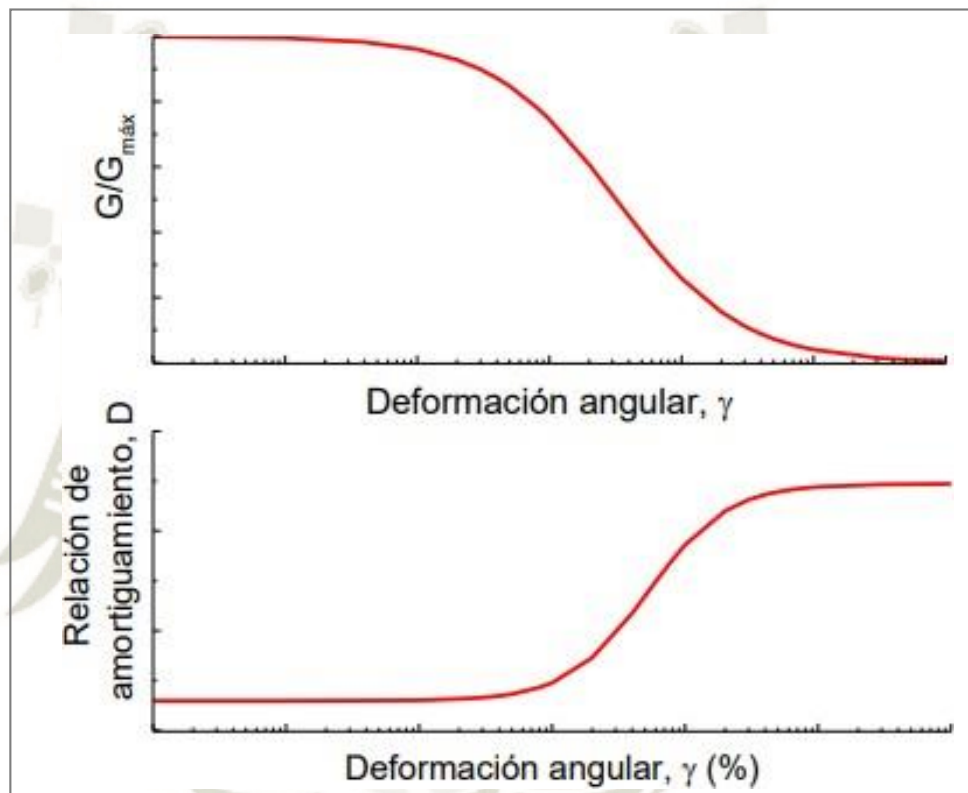


Figura 2.5: Curvas de degradación del módulo de rigidez al cortante normalizado y relación de amortiguamiento de un suelo.

Fuente: Gonzalez, Z., (2017)

2.1.3.4 COEFICIENTE DE POISSON (ν)

El coeficiente de Poisson (ν) es otra propiedad dinámica de los suelos y se define como el coeficiente del esfuerzo horizontal y vertical utilizado para relacionar el módulo de deformación en un medio sólido, dando como resultado un valor adimensional. Este parámetro no es tan utilizado como los dos antes mencionados principalmente por su dificultad de ser medido. Un rango sugerido de valores del coeficiente de Poisson para suelos es de 0.2 a 0.5, pero se han dado casos con valores de 0.1 para depósitos

sedimentarios eólicos (Delgadillo, 2016). La relación empírica que define a este coeficiente es la que observa en la Ecuación N° 1.16, donde E vendría a ser el módulo de elasticidad y G el módulo de corte:

$$v = \frac{E}{(2G - 1)} \quad (2.16)$$

Ecuación 2.16: Coeficiente de Poisson

2.1.3.5 MÓDULO DE YOUNG (E)

El módulo de elasticidad llamado o conocido como el módulo de Young (E), es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico según la dirección en la que se aplica una fuerza.

El módulo de Young es una constante que varía dependiendo de cada material y puede hallarse empíricamente, a través de ensayos de tracción. Este parámetro aparece en la ley de Hook como el encargado de relacionar la deformación de una barra puesta a un determinado esfuerzo axial con la tensión normal generada por dicho esfuerzo.

Por lo anterior, en la calibración de los modelos de respuesta unidimensional de los sitios se emplearon curvas de degradación y amortiguamiento recomendadas en los estudios recientes. Estos modelos incorporan el concepto de amortiguamiento viscoso y la variación de las propiedades dinámicas como degradación y amortiguamiento en función del confinamiento. Godoy, C (2013)

2.1.4 CURVAS DE DEGRADACIÓN DEL MÓDULO DE CORTE Y AMORTIGUAMIENTO

2.1.4.1 SEED E IDRISSE

Las curvas propuestas por Seed e Idriss (1970) son curvas que exponen las propiedades dinámicas principales (degradación del módulo de corte y amortiguamiento) de los suelos granulares no cohesivos. Este modelo considera la influencia de la presión de confinamiento en el comportamiento cíclico de arenas y gravas, para presiones de confinamiento de hasta 400 kPa (Godoy, 2012). En la siguiente Figura N° 2.6 se pueden apreciar dichas curvas.

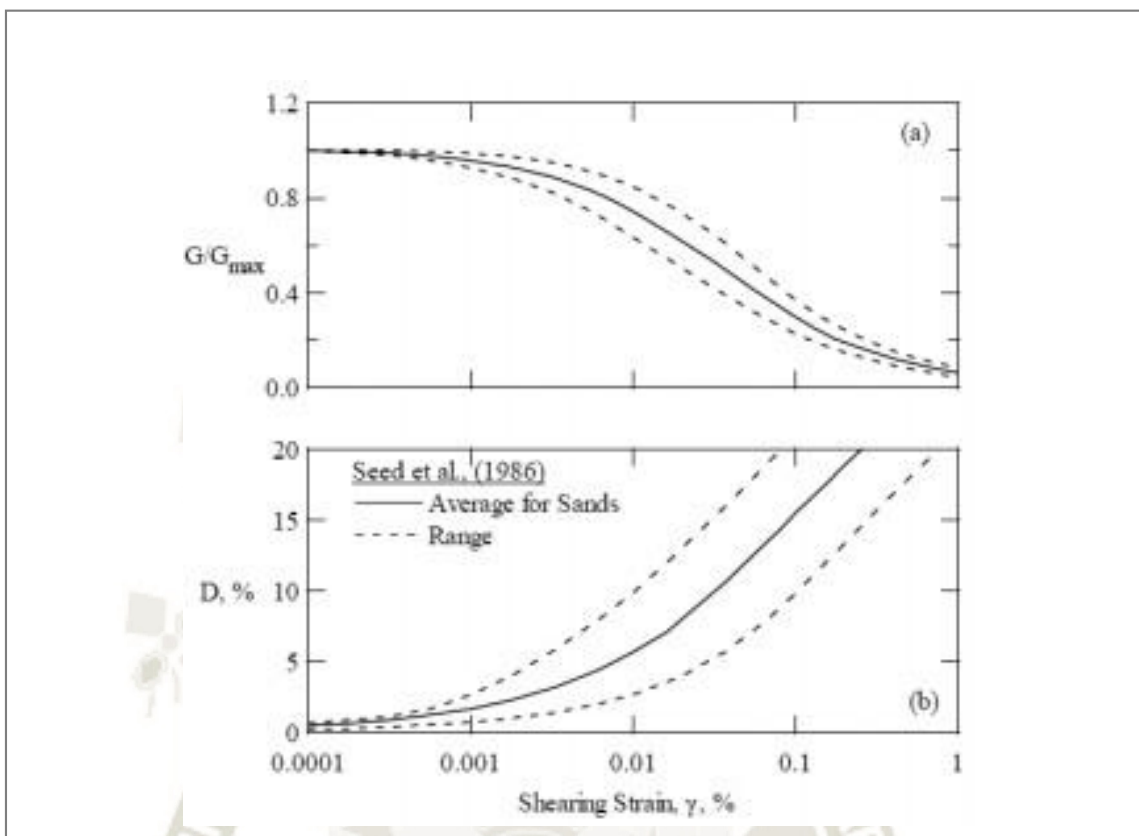


Figura 2.6: Curvas propuestas por Seed et al. (1986) para suelos no cohesivos. (a) Curvas de degradación de módulo, (b) curvas de amortiguamiento.

Fuente: Darendeli, B.S, (2001)

Como se puede observar, Seed e Idris proponen 3 curvas: la curva inferior interpreta bien el comportamiento dinámico de arenas con diferentes proporciones de finos (entre 15% hasta 50%) (Anbazhagan & Prabhakaran & Madhurala, 2017), mientras que las curvas media y superior brindan mejores aproximaciones tanto para gravas y arenas sin presencia de finos (Parihar, 2015)

Seed et al. Alabama. (1984) publicaron una investigación donde propusieron las curvas dinámicas específicamente para gravas de grandes diámetros. Este trabajo fue observado por Rolling (1998) concluyendo, en base a datos recolectados de 15 investigaciones, que la curva media para gravas está más cerca de la curva para arenas propuesta por Seed e Idriss en 1970, que la curva para gravas propuesta por Seed (1986).

2.1.4.2 VUCETIC Y DOBRY

El estudio presentado por Vucetic y Dobry (1991) propone un modelo basado en la influencia de la plasticidad en el comportamiento dinámico del suelo. Este modelo funciona exclusivamente para suelos cohesivos, brindando mejores aproximaciones para las arcillas.

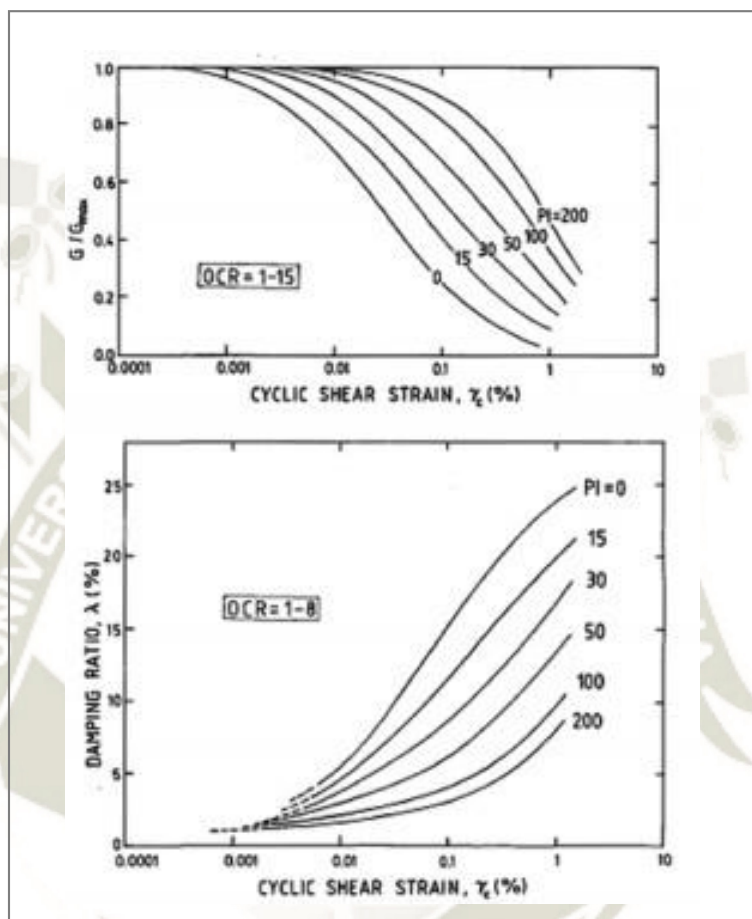


Figura 2.7: Curvas de degradación del módulo y de amortiguamiento según (a) Curvas de degradación de módulo, (b) curvas de amortiguamiento

Fuente: M. Vucetic, (1992)

Como se puede observar el comportamiento sísmico de los suelos cohesivos depende en gran medida del índice de plasticidad de estos, mientras que en las arenas y gravas, las respuesta dinámica se ve influenciada principalmente de la presión de confinamiento efectiva.

2.1.5 EFECTOS DE SITIO

Se conoce como efecto local a la variación de las características de movimiento del suelo, como la amplitud, duración, contenido frecuencial, etc., a nivel local; producto de la influencia de las condiciones geológicas, geotécnicas y topográficas del terreno por el que se propagan las ondas sísmicas. El alcance de sus consecuencias depende de la geometría y de las propiedades de los materiales que conforman los estratos subyacentes

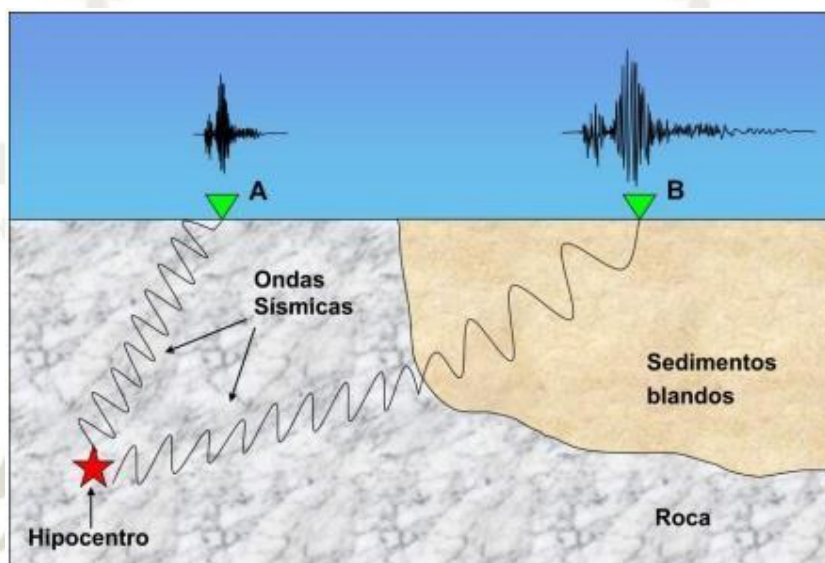


Figura 2.8: Registros Sísmicos en dos recintos

Fuente: Figueras S., Macau A., (2012)

Nota: Los dos recintos poseen características de subsuelo distintas, donde: *A es Roca, B es Blando.*

Como se puede observar en la imagen los registros sísmicos de ambos recintos difieren bastante el uno del otro, sufriendo mayores frecuencias y duración el recinto ubicado sobre un depósito de suelos blandos, en comparación con el recinto localizado sobre el depósito de suelos más rígido.

Los efectos de las condiciones locales del suelo sobre el movimiento se han evidenciado en muchos terremotos alrededor del mundo, con algunos ejemplos como los terremotos de Cuth, India (1819); San Francisco, Estados Unidos (1906, 1989); Mesina, Italia (1908) y México (1985).

Los efectos locales pueden ser dos tipos: Los efectos de suelo, que dependen de las características geológicas o topográficas del lugar y los efectos indirectos, aquí podemos

encontrar fenómenos como la licuefacción o deslizamientos.

2.1.5.1 EFECTOS DEL SUELO

- **Amplificación del suelo o geométrica**

Debido a las leyes de atenuación sísmica, se espera que un movimiento telúrico disminuya su aceleración a medida que las ondas se alejan del epicentro y traspasan mayor cantidad de estratos. El fenómeno que propicia que los parámetros de dicho sismo no se atenúen se conoce como amplificación del suelo, amplificación por impedancias o geométrica, y se puede presentar en áreas con un alto contraste de impedancias, el cual es propiciado por la existencia de depósitos de sedimentos blandos y poco compactados adyacentes a suelos más rígidos. Entre mayor sea el contraste de impedancias generado por las diferentes densidades de estratos, mayor será el efecto de amplificación que se produzca.

Para sedimentos, el contraste de impedancias (valor adimensional) está definido por la siguiente expresión:

$$I_c = \frac{\rho_b * V_b}{\rho_s * V_s} \quad (2.17)$$

Ecuación 2.17: Contraste de impedancias para suelos sedimentarios con diferentes estratos

Donde los subíndices b y s hacen referencia a los estratos rocoso y sedimentario, respectivamente. Así mismo ρ es la densidad y v es la velocidad de las ondas sísmicas y siendo v_b mayor que v_s .

- **Amplificación sísmica o dinámica**

La amplificación sísmica o dinámica también es conocida como el efecto de resonancia. Este se origina cuando la frecuencia de las ondas de un sismo coincide o es aproximadamente igual con la frecuencia natural del suelo o de la estructura que este contiene. Una estimación de la frecuencia natural del depósito está dada por la siguiente expresión:

$$f_n \left(\frac{1}{s} \right) = \frac{v_s \left(\frac{m}{s} \right)}{4H(m)} \quad (2.18)$$

Ecuación 2.18: Frecuencia natural del depósito

Donde V_s es la velocidad de propagación de la onda de corte en m/s, H es la profundidad del sedimento en m y se obtiene la frecuencia natural f_n en Hz.

La presencia de estratos de grandes espesores, así como la geometría del basamento rocoso, tienden a transformar las ondas que se propagan por la roca, lo que a su vez influye en la frecuencia de vibración y aumento en las aceleraciones y desplazamientos en la superficie de estos depósitos de suelos.

El flujo de energía de una onda elástica que se propaga a través de un material está dado por la siguiente expresión:

$$\phi \left(\frac{w}{m^2} \right) = \rho \left(\frac{Kg}{m^3} \right) * V_s \left(\frac{m}{s} \right) * u^2 \left(\frac{m^2}{s^2} \right) \quad (2.19)$$

Ecuación 2.19: Flujo de energía de una onda que se propaga a través de un material

Donde ϕ representa el flujo de energía de una onda elástica, ρ es la densidad del material. La velocidad de onda de corte V_s y la velocidad de la partícula u son inversamente proporcionales. El flujo de energía permanece constante y por consiguiente, los suelos con baja velocidad de propagación de ondas experimentan mayor amplificación.

2.1.5.2 EFECTOS TOPOGRÁFICOS

Existen evidencias de los efectos locales provocados por la topografía, los cuales se producen por la interacción de la deformación de una barra del campo de propagación de las ondas sísmicas con las irregularidades del terreno, las cuales se pueden clasificar en superficiales y subsuperficiales. Las primeras están relacionadas con la topografía del terreno e incluyen los efectos provocados por taludes, valles, montañas, etc. Las segundas están dadas por las discontinuidades en el terreno, considerando fallas, cuencas, etc. Díaz, A (2005)

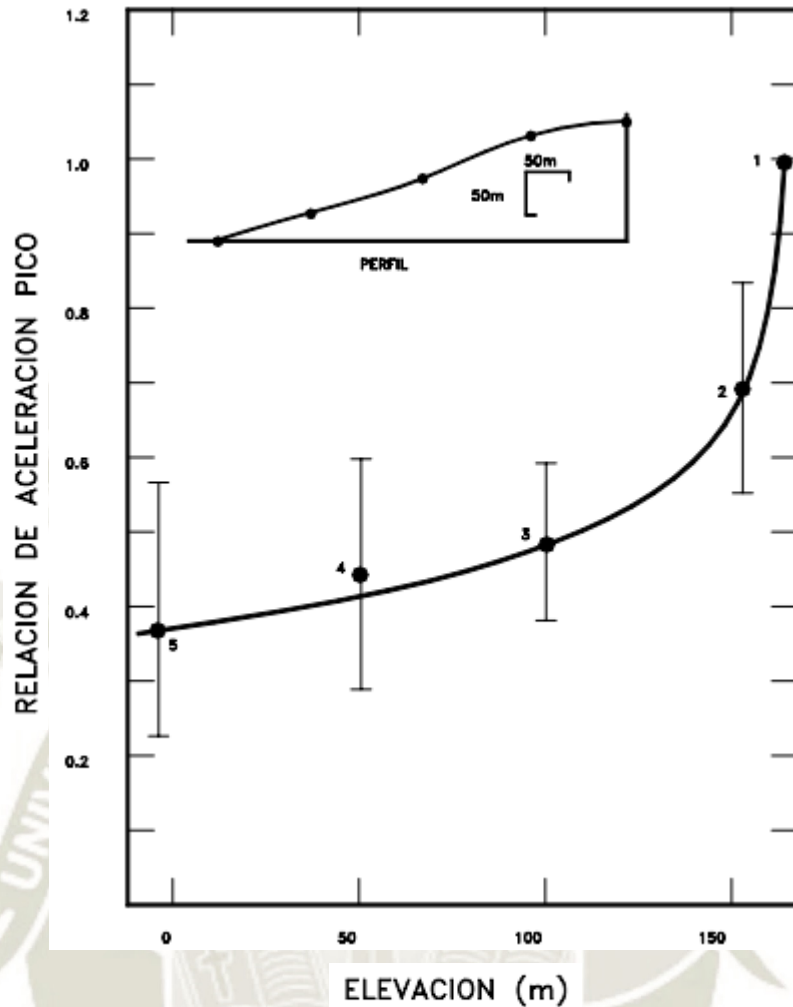


Figura 2.9: Aceleraciones pico normalizadas para un talud
Fuente: Jibson, R., (1987)

Aki (1988) afirma que se puede predecir la amplificación del movimiento en crestas y topografías convexas utilizando modelos numéricos y teóricos. Por ejemplo, para una cuña triangular infinita sujeta a la propagación de ondas SH, la amplificación estaría dada por la expresión:

$$A = \frac{2\pi(\circ)}{\varphi(\circ)} \quad (2.20)$$

Ecuación 2.20: Amplificación de una cuña triangular infinita debido a las ondas SH

Donde φ es el ángulo interno de la cuña como se observa en la Figura N° 2.10.

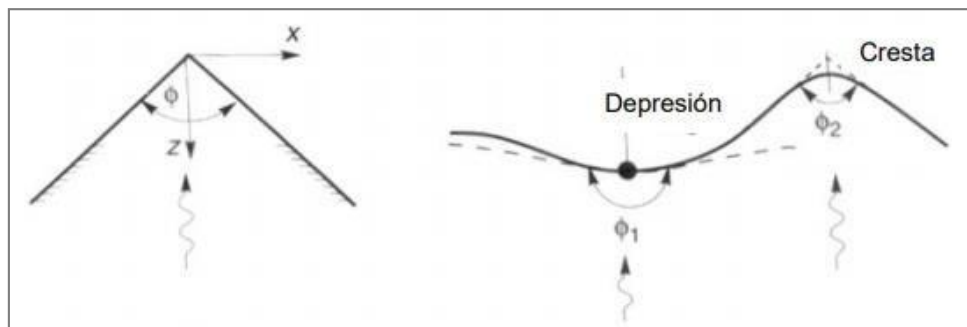


Figura 2.10: Caracterización de irregularidades topográficas simples

Fuente: Aki, (1988)

El movimiento del suelo dependerá del ángulo de incidencia de las ondas sísmicas, el cual puede provocar variaciones en el movimiento superficial con la variación del ángulo del talud. También se pueden producir interferencias destructivas y no destructivas de las ondas sísmicas reflejadas en diferentes relieves topográficos (Kawase, 1990).

2.2 PARÁMETROS SÍSMICOS

2.2.1 PROPUESTAS DE CLASIFICACIÓN SÍSMICA DEL SUELO

2.2.1.1 CÓDIGOS DE DISEÑO

Tomando en consideración las Normas actuales en diferentes países, se recopiló la información sobre la clasificación de los perfiles del Suelo, con la finalidad de poder considerar los parámetros que cada una de ellas considera. De esta forma, las normas estudiadas fueron:

- **Norma Técnica Peruana de Diseño Sismorresistente NTP 030**

La Norma Técnica Peruana presenta una clasificación de 5 perfiles (S_0 , S_1 , S_2 , S_3 , S_4) donde S_0 hace referencia a Roca Dura con $V_s > 1500$ m/s, S_1 hace referencia a Roca o suelos muy rígidos con $500 \text{ m/s} < V_s < 1500$ m/s, S_2 hace referencia a suelos intermedios con $180 \text{ m/s} < V_s < 500$ m/s, S_3 hace referencia a suelos blandos con $V_s \leq 180$ m/s y el perfil S_4 hace referencia a suelos especiales que se debe hacer por Estudios de Mecánica de Suelos (EMS).

Tabla 2.2: Clasificación de Suelos según NTP 030

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO			
Perfil	V_s	N_{60}	S_u
S_0	> 1500 m/s	-	-
S_1	500 m/s a 1500 m/s	> 50	> 100 kPa
S_2	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S_3	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S_4	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: NTP E030, (2018)

- **Norma Chilena de Diseño Sísmico NCh – 433**

La Norma Chilena hace la clasificación de suelos en 6 perfiles, tomando en consideración el V_{s30} . Siendo A roca o suelo cementado con $V_{s30} \geq 900$ m/s, el perfil B correspondiente a roca blanda o fracturada con un $V_{s30} \geq 500$ m/s, el perfil C correspondiente a suelo denso o firme con un $V_{s30} \geq 350$ m/s, el perfil D correspondiente a suelo medianamente denso o firme con un $V_{s30} \geq 180$ m/s, el perfil E correspondiente a suelo de compacidad o consistencia $V_{s30} < 180$ m/s, y el suelo F correspondiente a suelos especiales.

En comparación con la NTP 030, esta norma presenta un subtipo de suelo adicional y el margen de velocidades de onda de corte varía de 900 a 1500 para roca.

Tabla 2.3: Clasificación de Suelos según NCh – 433

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO						
Suelo Tipo		V_{s30} (m/s)	RQD	q_u (MPa)	N_1 (golpes/pie)	S_u (MPa)
A	Roca, suelo cementado	≥ 900	$\geq 50\%$	≥ 10		
B	Roca blanda o fracturada, suelo muy denso o muy firme	≥ 500		$\geq 0,40$	≥ 50	
C	Suelo denso o firme	≥ 350		$\geq 0,30$	≥ 40	
D	Suelo medianamente denso o firme	≥ 180			≥ 30	$\geq 0,05$
E	Suelo de compacidad o consistencia mediana	< 180			≥ 20	$< 0,05$
F	Suelos especiales					

Fuente: NCh – 433, (2012)

- **International Building Code IBC – 2009:**

El Código de Construcción Internacional presenta una clasificación de 6 perfiles (A, B, C, D, E, F) donde A hace referencia a Roca Dura con $V_{s30} > 1500$ m/s, B hace referencia a Roca con $760\text{m/s} < V_{s30} < 1500$ m/s, C hace referencia a suelo muy denso y roca blanda con $360\text{m/s} < V_{s30} < 760$ m/s, D hace referencia a suelos firme con $180\text{m/s} \leq V_{s30} \leq 360$ m/s, el perfil E hace referencia a suelo blando con $V_{s30} > 180$ m/s, y el perfil F hace referencia a suelos especiales que requieren de un Análisis de respuesta de sitio.

Tabla 2.4: Clasificación de Suelos según IBC – 2009

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO				
Clasificación de Suelo	Tipo de suelo	$V_{s30}(m/s)$	N (golpes/pie)	$S_u(kPa)$
A	Roca dura	> 1500	-	-
B	Roca	760 - 1500	-	-
C	Suelo muy denso y roca blanda	360 - 760	> 50	$> 95,8$
D	Suelo firme	180 - 360	15 - 50	47,9 – 95,8
	Suelo blando	< 180	< 15	$< 47,9$
E	Cualquier perfil de suelo de espesor mayor a 3m que cumpla lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> • Índice de plasticidad $IP > 20$ • Humedad $w \geq 40\%$ • Resistencia no drenada $su < 23,9$ kPa 			
F	Suelos especiales	Requieren análisis de respuesta de sitio		

Fuente: International Building Code, (2009)

- **Eurocode 8**

El Eurocode 8 presenta una clasificación de 7 perfiles (A, B, C, D, E, S₁, S₂) donde A hace referencia a Roca con $V_{s30} > 800$ m/s, B hace referencia a arenas o gravas densa o arcilla dura con $360\text{m/s} < V_{s30} < 800$ m/s, C hace referencia a depósitos profundos de arena o grava con $180\text{m/s} < V_{s30} < 360$ m/s, D hace referencia a suelos no cohesivos o de baja cohesión $V_{s30} < 180\text{m/s}$, el perfil E hace referencia a suelo con capas aluviales con $V_{s30} < 360$ m/s, y los perfiles S₁ y S₂ hace referencia a la presencia de arcillas o limos.

Tabla 2.5: Clasificación de Suelos según Eurocode 8

CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO				
Tipo de Suelo	Descripción de perfil estratigráfico	Parámetros		
		$V_{s30}(m/s)$	N_{SPT}	$S_u(kPa)$
A	Roca o formación geológica similar, incluyendo a lomás 5m de formación superficial más débil.	> 800	-	-
B	Depósitos de arena o grava muy densa, o arcilla muy dura. Al menos varias decenas de metro de espesor y caracterizado por un incremento gradual de sus propiedades mecánicas de profundidad.	360 - 800	> 50	> 250
C	Depósitos profundos de arena o grava densa a media, o arcilla dura. Espesores desde varias decenas a varias centenas de metros.	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	Depósitos de suelo no cohesivo suelto a medio (puede incluir capas de suelo cohesivo) o de suelo predominantemente cohesivo) o de suelo predominantemente cohesivo blando a firme.	< 180	< 15	< 70
E	Perfil de suelo compuesto por una capa superficial de suelo aluvial con valores de V_s de suelo C o D, y espesor variable entre 5 y 20m, sobre un material más duro con $V_s > 800m/s$			
S_1	Depósitos compuestos por, o que contengan, un estrato de al menos 10m de arcilla/limo blando con índice de plasticidad y contenido de humedad altos(IP>40)	< 100 (indicativo)	-	10 -20
S_2	Depósitos de suelos licuables, de arcillas sensibles o cualquier otro perfil no incluido en los tipos A-E o S_1			

Fuente: Eurocode 8, (2015)

2.2.2 PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN DE UN SISMO

Los movimientos telúricos son episodios altamente complejos, por lo que es muy difícil lograr delimitar todos los parámetros que ejercen influencia en este fenómeno. En la presente investigación, tras revisar la bibliografía pertinente, se ha optado por caracterizarlos a través de cuatro parámetros: la amplitud, el contenido de frecuencias, laduración y la energía. Estos serán definidos a continuación.

2.2.2.1 AMPLITUD

La amplitud es la altura de una determinada onda que se encuentra por encima de la posición cero, gracias a su registro podemos describir un movimiento sísmico el cual puede ser de aceleración, velocidad y desplazamiento. Usualmente se utiliza sus valores máximos.

- **Aceleración Máxima**

Es la mayor magnitud de amplitud de un movimiento sísmico, es decir la mayor altura de onda de un acelerograma, es utilizada debido a su relación con las fuerzas inerciales.

- **Velocidad Máxima**

La velocidad máxima corresponde al mayor valor absoluto del registro tiempo-velocidad de un sismo. Este parámetro es menos sensible a las frecuencias altas que la aceleración, por lo que es utilizado para caracterizar la amplitud a frecuencias intermedias y puede indicar de mejor manera que el PGA el potencial destructivo (Kramer, 1996).

- **Desplazamiento Máximo**

El desplazamiento máximo está asociado a las frecuencias bajas del movimiento.

2.2.2.2 CONTENIDO DE FRECUENCIAS

Como ya se mencionó en apartados anteriores, la respuesta dinámica del suelo se encuentra muy relacionada a la frecuencia con la que se le excita. Así mismo, los registros acelerográficos están compuestos por frecuencias versus sus respectivas amplitudes. De ahí la importancia de tomar en cuenta el contenido frecuencial de los movimientos telúricos.

Los espectros son representaciones gráficas que permiten visualizar más claramente el contenido de frecuencias de un sismo. En esta investigación profundizaremos un poco más en los espectros de Amplitud de Fourier y de Respuesta, que son los más utilizados hoy en día. Pero el contenido de frecuencias también puede ser definido a través de periodos individuales como son el período predominante (T_p) y el período espectral suavizado (T_{ss}).

- **Espectro de Fourier**

La Transformada de Fourier es una herramienta utilizada para describir las frecuencias de un sismo, entregando como resultado ondas harmónicas con una determinada frecuencia y amplitud.

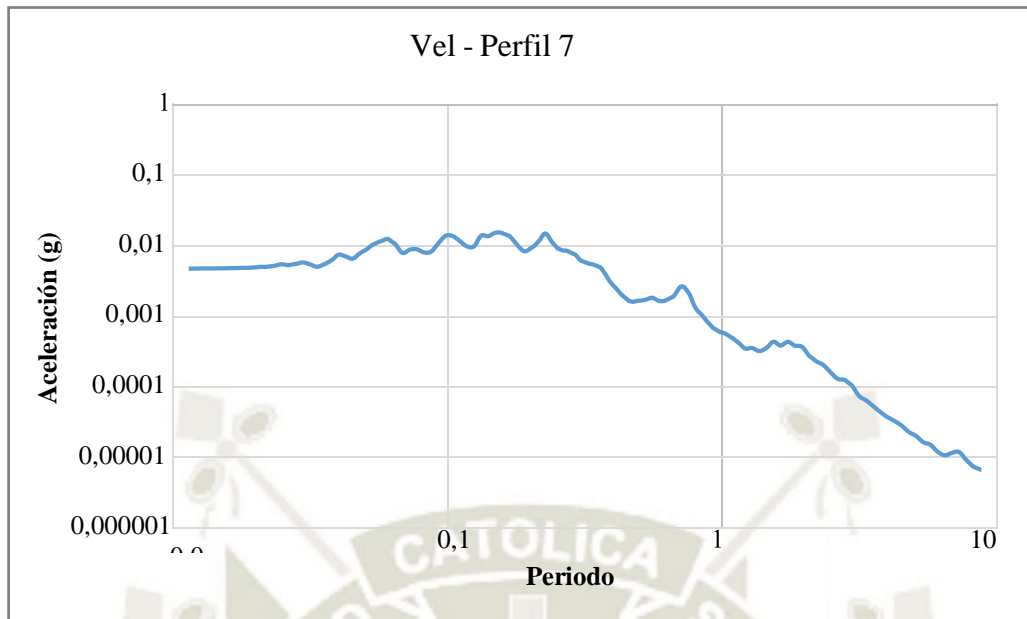


Figura 2.11: Espectro de respuesta

Fuente: Elaboración propia, (2021)

- **Espectro de respuesta**

Representa la respuesta máxima de aceleración, velocidad o desplazamiento, caracterizado por poseer un periodo fundamental y un amortiguamiento dado. Los espectros más utilizados, son los correspondientes al de las aceleraciones como un primer aporte aproximado al corte basal; los espectros tanto de velocidad como de desplazamiento son proporcionales al espectro de aceleraciones.

2.2.2.3 ENERGÍA

La energía de un movimiento sísmico está asociada tres parámetros: intensidad, contenido de frecuencias y duración y entrega una medida de la severidad con la que el mismo se presenta. La caracterización de la energía se realizará a través de la intensidad de Arias.

- **Intensidad de Arias**

Es una medida instrumental que se asocia al potencial de un sismo de generar daños en estructuras y edificaciones. Se basa en la energía de movimiento del suelo disipada uniformemente distribuidas y con diferentes frecuencias.

2.2.3 PARÁMETROS UTILIZADOS PARA LA CLASIFICACIÓN SÍSMICA DE LOS PERFILES DEL SUELO

Todos los reglamentos de diseño estructural toman en cuenta el papel fundamental que desempeña el suelo sobre el comportamiento sísmico de las construcciones. Esta influencia no se limita a la capacidad portante de la porción del suelo sobre la que se apoyan las cimentaciones. Frau C. menciona que la respuesta sísmica de las edificaciones se relaciona con una masa más importante de suelo y no con un parámetro geotécnico de un estrato determinado. Por esta razón es necesario complementar la información geotécnica puntual, con estudios geológicos locales, para entender mejor el panorama general del lugar, y de esta manera predecir de manera más real el comportamiento de un emplazamiento frente a un movimiento telúrico.

Hasta ahora ya se han mencionado los parámetros sísmicos que definen a los movimientos telúricos, pero para caracterizar adecuadamente la respuesta sísmica, se debe considerar también las condiciones particulares del subsuelo, las cuales pueden influenciar de manera importante la propagación del sismo. Estos parámetros geotécnicos están conformados principalmente por las propiedades del suelo, tanto las físico-mecánicas, como las dinámicas, las cuales se mencionan detalladamente más adelante.

Entre los fenómenos que se llegan a producir como consecuencia de condiciones geológicas locales, se pueden mencionar principalmente la amplificación geométrica de los suelos y la amplificación sísmica. Algunos autores consideran aquí el fenómeno de licuación de suelos, pero por lo general, este se analiza de manera aislada.

2.2.4 PARAMETROS DE RESISTENCIA

Mediante la caracterización de la resistencia del suelo nos permiten conocer los valores promedios que representan un perfil, en su mayoría en los 30 m iniciales de profundidad. Usualmente, suelen ser el número de golpes del SPT en el caso de los suelos no cohesivos y la resistencia no drenada en suelos cohesivos.

En nuestra norma viene representado por la siguiente fórmula:

2.2.4.1 VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE

Representa la velocidad uniforme en los 30 primeros metros, lo que permite que la onda de corte que viaja por el perfil real sea la misma en el perfil uniforme o el perfil estimado. En la actual Norma Sismorresistente Peruana E030 requiere que este parámetro sea calculado solo en los primeros 30 metros y viene representado por la siguiente fórmula:

$$V_s \left(\frac{m}{s} \right) = \frac{\sum_{i=1}^n d_i(m)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{d_i}{V_{si}} \right) (s)} \quad (2.21)$$

Ecuación 2.21: Cálculo del V_s para los primeros 30 m según NTP E030

Donde d_i y v_i son el espesor y la velocidad de onda de corte en cada estrato.

2.2.4.2 PERIODO FUNDAMENTAL

Es el período natural de vibración del depósito de suelos y está definido por las características de depósito hasta la roca, considerando un modelo de depósito 1D y una velocidad de onda de corte constante, se puede representar a, periodo fundamental en la siguiente expresión:

$$T_o(s) = \frac{4H(m)}{V_s \left(\frac{m}{s} \right)} \quad (2.22)$$

Ecuación 2.22: Cálculo del periodo fundamental

Donde H es la profundidad hasta el basamento rocoso y V_s , la velocidad de onda de corte. Se observa también, que entre mayor sea el V_s , menor es el T_0 y mientras más profundo sea el depósito, mayor es el T_0 .

2.2.5 ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SÍSMICA

Según la Teoría de Deconvolución es posible estimar el movimiento de cualquier punto de un perfil de suelo a partir de un punto cuyo movimiento es conocido. Esto se logra utilizando funciones de transferencia, ya que estas permiten relacionar movimientos ubicados a diferentes profundidades.

Como se puede observar en la Figura N° 2.12, cualquier depósito de suelos se haya conformado por un número “n” de estratos. Para analizar la respuesta sísmica de este depósito es necesario hallar la función de transferencia entre la superficie (s) y el basamento rocoso (r).

1	$A_{1r} B_1$	$\rho_{1r} h_{1r} G_{1r} D_1$
2	$A_{2r} B_2$	$\rho_{2r} h_{2r} G_{2r} D_2$
3	$A_{3r} B_3$	$\rho_{3r} h_{3r} G_{3r} D_3$
:		
n	$A_{nr} B_n$	$\rho_{nr} h_{nr} G_{nr} D_n$
n+1	$A_{n+1r} B_{n+1}$	$\rho_{n+1r} h_{n+1r} G_{n+1r} D_{n+1}$
:		
:		
:		
	$A_r B_r$	$\rho_r h_r G_r D_r$
Basamento Rocoso		

Figura 2.12: Depósito de suelo con sus estratos correspondientes.

Fuente: Godoy C., (2014)

Donde A representa la amplitud de onda cuando esta es transmitida hacia arriba (-z) y B la amplitud de onda transmitida hacia abajo (+z).

La ecuación unidimensional de una onda de corte que se propaga verticalmente a través de un medio elástico es:

$$\rho \frac{\partial^2 u(z, t)}{\partial t^2} = \frac{\partial \tau}{\partial z'} \quad (2.23)$$

Ecuación 2.23: Ecuación unidimensional de una onda de corte que se propaga verticalmente a través de un medio elástico

Donde ρ es la densidad del suelo, τ es el esfuerzo de corte, u es el desplazamiento del suelo fuera del plano de propagación, z es la profundidad y t el tiempo.

Si se asume que cada estrato se comporta siguiendo el modelo visco-elástico Kelvin-Voigt, entonces el esfuerzo de corte estaría representado con la siguiente expresión:

$$\tau \left(\frac{Kg}{m^2} \right) = Gy(z, t) + G' \frac{dy(z, t)}{dt} \quad (2.24)$$

Ecuación 2.24: Esfuerzo de corte de un depósito de suelos que se comporta según el modelo visco-elástico Kelvin-Voigt

Donde G es el módulo de corte, G' es la viscosidad equivalente y y es la deformación. Entonces la nueva ecuación de onda sería:

$$\rho \frac{d^2 u(z, t)}{dt^2} = G \frac{d^2 u(z, t)}{dz^2} + G' \frac{d^3 u(z, t)}{dz^2 dt} \quad (2.25)$$

Ecuación 2.25: Ecuación de propagación onda

Para poder resolver dichas ecuaciones se han establecido algunas condiciones de frontera y de continuidad, enumeradas a continuación:

- El esfuerzo cortante en la superficie es nulo, por tal motivo las amplitudes A y B son iguales en ese punto.
- Los desplazamientos entre estratos deben ser compatibles, es decir, el desplazamiento en la parte superior de una capa debe ser igual al desplazamiento en la parte inferior del estrato ubicado justo por encima de esta.
- Los esfuerzos cortantes entre estratos deben ser compatibles, es decir, tensión en la parte superior de una capa debe ser igual a la tensión en la parte inferior del estrato ubicado justo por encima de esta.

2.2.5.1 ENFOQUE LINEAL

Si el problema se está considerando desde el enfoque lineal, se puede asumir que las ondas verticales de corte están dadas por la suma de ondas armónicas, las mismas que se caracterizan por mantener su amplitud y frecuencia constantes.

De igual manera se puede aplicar el principio de superposición de ondas el cual dice que dos o más ondas que coinciden en un punto o una región del espacio, dan como resultado a una nueva onda equivalente a la sumatoria de todas las ondas. En el caso de un depósito

estratificado, la ecuación de onda para la capa n, se calculará de acuerdo a la expresión:

$$u_n(z_n, t) = A_n e^{i(\omega t + k_n z_n)} + B_n e^{i(\omega t - k_n z_n)} \quad (2.26)$$

Ecuación 2.26: Ecuación de propagación onda para la “n” capa en un depósito estratificado

Aplicando las condiciones de frontera y continuidad enlistadas en el acápite anterior, para dos estratos n y m, se obtiene la siguiente función de transferencia:

$$TF_{m,n}(\omega) = \frac{A_m + B_m}{A_n + B_n} \quad (2.27)$$

Ecuación 2.27: Función de transferencia para dos estratos “n” y “m”

Y la función de transferencia entre la superficie (s) y el basamento rocoso (r) sería:

$$TF_{s,r}(\omega) = \frac{u_s(z=0, t)}{u_r(z=0, t)} = \frac{2A_s}{A_r + B_r} \quad (2.28)$$

Ecuación 2.28: Función de transferencia entre la superficie “s” y el basamento rocoso “r”

La respuesta sísmica del estrato de interés se obtiene de multiplicar la función de transferencia por el espectro de Fourier.

$$Y_m(\omega) = TF_{m,n}(\omega) * Y_n(\omega) \quad (2.29)$$

Ecuación 2.29: Espectro de Fourier de un estrato “m”

Donde Y_n es el espectro de Fourier del registro incidente, $TF_{m,n}$ es la función de transferencia que relaciona el punto conocido con el de interés y Y_m es el espectro de Fourier del estrato de interés, que generalmente es la superficie.

2.2.5.2 ENFOQUE LINEAL-EQUIVALENTE

El enfoque lineal equivalente fue propuesto por Seed e Idriss en el año 1970. Este está basado en el enfoque lineal, pero agrega los conceptos de reducción del módulo de corte (G/G_0) y de amortiguamiento (D), a modo de obtener una mejor aproximación a la no linealidad de la respuesta del suelo.

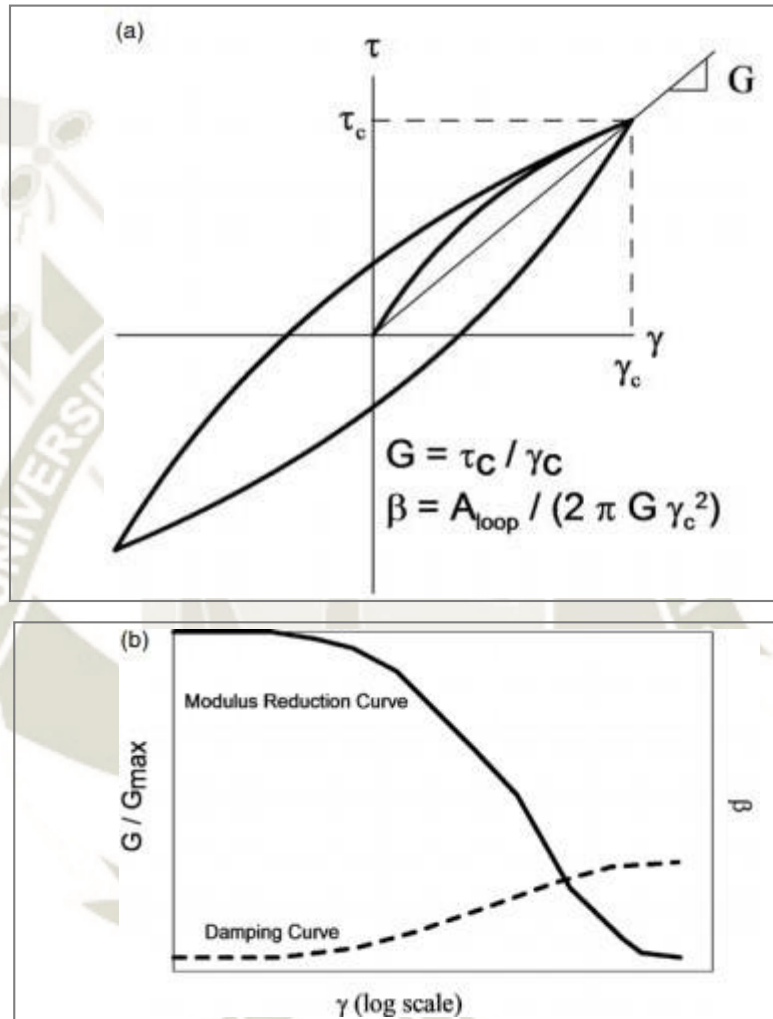


Figura 2.13: a) Curva histerética b) Curvas de variación del módulo de corte (G/G_{max}) y de amortiguamiento en función de la deformación.

Fuente: National Academies of Sciences, (2012)

El análisis lineal equivalente utiliza un procedimiento iterativo con estimaciones iniciales de G y D para bajas deformaciones. En cada iteración se calcula la deformación efectiva, la cual equivale al 65% de la deformación pico (Kramer, 1996) y, a partir de esta, se obtienen nuevas aproximaciones de las propiedades G y D . Este proceso se repite hasta que el módulo de

corte y la amortiguación calculadas sean compatibles con la deformación alcanzada por cada estrato.

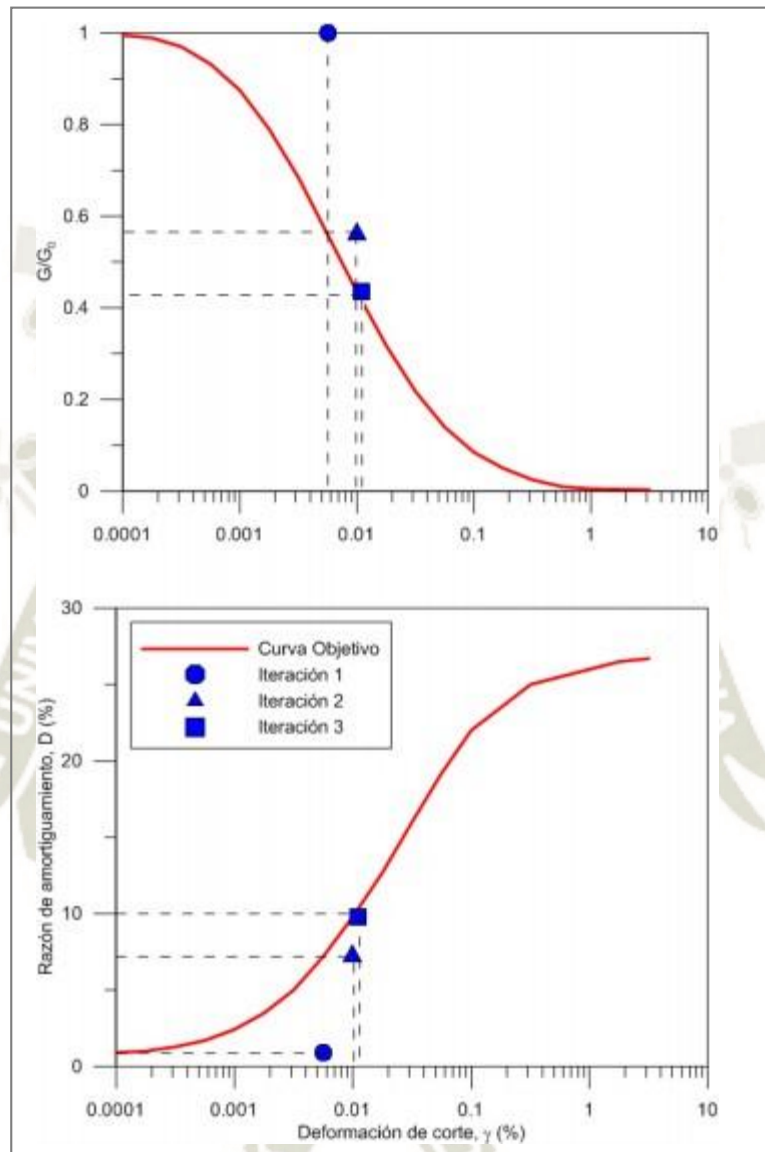


Figura 2.14: Proceso de iteraciones del método lineal-equivalente.

Fuente: Godoy C. et al., (2014)

Este método de análisis es el más utilizado actualmente y algunas de sus ventajas son:

- Requiere pocos parámetros de entrada, los cuales ya han sido estudiados por lo que se encuentran bien definidos y son fáciles de obtener con ensayos in situ y de laboratorio.
- Amplia experiencia con su aplicación

- Existe una amplia variedad de programas computacionales que utilizan este método de análisis para evaluar la respuesta sísmica de sitio. Algunos ejemplos son los softwares SHAKE, EERA, Deepsoil, Strata, SUA, entre otros.

Los resultados del análisis lineal equivalente no son necesariamente confiables (Practices and Procedures for Site-Specific Evaluations of Earthquake Ground Motions, 2012). Assimaki et al. (2008) identificó algunas condiciones para las cuales era preferible utilizar métodos de análisis no lineales en lugar de metodologías aproximadas. El método lineal equivalente, por ejemplo, no toma en cuenta el efecto de la presión de poro y la influencia de esta sobre otras propiedades físico-mecánicas del suelo, por lo tanto, no se recomienda utilizar este método en casos donde las deformaciones por corte sean "altas", ya que no existe un consenso sobre el límite para el cual este método funciona adecuadamente.

A pesar de estas limitaciones, es probable que el análisis lineal equivalente siga siendo una herramienta utilizada no solo como la "primera aproximación" de la respuesta del sitio, sino también para la calibración de modelos no lineales más avanzados.

2.2.5.3 ENFOQUE NO LINEAL

El enfoque no lineal es llamado también bidimensional debido a que considera que el sismo produce movimiento tanto en el eje vertical como en el horizontal en el depósito de suelos. Esta bidimensionalidad genera ondas superficiales (en especial las ondas Rayleigh), las cuales influyen de manera importante en la respuesta sísmica de sitio, lo que a su vez genera un aumento del riesgo sísmico.

Este enfoque fue propuesto por Hashash, Groholski y Phillips en el año 2010 y propone que la respuesta de suelo se obtiene utilizando un modelo que represente el comportamiento cíclico de este. Este método se puede representar con un oscilador de n grados de libertad, el cual se rige por la siguiente ecuación:

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = -[M]\{I\}\ddot{u}_g \quad (2.30)$$

Ecuación 2.30: Ecuación matricial que rige la vibración de un oscilador de “ n ” grados de libertad.

Donde $[M]$ es la matriz de masa, $[C]$ es la matriz de amortiguamiento viscoso, $[K]$ es la matriz de rigidez, $\{\ddot{u}\}$ es el vector de aceleraciones nodales relativas, $\{\dot{u}\}$ es el vector de velocidades nodales relativas, $\{u\}$ es el vector de desplazamientos nodales relativos, \ddot{u}_g es la aceleración basal e $\{I\}$ es el vector unitario.

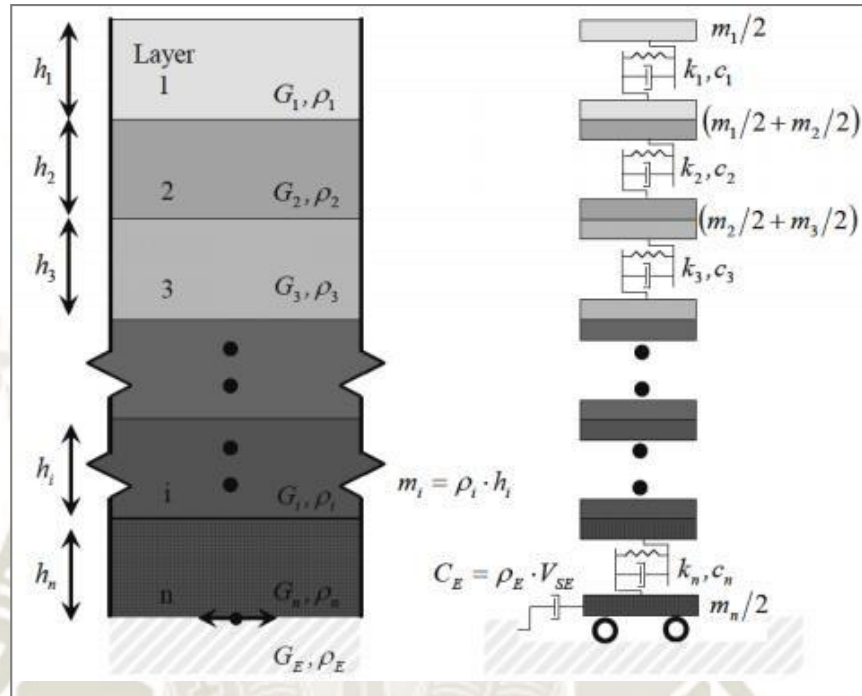


Figura 2.15: Simplificación de un modelo de depósito de suelos a un oscilador de grados de libertad.

Fuente: Hashash, (2010)

2.3 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

Título: Correlación entre el perfil de velocidad de propagación de ondas de corte y el espectro de respuesta en suelos.

Autor: Camilo Ignacio Pinilla Ramos Fecha: Enero del 2012

País: Chile

En esta investigación se realizó el análisis de la respuesta sísmica de nueve sitios ubicados en la zona centro-sur de Chile, tomando como referencia el registro sísmico del terremoto de Maule (2010). El método geofísico utilizado para obtener los perfiles de velocidades fue el SASW (Spectral Analysis of Surface Waves). Y lo que se buscaba era correlacionar los parámetros de la respuesta sísmica con los perfiles de velocidad de ondas de corte y el espectro de diseño que define la norma Nch433 y el decreto 117 de acuerdo a la clasificación

del V_{S30} .

Como conclusiones pudimos observar:

- Se observó que SASW es un método eficiente para estudiar y clasificar suelos y rocas. Sin embargo, para obtener el valor V_{S30} es necesario medir hasta al menos de 40 m a 45 m de profundidad.
- No se observó una correlación entre el V_{S30} y el período predominante de la respuesta sísmica del suelo.
- Se concluyó que el V_{S30} no es un parámetro que sea suficiente para predecir la respuesta sísmica de los suelos chilenos. (Pinilla, 2012)

Título: Importancia de la velocidad de onda de corte y del período predominante para la evaluación de la respuesta de sitio en Santiago

Autor: Cristian Godoy, Lenart González y Esteban Sáez

Fecha: Abril del 2015

País: Chile

En este artículo se estudió la respuesta sísmica en diferentes sitios de Santiago utilizando el método lineal-equivalente. Para tal fin, se planteó una metodología para establecer perfiles equivalentes de V_s hasta el contraste de impedancia predominante. Seguidamente se comparó la respuesta modelada con la real. Finalmente, se realizó un estudio paramétrico de respuesta de sitio considerando la variación de la profundidad y la estratigrafía de la cuenca de Santiago.

Como conclusiones pudimos observar:

- Luego de comparar la respuesta modelada con la real, se concluyó que, en ese caso, el método lineal equivalente brindó una representación adecuada de la realidad.
- Se evidenció la importancia de utilizar el período predominante en conjunto con el V_s para una caracterización dinámica adecuada de los sitios estudiados. (Godoy et al., 2015)

Título: Análisis comparativo de la respuesta sísmica de sitio No Lineal y Lineal equivalente en el área urbana de la ciudad de Managua, Nicaragua.

Autor: Walter Castillo y Eddy Zepeda Fecha: Abril del 2013

País: Nicaragua

Esta investigación hace una comparación entre dos métodos de análisis: el lineal equivalente y el no lineal. Para ello se seleccionaron cinco lugares de la ciudad de Managua, se

determinaron los perfiles de velocidad hasta la profundidad del basamento rocoso y se procedió a hacer los respectivos análisis. (Castillo, Zepeda, 2013)

Como conclusiones pudimos observar:

- Los espectros de respuesta que se obtuvieron mediante el análisis no lineal poseían menores aceleraciones espectrales.
- Las amplitudes espectrales que se obtuvieron utilizando el método no lineal fueron menores que las obtenidas con el método lineal equivalente.
- Las aceleraciones obtenidas mediante ambos métodos obtuvieron aceleraciones menores a las mostradas en el Reglamento Nacional RNC-07. (Castillo, Zepeda, 2013)

Título: Análisis lineal equivalente de la respuesta sísmica de sitio en los recintos: Rubén Darío-Managua, FAREM-Chontales y FAREM-Carazo, de la UNAN Managua.

Autor: Luis Olivares y Osman Quintana Fecha: Mayo del 2014

País: Nicaragua

En esta investigación se realizó la evaluación de la respuesta sísmica por medio del análisis lineal equivalente para tres sedes de la UNAN de Managua. Los modelos de velocidad de propagación de onda se obtuvieron a partir del procesamiento de registros de la prueba de penetración estándar (SPT). Se implementó una metodología para ampliar la profundidad de exploración, y poder obtener el parámetro V_{s30} . Los datos fueron procesados utilizando el Software DEEPSOIL V5.0.

Como conclusiones pudimos observar:

- Se observó que los perfiles de velocidad obtenidos mediante el ensayo SPT y posteriormente ampliados hasta la profundidad de 30 metros son bastante acertados en comparación con el modelo de V_s estimado por Obando, Ryden, & Ulriksen, (2011); por lo que el método resultó eficiente para tal fin.
- Los resultados de este trabajo permiten afirmar que los períodos naturales establecidos para los espectros de diseño del RNC-07 se definen para un intervalo bastante amplio, lo que puede definirse como sobre-diseño. (Olivares, Quintana, 2014)

CAPITULO III

3 CARACTERIZACIÓN SÍSMICA Y GEOLÓGICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 SISMICIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Perú se encuentra ubicado dentro del borde occidental de América del Sur, región caracterizada por ser una de las más sísmicamente activas del mundo. La actividad sísmica más importante del país es la originada por la subducción de la placa oceánica de Nazca bajo la placa continental Sudamericana. La fuerza de compresión que existe entre ambas placas se libera en forma de energía, la cual genera terremotos de gran magnitud con relativa frecuencia. El otro tipo de actividad sísmica presente en la región es originado por la actividad de fallas geológicas superficiales (sismo continental), que también generan sismos de considerable magnitud en el interior del continente.

Este proceso de subducción ha propiciado la formación de algunas unidades tectónicas característizada en ambos extremos del margen convergente, las cuales son: La Cordillera de los Andes, la Dorsal de Nazca, la Fosa oceánica Perú-Chile, la Fractura de Mendaña, la Cadena Volcánica y los diferentes Sistemas regionales de Fallas.

- **La Cordillera de los Andes**, es la resultante más importante de la convergencia entre las placas Nazca y Sudamericana. Se extiende desde Venezuela hasta el Sur de Chile y es un claro ejemplo de una estructura formada por el proceso de subducción de una placa oceánica bajo una placa continental. Las principales unidades estructurales formadas por la formación de esta cordillera son: la franja costera, las Cordilleras Occidental y Oriental, el Altiplano y la zona Subandina (Tavera y Buforn, 1998; Audebaud et al., 1973; Dalmayrac et al., 1987).
- **La Dorsal de Nazca**, es una cordillera oceánica localizada en el extremo NO de la región Sur de Perú, frente al departamento de Ica. Posee una orientación NE-SO perpendicular a la línea de la fosa peruano-chilena (entre 15° y 24° sur). La forma de la dorsal de Nazca es marcadamente asimétrica, siendo esta una característica determinante para los procesos geodinámicos que se producen en dicha región. Estudios recientes, sobre anomalías magnéticas, podríamos considerar la hipótesis de que la Dorsal de Nazca debe su origen a una antigua zona de creación de corteza que cesó su actividad hace 5 a 10 millones de años aproximadamente (Udias y Mezcuca, 1997; Marruecos, 1980; Sebrier et al, 1985).

- **La Fosa oceánica Perú-Chile**, es una depresión en el fondo oceánico que se extiende desde Perú hasta Chile, abarcando alrededor de 5000 Km. y cuya profundidad máxima es de 7,415 m. Está conformada por las siguientes cuencas: Tumbes, Talara, Lancones, Sechura, Salaverry, Lima, Pisco, Moquegua y Mollendo, que limitan entre sí por medio de levantamientos tectónicos mayores, denominados “Altos”. La fosa transcurre paralela a la costa, siguiendo una orientación predominante NO-SE, con un ligero cambio frente a la Dorsal de Nazca.
- **La Fractura de Mendaña**, es una discontinuidad de la corteza oceánica ubicada frente al departamento de Ancash. Posee una orientación perpendicular a la fosa peruano- chilena. Su origen se asocia a una antigua zona de divergencia de placas (Yamano y Uyeda, 1990).
- **La Cadena Volcánica**, se extiende a lo largo de varios países sudamericanos, ubicándose la región Central de esta en el Sur del Perú, por debajo de la deflexión de Abancay. En la zona central y norte del país la actividad volcánica desapareció hace 8 millones de años (Marocco, 1980), se cree que la causa fue debido al modo de subducción de la placa de Nazca bajo la placa continental Sudamericana.
- **Los sistemas regionales de fallas**, son zonas en donde se observan deformaciones debido a una ruptura frágil en la corteza terrestre, resultante del proceso de subducción de la Placa de Nazca bajo la Sudamericana. Estas fallas se encuentran distribuidas de forma discontinua, siendo más recurrentes en la región comprendida entre el borde este de la Cordillera Oriental y la zona Subandina del Perú, mientras que en el Altiplano y la Alta Cordillera se encuentran en menor número.

Gracias a la recopilación y análisis de diversas fuentes bibliográficas realizado por Tavera se han podido establecer algunas características asociadas a la actividad sísmica del Perú. De esta manera los sismos del país pueden clasificarse, según la profundidad a la que se originan, en:

- Sismos con focos superficiales ($h \leq 60\text{km}$),
- Sismos con profundidad intermedia ($60\text{km} \leq h \leq 300\text{km}$)
- Sismos con foco profundo ($h > 300\text{km}$).

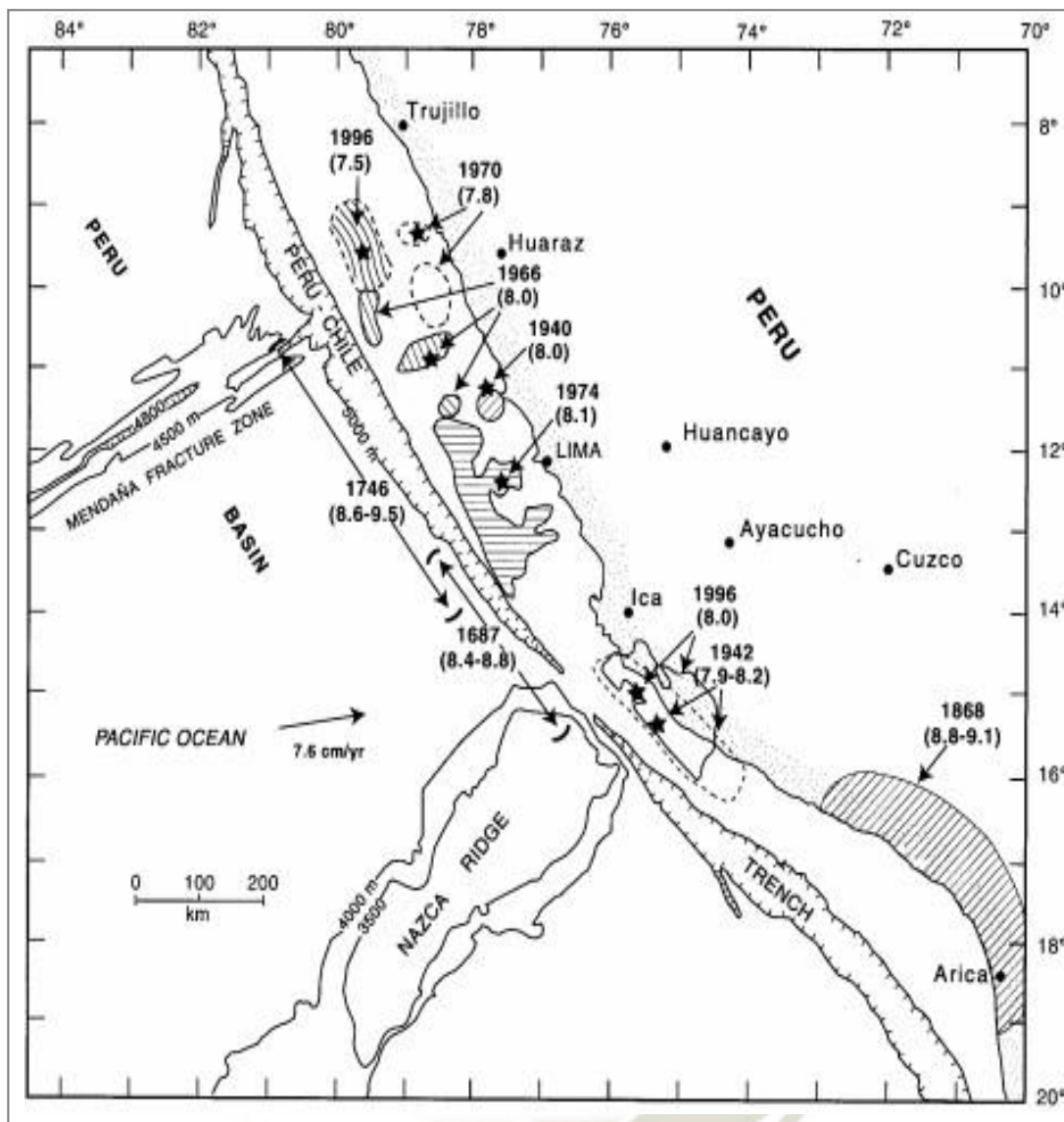


Figura 3.1: Elementos tectónicos formados como consecuencia de la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana.

Fuente: Spence y Mendoza, (2018)

Es importante conocer la historia sísmica de un país ya que esta información permite predecir los posibles parámetros máximos de los futuros movimientos telúricos. La información sísmica del Perú, dependiendo de su medio de obtención, se puede dividir en dos grandes grupos: la información histórica, es decir, aquella que se ha obtenido a través de la recopilación de fuentes tales como folletos, revistas, periódicos, etc. y la instrumental, la cual proviene de los datos registrados por las diferentes estaciones acelerográficas que se han ido instalando en el país.

3.1.1 HISTORIA SÍSMICA DE PERÚ Y AREQUIPA

La denominada “sismicidad histórica” del Perú abarca todos los eventos sísmicos ocurridos dentro de los años 1471 a 1960, y se le conoce así porque la mayoría de la información de este periodo con la que se cuenta proviene de fuentes como relatos de cronistas e historiadores, cartas, periódicos, relatos y testimonios. Existen diferentes autores que se han encargado de revisar todas estas fuentes bibliográficas y realizar diferentes recopilaciones, unas más completas que otras. Los trabajos más conocidos son: “Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú”, realizado por Silgado Ferro, así como la trilogía de catálogos sísmicos, de isosistas y de mecanismos focales elaborados por el Ingeniero Hernando Tavera bajo la dirección del Instituto Geofísico del Perú. Ambos autores coinciden que la primera información sísmica del país se remonta al año 1471. Pero la calidad de estos datos depende de la distribución y densidad de la población en los lugares afectados por los movimientos telúricos (Tavera y Buforn, 1998). Esto explica el porqué se han identificado mayor cantidad de sismos a lo largo de la costa central y sur, ya que eran las regiones más habitadas.

En el presente listado, algunos de los últimos sismos poseen información de su intensidad, la cual se encuentra en la escala Mercalli Modificada, en todos los casos. Es importante señalar que la intensidad sísmica es un valor numérico que relaciona a los sismos con el efecto que estos causan sobre las personas, las edificaciones y la naturaleza y se ha dividido de la siguiente manera: Las intensidades comprendidas entre I y V, son propias de los sismos que han tenido efecto sobre las personas y la vibración de los objetos, las viviendas aquí incluidas. Mientras que las intensidades que van de VI hasta VIII, definen a aquellos sismos que han generado efectos sobre las construcciones y la naturaleza. Es importante recalcar que este tipo de escalas son subjetivas y se ven notablemente influenciadas por la experiencia del observador.

A continuación, se muestra la relación de sismos históricos más notables sucedidos en el Perú, enfocándonos en aquellos cuyos epicentros estuvieron localizados en la región de Arequipa y sus inmediaciones, o que tuvieron consecuencias resaltables en esta zona:

- Sismo ocurrido entre 1471 y 1493 (se desconoce la fecha exacta): Gran sismo cuyo epicentro probable fue la actual ciudad de Arequipa. Provocó la muerte de la población ahí asentada y provocó la erupción del volcán Misti.

- 10 de agosto de 1555: Ocurrieron varios temblores que causaron víctimas y daños en las viviendas españolas asentadas en Arequipa.
- Agosto 10 de 1555: Ocurrieron varios temblores que causaron víctimas y daños en las viviendas españolas asentadas en Arequipa.
- Enero 22 de 1582: Terremoto dejó en ruinas la ciudad de Arequipa. Dejó 82 víctimas, derrumbó alrededor de 300 casas y causó serios daños en los templos San Francisco y La Merced. El movimiento provocó el asentamiento por consolidación debido al descenso del nivel freático, y la ciudad se inundó.
- Julio 09 de 1586: Terremoto asoló Lima, dejando víctimas fatales. Según el relato del Virrey, el movimiento sísmico se propagó unos 1000 Km., desde Trujillo hasta Caravelí.
- Sismo ocurrido entre 1590: Temblor fuerte que estremeció la Costa Sur del país, sobretodo el poblado de Camaná.
- Febrero 19 de 1600: Fuerte temblor en Arequipa causado por la explosión del cráter del volcán Huaynaputina (Omate). Hubieron alrededor de 200 réplicas.
- Noviembre 24 de 1604: Gran terremoto, acompañado de un tsunami tuvieron lugar en la Costa Sur. Las ciudades de Arequipa, Ica, Moquegua, Tacna y Arica sufrieron graves daños.
- Octubre 21 de 1687: Fuerte sismo en Arequipa causó serios daños en templos y viviendas. También ocasionó estragos en los valles de Siguas y Majes.
- Agosto 22 de 1715: Sismo destructor en el Sur del Perú afectando a los pueblos de Arequipa, Tacna, Arica y Moquegua. Muchas casas arequipeñas quedaron inhabitables.
- Enero 08 de 1725: Gran terremoto azotó Arequipa, destruyendo templos y la mayor parte de las casas. El movimiento fue seguido por una gran polvareda que cubrió toda la ciudad.
- Marzo 27 de 1725: Gran sismo que afectó toda la Costa Sur del país. Sufrió daños el pueblo de Camaná debido a la salida del mar.
- Mayo 13 de 1784: Terremoto en Arequipa que dejó 54 víctimas. Los edificios, las viviendas y el empedrado de las calles sufrieron daños. Asimismo, afectó a las poblaciones situadas a 100 Km. a la redonda.
- Enero 03 de 1812: Fuerte temblor azotó Arequipa. Duró 50 segundos.

- Julio 10 de 1821: Movimiento telúrico que causó importantes daños en los pueblos de Camaná, Ocoña, Caravelí, Chuquibamba y el valle de Majes. Dejó un saldo de 162 muertos.
- Octubre 08 de 1831: Temblor muy fuerte en el sur del Perú. Se sintió en Arica, Arequipa, Tacna y Moquegua.
- Setiembre 18 de 1833: Un terremoto dejó en escombros la ciudad de Tacna, y causó importantes daños en Moquegua, Arequipa, Sama, Arica, Torata, Locumba e Ilabaya.
- Mayo de 1845: Sismo que azotó Arequipa y causó daños.
- Junio 03 de 1845: Hubo en Arequipa un sismo acompañado de bastante ruido. Esa misma noche hubo 4 temblores más.
- Agosto 13 de 1868: Terremoto de grado XI, acompañado de tsunami. El historiador J. T. Polo se refiere a este sismo como uno de los más fuertes sucedidos en el Perú. El epicentro fue cerca al puerto de Arica y fue sentido hasta 1400 Km. al NE y 224 Km. al E. La Catedral de Arequipa quedó en ruinas y se cayeron la mayor parte de sus templos, el local del Cabildo y muchos establecimientos públicos y privados. Tuvo alrededor de 400 réplicas hasta el 25 de agosto.
- Agosto 24 de 1869: Fuerte movimiento sísmico en Arequipa, Tacna, Arica y Bolivia. Tuvo una duración de un minuto y medio.
- Mayo 09 d 1877: Terremoto destructor azotó Mollendo, Ilo y Arica. Fue seguido de un tsunami que inundó los puertos de Ilo y Arica.
- Enero 23 de 1878: Terremoto que se sintió en Arequipa y Tacna y produjo el derrumbe de varias casas.
- Julio 28 de 1913: Violento sismo que sacudió la Costa Sur del país produjo una avalancha submarina que provocó la rotura de tres cables submarinos pertenecientes a la Compañía Americana de Telégrafo. Estos se encontraban a 4200 metros de profundidad.
- Agosto 06 de 1915: Terremoto de poca duración dejó en ruinas al poblado de Caravelí, destruyendo sus edificaciones y ocasionando el derrumbe de las laderas del valle.
- Diciembre 28 de 1915: Fuerte temblor en Caravelí, rajó las viviendas, agrietó parte de las torres de la iglesia y causó deslizamientos en los cerros.
- Mayo 21 de 1917: Violento movimiento telúrico dejó en ruinas el poblado de Caylloma. Hubo 22 muertos y varios heridos.

- Octubre 07 de 1920: Terremoto cuyo epicentro fue el límite entre Arequipa y Ayacucho, dejó varias pérdidas materiales y humanas.
- Octubre 11 de 1922: Sismo fuerte azotó Caravelí. Los daños se extendieron hasta Arequipa y Mollendo, donde causó daños de consideración.
- Agosto 05 de 1932: Violento temblor en la ciudad de Arequipa que alcanzó una intensidad de VI Escala MM. Hubo réplicas durante las 24 horas siguientes al evento.
- Diciembre 09 de 1932: Temblor de carácter regional azotó los departamentos de Lima, Ica, Arequipa, Ayacucho y Apurímac. Su epicentro fue en el valle de Acarí.
- Octubre 11 de 1939: Sismo con epicentro localizado a 65o Km. al SE de Lima, cuyos efectos se sintieron hasta Moquegua y Arequipa.
- Agosto 24 de 1942: Terremoto con epicentro ubicado en el límite entre Ica y Arequipa dejó 30 víctimas. Su intensidad fue de IX Escala MM y fue sentido en un área de 18000 Km².
- Mayo 11 de 1948: Fuerte movimiento sísmico azotó la región Sur del país, afectando a los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna. Los efectos destructores fueron máximos dentro de un área aproximada de 3500 Km².
- Julio 20 de 1948: Sismo de intensidad VI-VII Escala MM azotó las poblaciones de Caravelí y Chuquibamba. Se sintió en Lima, Arequipa, Moquegua y Ayacucho.
- Marzo 04 de 1951: Sismo originado en las proximidades de Chala, alcanzó una intensidad de VI Escala MM en Caravelí, donde fue ligeramente destructor.
- Febrero 20 de 1952: Sismo ligeramente destructor tuvo su epicentro en la provincia de La Unión, departamento de Arequipa, donde resultaron varias casas dañadas.
- Julio 21 de 1955: Movimiento sísmico de intensidad VI Escala MM, que se sintió a lo largo de la costa, desde Chincha hasta Tarapacá, Chile. En Arequipa ocasionó agrietamientos en las paredes y el derrumbe de la Iglesia del Beaterio.
- Enero 15 de 1958: Terremoto en Arequipa de intensidad VII Escala MM, dejó 28 muertos y 133 heridos. Todas las casas construidas a base de sillar sufrieron serios daños. Los distritos más afectados fueron Tiabaya, Sabandía, Miraflores y Yarabamba.
- Julio 19 de 1959: Intenso y prolongado movimiento sísmico de intensidad V-VII Escala MM, azotó los departamentos de Arequipa, Moquegua, Cuzco, Puno, Tacna y el Norte de Chile, hasta Antofagasta. En la ciudad de Arequipa ocasionó las roturas de la red de agua potable.

- Enero 13 de 1960: Un terremoto de intensidad IX Escala MM, azotó el departamento de Arequipa, dejando 63 víctimas mortales y centenares de heridos. Chuquibamba, Caravelí, Cotahuasi, Omate, Puquina y Moquegua quedaron casi en ruinas. En la ciudad de Arequipa solo resistieron bien los edificios antisísmicos construidos por el Servicio Cooperativo Interamericano.
- Marzo 09 de 1960: Violenta réplica del terremoto del 13 de enero tuvo lugar en la ciudad de Arequipa y poblaciones vecinas. El distrito que más daños sufrió fue el de Miraflores donde los techos y las paredes de las casas se rajaron, y se cayeron algunas cornisas.

3.1.2 SISMICIDAD INSTRUMENTAL EN EL PERÚ Y AREQUIPA

La sismicidad instrumental permite conocer de manera más precisa y objetiva datos relacionados a la hora, origen, posición geográfica, profundidad y magnitud de los eventos telúricos. La obtención de datos instrumentales de sismos peruanos se remonta a comienzos del siglo XX. El primer acelerógrafo que se instaló en el Perú, fue en el año 1944, en Lima, gracias a una alianza entre el U.S. Coast and Geodetical Survey (USGS) y el Instituto Geofísico del Perú (Knudson y Perez, 1977). La base de datos sísmicos peruanos con la que se cuenta para la década de los años 60 proviene del catálogo de la red sísmica mundial (USGS). Es a partir de la década de los 80 que esta información cuantitativa fue mejorando de calidad progresivamente, gracias al incremento del número de estaciones sísmicas en el país. En la actualidad, la información instrumental obtenida permite tener mayor conocimiento sobre la calidad del suelo en cada región, lo que contribuye a la mejora de la norma sismorresistente y permite cuantificar los daños producidos por los sismos.

3.1.2.1 ANÁLISIS DE DATA SÍSMICA

Los acelerógrafos son instrumentos que permiten obtener la aceleración del suelo en función del tiempo, durante un movimiento sísmico. Su periodo natural está comprendido entre 0 s y 0.1 s, mientras que su amortiguamiento oscila entre el 50 y el 100% del amortiguamiento crítico. Es gracias a estas características que después de cada oscilación el acelerómetro sigue listo para registrar la información de nuevos movimientos.

Para procesar la información recolectada por estos instrumentos, se siguen 4 pasos: Corrección por línea base, filtrado de la señal, obtención de las historias de velocidad - desplazamiento y finalmente obtención de los espectros de Fourier y Seudoaceleración. En la Red Acelerográfica nacional se utiliza el programa “Sistema Inteligente para Procesamiento Acelerográfico - SIPA” para tal fin. Este software, mediante la utilización de algoritmos inteligentes, separa la información proveniente de los sismos del llamado “ruido”, es decir, información generada a partir de movimientos producidos por fuentes no sísmicas como son el tránsito vehicular, construcciones cercanas, equipamientos pesados, etc. Luego, siguiendo los pasos mencionados, el programa es capaz de determinar velocidades, desplazamientos, espectros de Fourier y espectros de Respuesta.

A continuación, se explicarán brevemente los pasos necesarios para procesar la información acelerográfica.

- **Corrección por línea base**

También llamada corrección de ceros. Este paso consiste en corregir los datos del acelerograma a partir del promedio de todos los valores tomados para así eliminar el error que se origina debido a que el acelerógrafo no se encuentra correctamente nivelado o porque el sistema de registro provoca una deriva de los datos con respecto a la línea base. Es importante realizar este paso ya que, aunque estas desviaciones de la línea base suelen ser mínimas y analizando solo la aceleración no representan una gran incidencia, al momento de hallar las velocidades y los desplazamientos por métodos de integración, este error aumentará, linealmente en el caso de la velocidad y parabólicamente para el desplazamiento.

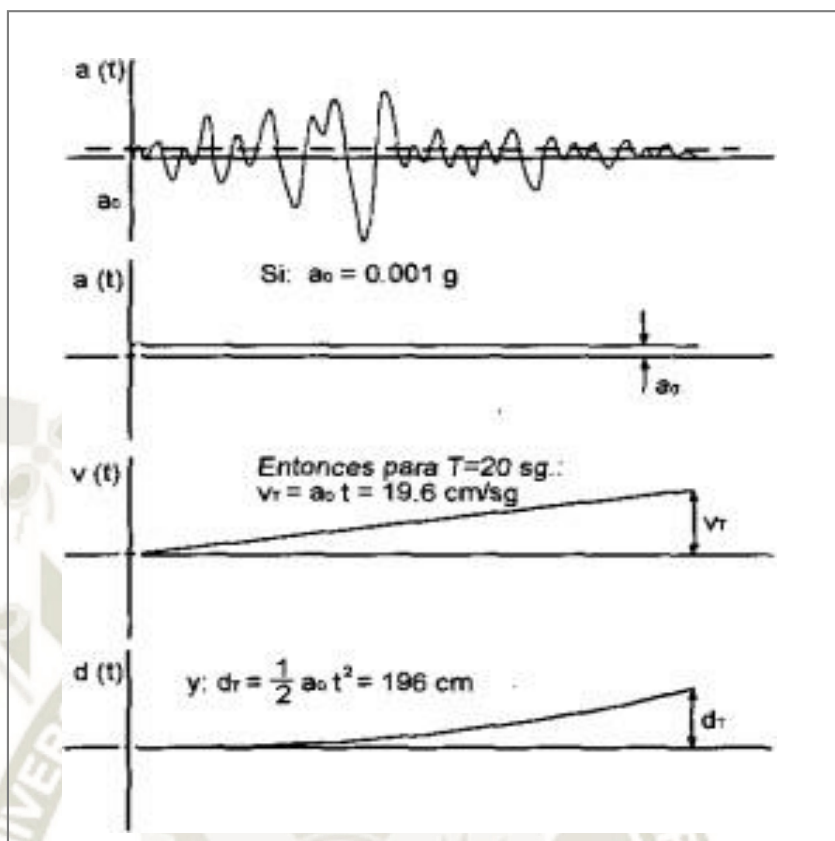


Figura 3.2: Ejemplo de error por desviación de línea base.

Fuente: Carreño et al., (1999)

Este paso es mencionado ya que suele ser un error recurrente al momento de procesar data sísmica, más en el caso de la presente investigación, no será necesario realizarlo puesto que los datos que están siendo utilizados ya vienen con corrección de línea base.

- **Filtrado de la señal**

Este paso busca eliminar las señales no sísmicas o ruido, registradas por el acelerógrafo. Este ruido puede provenir de otros fenómenos naturales, del tránsito vehicular e incluso del tratamiento de los datos.

Es así que se puede afirmar que un registro acelerográfico $a(t)$ es el resultado de la suma de señales sísmicas $s(t)$ más el ruido $r(t)$, como se expone a continuación:

$$a(t) = s(t) + r(t) \quad (3.1)$$

Ecuación 3.1: Registro acelerográfico a(t)

Estas señales no sísmicas pueden ser de dos tipos:

- De alta frecuencia: Sus frecuencias son mayores a la banda de frecuencias utilizada. La incidencia de este ruido se da en la aceleración fundamental, mas no afecta el proceso de obtención de velocidad y desplazamiento utilizando integraciones, ya que el área bajo la curva no varía en comparación con la de la señal corregida
- De baja frecuencia: Sus frecuencias son menores a la banda de frecuencias utilizada. Este ruido si afecta el proceso de obtención de velocidades y desplazamientos, ya que el área bajo la curva será mayor a la de la señal corregida para poder filtrar la señal del ruido de alta y baja frecuencia se limita la banda de frecuencia de trabajo desde 0.1 Hz a 25 Hz, debido a que los sismos se encuentran en este rango y así evitar los errores que puede contener la señal.

- **Obtención de la velocidad y el desplazamiento**

Una vez que el acelerograma ha sido adecuadamente corregido, se procede a integrarlo, considerando la variable “tiempo” en el dominio. La aceleración integrada permite obtener la velocidad, y al integrarse esta, se obtiene el desplazamiento.

$$\vec{v} \left(\frac{m}{s} \right) = \int_{t_0}^t \vec{a} * dt + \vec{v}_0 \quad (3.2)$$

Ecuación 3.2: Obtención de la velocidad de un sismo

$$\vec{r}(m) = \int_{t_0}^t \vec{v} * dt + \vec{r}_0 \quad (3.3)$$

Ecuación 3.3: Obtención del desplazamiento de un sismo

La velocidad máxima da información del contenido de frecuencias intermedias del terremoto. Mientras que el desplazamiento máximo, brinda características del largo periodo del movimiento. Conociendo los picos de aceleración, velocidad y desplazamiento se tiene una caracterización completa del movimiento del suelo.

- **Obtención de los espectros de Fourier y el de Seudoaceleración**

Una vez que se han obtenido los registros de velocidad y desplazamiento, se realiza un análisis del contenido en frecuencias del acelerograma que permite la obtención del espectro de Fourier y el espectro de respuesta.

De la interpretación del Espectro de Fourier se deducen los periodos más característicos del movimiento sísmico, como su periodo predominante. El espectro de respuesta, por su parte, recoge la aceleración, velocidad y desplazamiento máximos del movimiento con determinados valores de amortiguamiento ξ y periodo propio T .

A manera de simplificar el proceso de obtención del espectro de respuesta, se puede reemplazar este por los pseudoespectros, que dan una buena aproximación y reducen considerablemente el cálculo numérico.

3.1.3 REDES ACELEROGRÁFICAS

Actualmente la Red Acelerográfica nacional está conformada por cuatro redes acelerográficas: IGP, CISMID - UNI, SENCICO y UNI - CIP. con acelerógrafos instalados por todo el país, los cuales registran la información de los sismos en modo Continuo y en modo Evento. Esta información recolectada es enviada en tiempo real al servidor ubicado en el CTIC - UNI en la ciudad de Lima.

3.1.3.1 Red Acelerográfica del IGP

Desde el año 2016 la red acelerométrica del IGP está integrada por un total de 168 estaciones distribuidas por todo el país, a razón aproximada de uno por capital de provincia, siendo la ciudad de Lima la que mayor cantidad posee, con un total de cincuenta y cinco acelerómetros, los cuales transmiten la información al Centro Nacional de Monitoreo Sísmico (CENSIS) por radio digital e internet.

En la región de Arequipa se han instalado un total de 12 acelerógrafos en las siguientes ciudades: Chala, Ático, Camaná, Bell, Caravelí, Chuquibamba, Aplao, Vitor, Cotahuasi, Orcopampa, Chivay y dos en Arequipa.



Figura 3.3: Acelerógrafos pertenecientes a la Red Acelerográfica del IGP instalados en la región de Arequipa

Fuente: Red Acelerográfica del Perú (2021)

3.1.3.2 Red Acelerográfica CISMID - UNI

En la actualidad el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID), cuenta con 37 estaciones acelerográficas instaladas en algunas de las principales ciudades del país como son: Lima, Tacna, Arequipa, Moquegua y Cusco. En una primera etapa se instalaron acelerógrafos analógicos RION, modelo SM-10 B, los cuales podían registrar 100 muestras de aceleración por segundo y grabar registros cuando el movimiento del suelo excedía el valor de 5 cm/s² de aceleración en la componente vertical. Tavera (2014). Los registros eran grabados en casetes analógicos, que eran procesados en un convertidor analógico digital para obtener el registro en formato digital.

Fue a partir del año 2001, que el CISMID fue adquiriendo, a través de donaciones y capital propio, doce acelerógrafos digitales de la marca Kinematics, modelo ETNA, los cuales registran movimientos con aceleraciones verticales a partir de los 2 cm/s². Los registros se guardan automáticamente en una memoria interna, y los acelerogramas se obtienen de manera directa; este equipo además cuenta con una antena GPS y con una batería que le permite funcionar sin energía eléctrica por un lapso de 72 horas.

En la ciudad de Arequipa se han instalado dos acelerógrafos pertenecientes a esta Red en las instalaciones de la Universidad Nacional Mayor de San Agustín.

3.1.3.3 Red Acelerográfica SENCICO

SENCICO, a través de un convenio firmado con la UNI en el año 2014, pasó a formar parte de la Red Acelerográfica del CISMID. Actualmente cuenta con 11 estaciones ubicadas en las sedes de las Gerencias Zonales de Piura, Trujillo, Lima, Arequipa, Tacna, Chiclayo, Cusco, Huancayo, Ica, Iquitos y Ayacucho, las cuales reportan al Centro de Monitoreo del CISMID. Así mismo se planea implementar cuatro nuevas estaciones en las sedes de Pucallpa, Arequipa (Puente Grau), Los Olivos y Chorrillos(Lima).

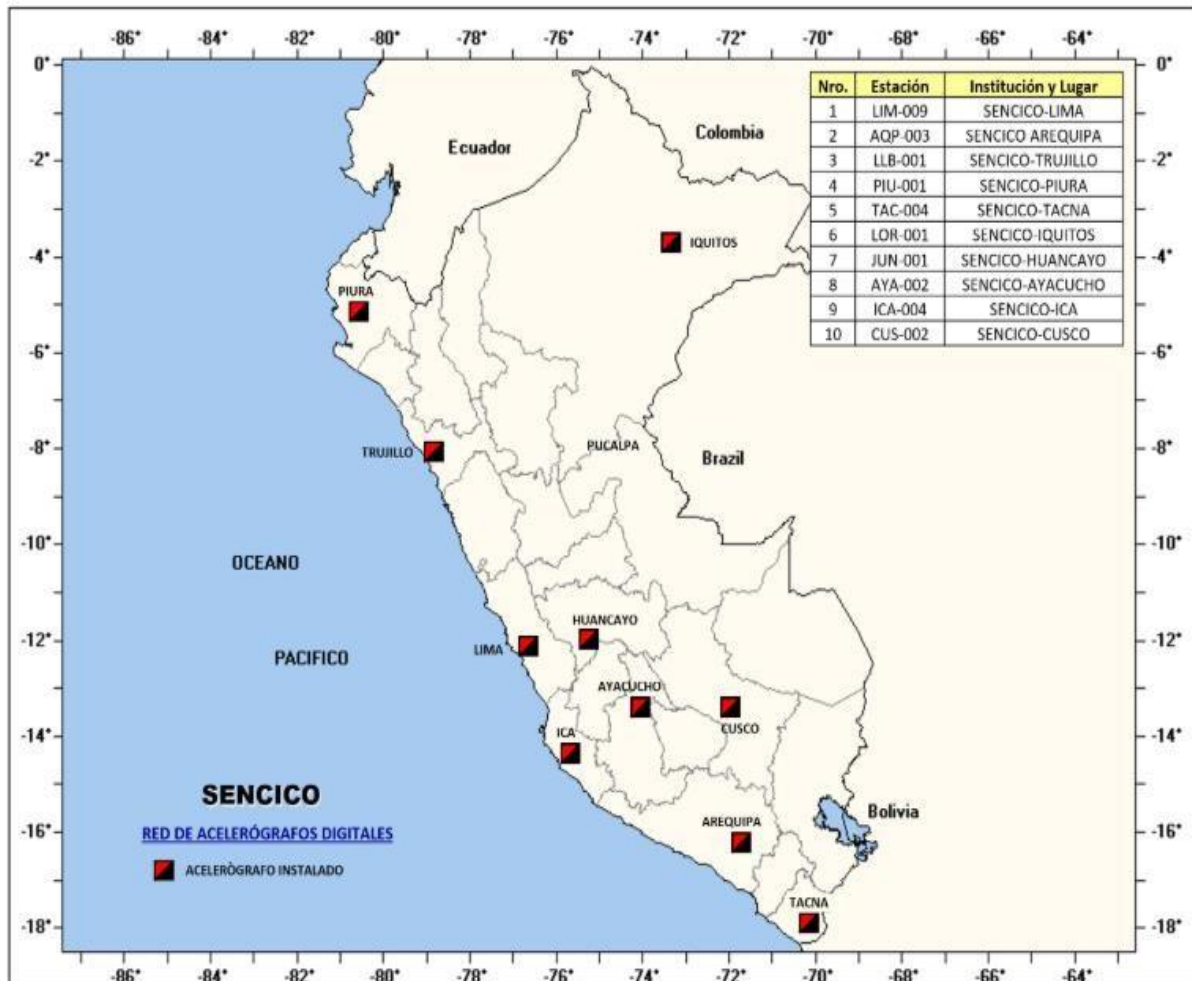


Figura 3.4: Ubicación de los acelerógrafos pertenecientes a la Red Acelerográfica de SENCICO a nivel nacional.

Fuente: Red Acelerográfica del Perú, (2021)

3.1.3.4 Red Acelerográfica UNI - CIP

La Red Acelerográfica del Posgrado de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería cuenta con 35 registradores acelerométricos que han sido instalados paulatinamente desde el 2013 hasta la actualidad. Así mismo posee 14 acelerógrafos que se planean instalar en el presente año. Estos equipos envían la información de los registros sísmicos digitalizados a un servidor de la UNI, para ser monitoreados en tiempo real.

A partir del año 2017, gracias al Convenio de Cooperación Interinstitucional entre la Universidad Nacional de Ingeniería y el Colegio de Ingenieros del Perú, estas estaciones acelerográficas pasaron a formar parte de la Red Nacional de Acelerógrafos del CIP – UPG

FIC UNI. En la ciudad de Arequipa hay una estación acelerométrica perteneciente a esta red, la cual se encuentra ubicada en el Club del Colegio de Ingenieros, distrito de José Luis Bustamante y Rivero.

Actualmente la Red Acelerográfica del Perú cuenta con 236 acelerógrafos digitales distribuidos a lo largo de todo el país. De ese total, en la ciudad de Arequipa, se han instalado cinco estaciones acelerográficas de las cuales dos pertenecen a la Red CIP, otras dos conforman la red CISMID-UNI y la última a la red SENCICO. A continuación, la Tabla N° 3.1 presenta los datos más resaltantes de estas estaciones.

Tabla 3.1: Redes Acelerográficas de Arequipa

REDES ACELEROGRÁFICAS DE AREQUIPA						
RED	NOMBRE	COD	TITUDSUR	NGITUD OESTE	ASIENTO	DISTRITO
CIP	CIP-Arequipa	C1666	-16.45°	-71.50°	Grava Limosa	JLByR
CIP	CIP-Arequipa2	D8CF	-16.40°	-71.54°	Grava Arenosa	Arequipa
SMID-UNI	UNSA-Arequipa	AQP-001	-16.40°	-71.52°	Rígido	Arequipa
SMID-UNI	IGUNSA-Arequipa	AQP-002	-16.47°	-71.49°	Intermedio	Characato
SENCICO	SENCICO-Arequipa	AQP-003	-16.39°	-71.54°	Blando	Yanahuara

Fuente: Elaboración propia, (2021)

3.1.4 SISMOS DE REFERENCIA EN EL PRESENTE ESTUDIO

Para el presente trabajo de investigación se van a utilizar registros de sismos locales para poder comparar los espectros de respuesta obtenidos mediante software con los registrados en la vida real. Para la elección de dichos movimientos sísmicos se revisaron los listados de los sismos nacionales y regionales que hayan sido registrados por las estaciones acelerográficas de la ciudad. La disponibilidad de datos limitó la búsqueda al período comprendido entre el año 2016 hasta el presente, ya que recién a partir de ese año se encuentran los informes completos de manera libre en la página oficial de la Red Acelerográfica Nacional.

Así mismo, se filtraron los movimientos sísmicos de magnitud de ondas de volumen (mb) mayores ó iguales a 4.0, ya que es a partir de este valor que los sismos adquieren importancia ingenieril (Castillo y Alva,1993) y se buscó que los movimientos seleccionados hayan sido registrados por la estación acelerográfica seleccionada para el presente trabajo (AQP-003). En la Tabla N° 3.2, se exponen las principales características de los cinco eventos sísmico elegidos tomando en cuenta las condiciones iniciales antes mencionadas.

Tabla 3.2: Sismo Seleccionados en el presente estudio

SISMOS ESTUDIADOS				
Nombre	Lugar	Fecha	Magnitud	Red
Sismo 1	Arequipa	17-07-2017	6.3 (ML)	SENCICO
Sismo 2	Cuya - Chile	04-09-2017	5.2 (MW)	SENCICO
Sismo 3	Lomas - Acarí	14-01-2018	6.8 (MW)	SENCICO
Sismo 4	Yauca - Arequipa	30-01-2018	5.5 (ML)	SENCICO
Sismo 5	Iquique - Chile	05-04-2018	5.2 (MW)	SENCICO

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Por su parte, la Figura N° muestra la localización de los epicentros de los sismos.

Para que un sismo quede correctamente definido debemos tener en cuenta cuatro características principalmente:

- La amplitud, que está dada por la aceleración, la velocidad y el desplazamiento máximos.

- La energía (E), que queda definida también conociendo los picos máximos antes mencionados, así como el potencial destructivo del evento. Este parámetro se encuentra directamente relacionado con la magnitud del sismo.
- La frecuencia, que estará dada por el periodo predominante del sismo.
- La duración del evento

A continuación, en la Tabla N° 3.3 se exponen dichos parámetros de caracterización mencionados para nuestros eventos sísmicos, todos obtenidos a partir de los registros de la estación AQP-003 y procesando la data en el software EERA.

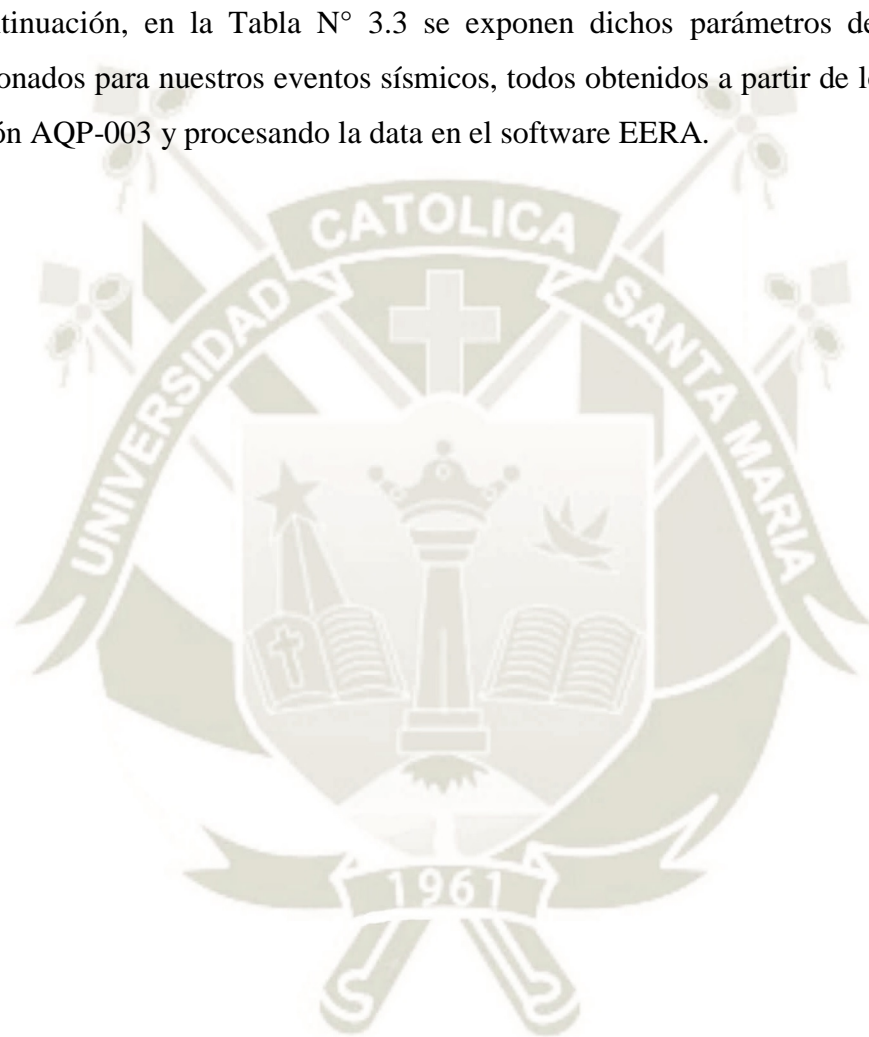


Tabla 3.3: Parámetros de caracterización de los sismos

PARÁMETROS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS SISMOS										
Magnitud		Compon ente	Aceleración Máxima		Velocidad Máxima		Desplaza- miento Máximo	Intensidad de Arias	Frecuencia Predominante	Periodo Predominante
Valor	Tipo		cm/s ²	g	cm/s	m/s	cm	m/s	s	s
6.3	ML	HNE	-41.58	-0.04239980	1.7800	0.017800	0.5370	0.1690	2.63776253	0.37910918
		HNN	-43.85	-0.04471456	2.5300	0.025300	-0.5230	0.0746	3.55509410	0.28128651
5.2	MW	HNE	3.1	0.00316112	-0.0914	-0.000914	-0.2720	0.1590	1.81670612	0.55044676
		HNN	3.21	0.00327329	-0.0827	-0.000827	-0.0068	0.1720	1.58745219	0.62994023
6.8	MW	HNE	17.81	0.01816115	-1.6700	-0.016700	-5.5900	9.3900	5.77766995	0.17308015
		HNN	-22.67	-0.02311697	2.4200	0.024200	-5.6900	11.8000	6.57754795	0.15203234
5.5	ML	HNE	1.68	0.00171312	-0.0856	-0.000856	-0.5290	0.0952	3.13953016	0.31851900
		HNN	1.7	0.00173352	-0.0652	-0.000652	-0.3070	0.1070	2.36319115	0.42315663
5.2	MW	HNE	3.87	0.00394630	-0.2720	-0.002720	-0.2320	0.1890	4.33070016	0.23090954
		HNN	-4.14	-0.00422163	-0.1640	-0.001640	-0.2880	0.2210	2.44086457	0.40969090

Fuente: Elaboración propia, (2021)

3.2 CARACTERIZACIÓN GEOLOGÍA Y GEOTECNIA LOCAL

La información geológica y geotécnica de un área permite conocer la estructura y características del suelo en función de sus propiedades físicas.

Según la Carta Geológica Nacional, la ciudad de Arequipa se encuentra localizada sobre los cuadrángulos de Arequipa 33s y de Characato 33t, siendo un cuadrángulo una parte de superficie geográfica delimitada por meridianos y paralelos. En esta sección se presentan sus principales características geomorfológicas y estratigráficas.

Es importante mencionar que el recinto de Sencico-Yanahuara, está ubicado en la zona SE del cuadrángulo de Arequipa.

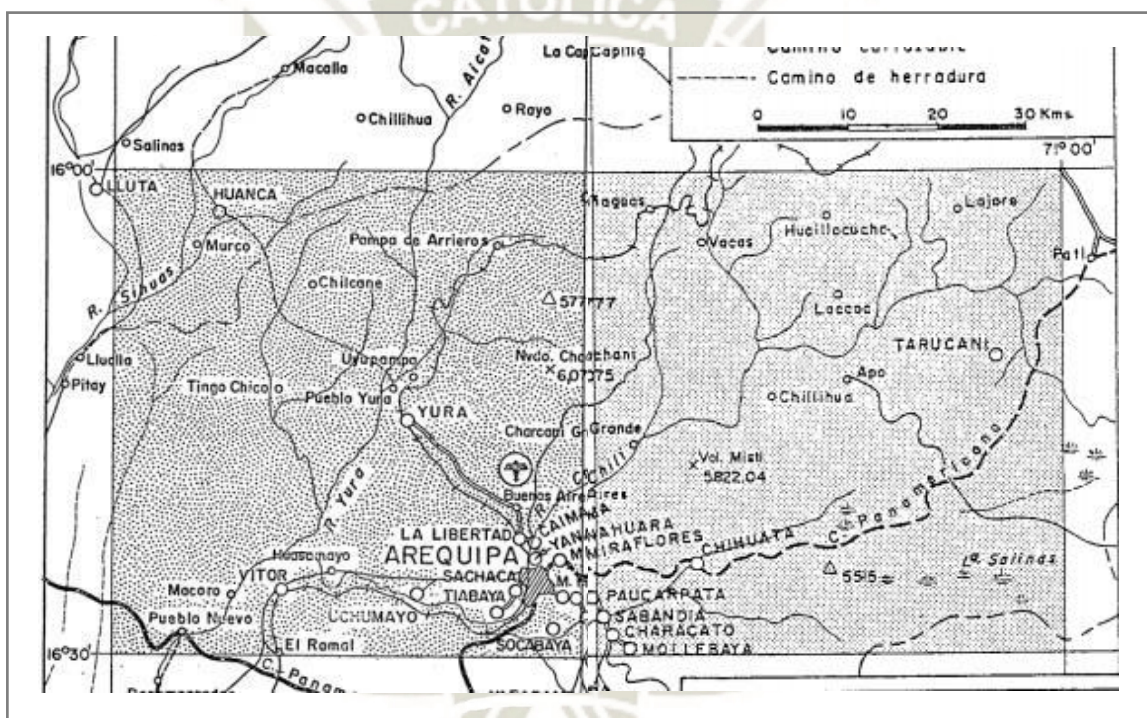


Figura 3.5: Delimitación de los cuadrángulos de Arequipa y Characato, indicándolos distritos comprendidos en ellos

Fuente: INGEMMET, (1969)

El cuadrángulo de Arequipa abarca un área aproximada de 2950 Km²., y comprende parte de las provincias de Arequipa y Caylloma. Se encuentra delimitado por las siguientes coordenadas geográficas: Los meridianos 71° 00' y 71° 30' de longitud Oeste y los paralelos 16° 00' y 16° 30' de Latitud Sur. Como se puede observar en la Figura N° 3.5, abarca los distritos de Yura, Cerro Colorado, Cayma, Yanahuara, Sachaca, Tiabaya,

Uchumayo, Hunter, Arequipa, Alto Selva Alegre y parte de Miraflores, Mariano Melgar, Paucarpata, José Luis Bustamante y Rivero, Sabandía y Socabaya.

En su extremo oriental colinda con el cuadrángulo de Characato, el cual se extiende a lo largo de un área de 2960 Km². aproximadamente y está comprendido entre las coordenadas geográficas: 71° 900' a 71° 930' Longitud Oeste y 16° 90' a 16° 30' Latitud Sur. Los distritos ubicados dentro de este cuadrángulo son: San Juan de Tarucani, Chiguata, Characato, Pocsi y comparte los distritos de Miraflores, Mariano Melgar, Paucarpata, José Luis Bustamante y Rivero, Sabandía y Socabaya con el Cuadrángulo de Arequipa.

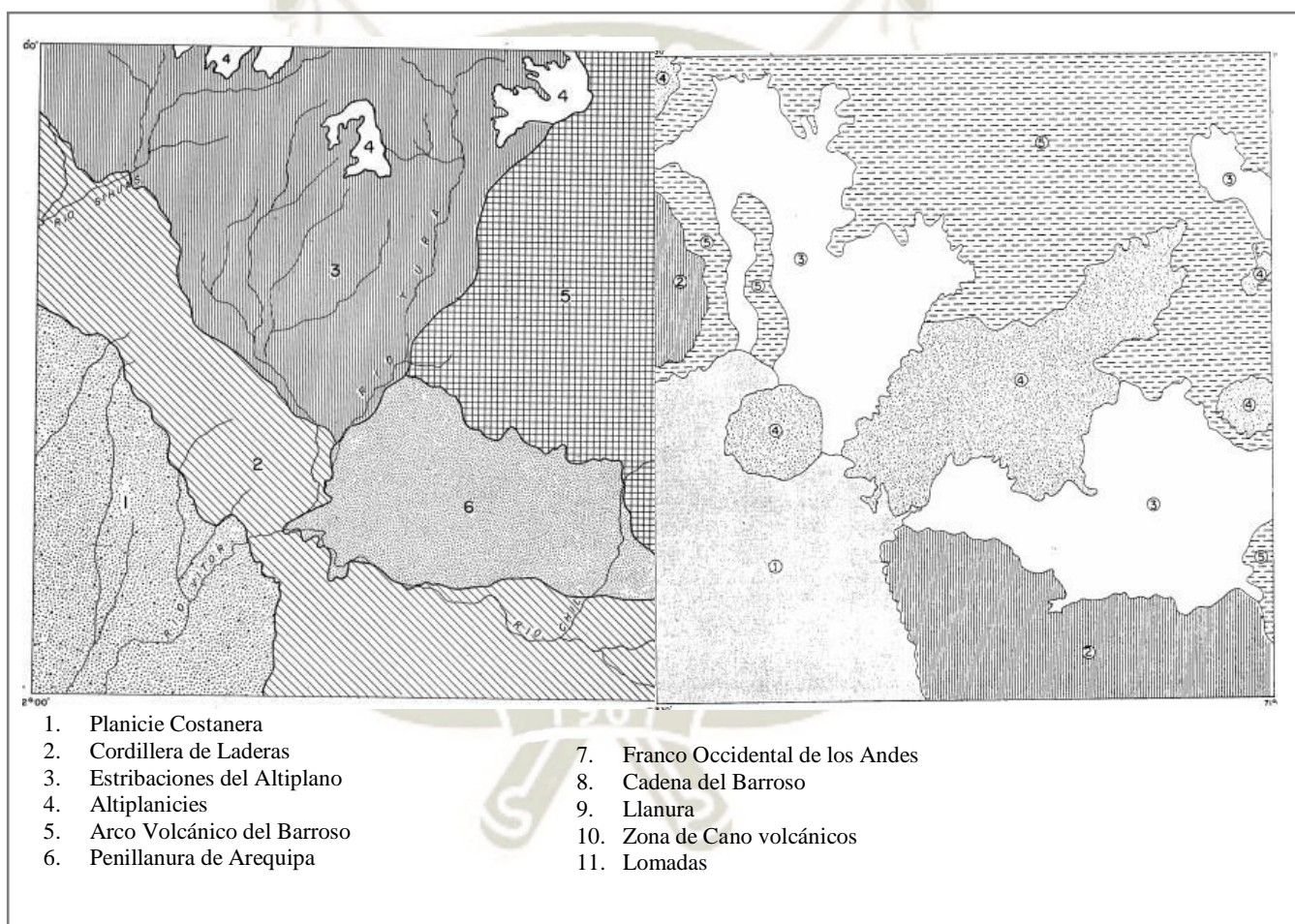


Figura 3.6: a) Unidades geomorfológicas del Cuadrángulo de Arequipa (33s). b) Unidades geomorfológicas del Cuadrángulo de Characato (33t).

Fuente: INGEMMET, (1969)

3.2.1 GEOMORFOLOGÍA DE AREQUIPA

En el departamento de Arequipa se han identificado nueve unidades geomorfológicas, las cuales son: Planicie costanera, Cordillera de Laderas, Estribaciones del Altiplano, Altiplanicies, Arco Volcánico del Barroso, Penillanura de Arequipa, el Flanco Occidental de los Andes, la Cadena del Barroso y El Altiplano. La ubicación y distribución de estas dentro de los cuadrángulos 33s y 33t se pueden apreciar en la Figura N° 3.5 a y b. A continuación, se hablará brevemente de cada una de estas, resaltando sus características más importantes:

- **Planicie Costanera:** Es una superficie plana y vasta que se extiende con una pendiente de 2.5% hacia el SO. Está conformada por sedimentos cenozoicos horizontales, y se encuentra atravesada por quebradas anchas y poco profundas. Posee altitudes que varían entre los de 1400 a 2,000 m.s.n.m. aproximadamente.
- **Cordillera de Laderas:** Es una cadena montañosa. constituida, en su mayoría, por rocas plutónicas, a excepción de la zona NO, donde predominan las rocas metamórficas del Complejo Basal y la zona SE, donde se observan pequeños sectores residuales de rocas sedimentarias. Posee un relieve con pendientes variables que propician la presencia de cerros, siendo los más altos los siguientes: cerros Santa Rosa (2982 m.s.n.m.), Torconta (3040 m.s.n.m.), Las Laderas (2620 m.s.n.m.) y San Ignacio (2655 m.s.n.m.).
- **Estribaciones del Altiplano:** Esta unidad se caracteriza por su relieve accidentado que le otorga la presencia de profundos valles y diversas quebradas a lo largo de su superficie. Estas han sido en parte originadas por procesos de erosión.
- **Altiplanicies:** Son pequeñas áreas caracterizadas por presentar una superficie con ligeras ondulaciones, separadas entre sí por quebradas. Poseen una pendiente que varía entre el 4 al 5% en dirección O-SO y sus altitudes varían de 3600 a 3800 m.s.n.m.
- **Arco volcánico del Barroso:** Es una cadena de montañas de origen volcánico que sigue un alineamiento circular con su concavidad hacia el Pacífico (Mendivil, 1965). A esta unidad geomorfológica pertenecen las estructuras volcánicas del Chachani (6057 m.s.n.m.), Nocarena (5784 m.s.n.m.), y Las Minas (5015 m.s.n.m.), entre otras menos resaltantes.
- **Penillanura de Arequipa:** Es una superficie con ondulaciones ligeras formada en los tufos del volcánico Sencca, y que adquirió ese relieve debido a la erosión. Presenta un sistema de quebrada paralelas, con caudales temporales que desembocan en los ríos Chili y Yura. Las altitudes de esta unidad varían entre los 1800 y 2600 m.s.n.m., con una pendiente del 5% inclinada hacia el SO.
- **Flanco Occidental de los Andes:** Esta unidad está conformada por colinas de moderada

elevación, formadas a partir de flujos de lodo así como por depósitos aluviales y piroclásticos. Se encuentra atravesada por un gran número de quebradas y riachuelos que desembocan en los ríos Andaimayo, Sabandía y Mollebaya, afluentes del río Chili.

- Cadena del Barroso: Está constituida por una serie de altas montañas, alineadas de manera ligeramente paralela a la línea de la Costa. Entre las estructuras más sobresalientes se encuentran la montaña Pichu Pichu y el Volcán Misti. Esta unidad está conformada por superficies estriadas, crestas dentadas, valles y quebradas, siendo la más resaltante la del Chili.
- El altiplano: Esta unidad geomorfológica posee un relieve bastante variado ya que presenta desde llanuras hasta cerros que pueden sobrepasar los 5000 m. s. n. m. por lo que se han diferenciado tres sub-unidades: las Llanuras, la zona de Conos Volcánicos y las Lomadas.
 - Las Llanuras: Superficies casi planas denominadas "pampas" que se encuentran atravesadas por valles y quebradas, están ubicadas entre los 4000 y los 4200 m.s.n.m. Destacan las pampas de: Cañahuas, Yantarhuana, Chiligua, Pichu-Pichu, Macharame y Yanacancha.
 - La Zona de Conos Volcánicos: Conformada por conos volcánicos aislados ubicados a partir de los 4000 m.s.n.m. Los volcanes más representativos de esta región son: el Coila (4950 m.s.n.m.), el Ajana (5100 m.s.n.m.), el Mesa Pillone (4700 m.s.n.m.), el Andahuaca (4720 m.s.n.m.) y el Frayle (5822 m.s.n.m.).
 - Las Lomadas: Áreas conformadas por colinas de poca elevación las cuales se encuentran constituidas por sedimentos sueltos provenientes de los ríos Maure y Capillune, destacando las siguientes: lomas Hichocollo, Cantayoc y los cerros Morro Blanco, Herochaca.

3.2.2 ESTRATIGRAFÍA DE AREQUIPA

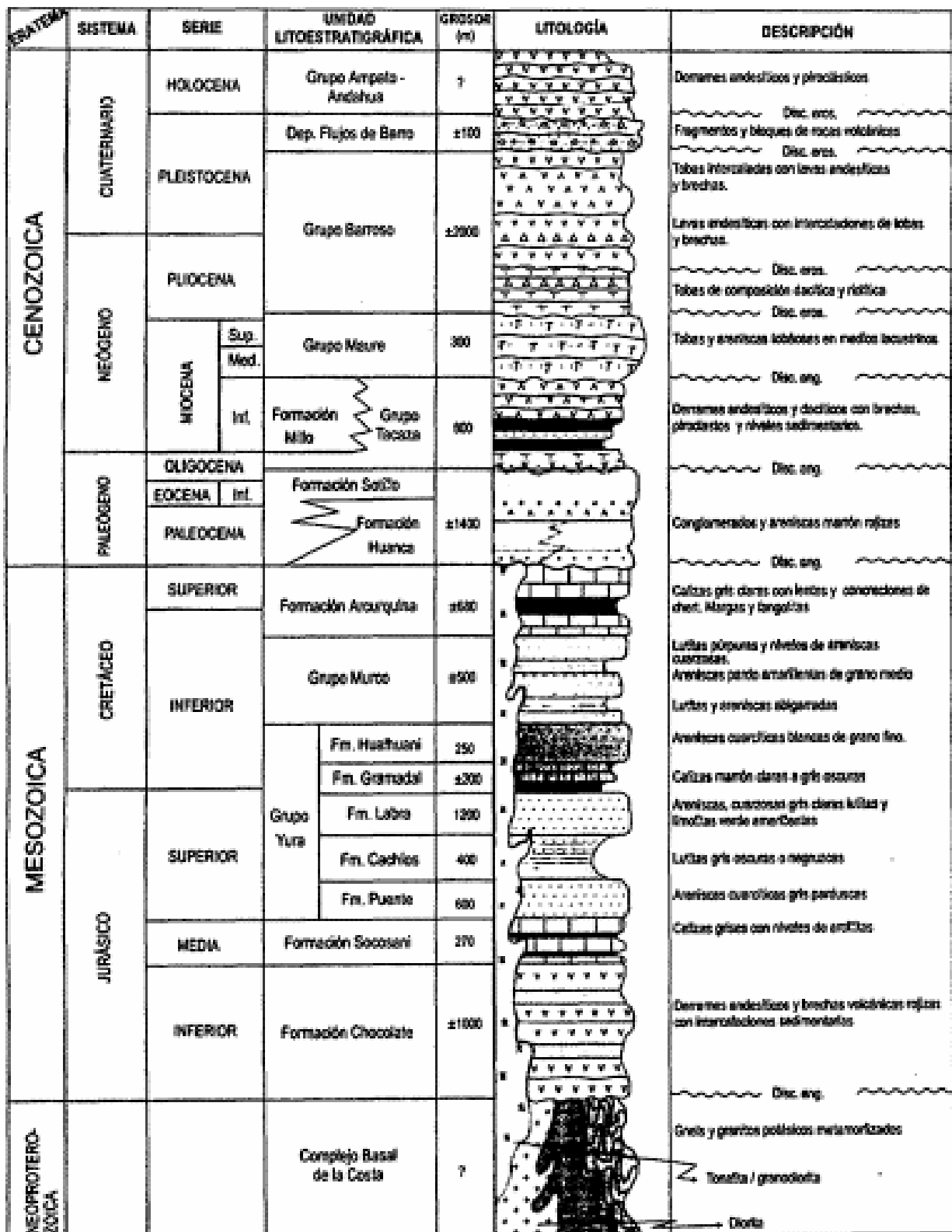


Figura 3.7: Perfil Estratigráfico Arequipa
Fuente: León W., (1999)

3.3 GEOMORFOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA DEL RECINTO SENCICO –YANAHUARA

El distrito de Yanahuara y, por ende, la zona de estudio está ubicado dentro de la unidad geomorfológica Penillanura de Arequipa es una superficie ligeramente plana inclinada hacia el Oeste con una pendiente aproximada de 4% conformada por materiales tufáceos hacia el Oeste y materiales detríticos hacia el Este. Romero (2015)

La Unidad Geomorfológica Penillanura de Arequipa se encuentra dividida en 4 subunidades geomorfológicas, las cuales son:

- Superficie del Aeropuerto, la cual está presente no solo en el distrito de Yanahuara, sino también en Cayma y Cerro Colorado. Se caracteriza principalmente por tener un relieve con suaves ondulaciones originadas con pendientes que van desde el 4 hasta 7 %, y son originadas por la presencia de formaciones tufáceas las cuales afloran en las quebradas, que alcanzan profundidades medianas, las cuales están presente en mayor medida en la parte alta de Yanahuara que colinda con Cayma. Los depósitos que conforman esta subunidad son de naturaleza detrítica y piroclástica.
- Superficie de Pachacútec, la cual se caracteriza por ser estar conformada, en su mayoría, por una superficie de topografía casi plana. El color predominante de la zona es el rosado proporcionado por la presencia de tufos provenientes del Volcánico Sencca Salmón. Se observa la presencia de quebradas medianamente anchas y de poca profundidad las cuáles son más predominantes en los sectores de Challapampa y Pachacútec.
- El valle del río Chili atraviesa los volcanes Chachani y Misti y se extiende hasta el retiro de Santa Luisa (Chilina), formando un cañón bastante profundo, en cuyas paredes se puede observar los diferentes rellenos por los que está conformada, producto de las erupciones volcánicas. Estas formaciones van desde el Pre-cámbrico hasta el cuaternario. Las paredes empinadas llegan a los 42 % de inclinación, con una altura máxima de 175 m. aproximadamente a la margen derecha.
- Superficie del Cercado, la cual está ubicada sobre partes de los distritos de Miraflores, Mariano Melgar, Paucarpata, Arequipa y Yanahuara, en este último abarcando los sectores de Antiquilla, Pampa de Camarones, Huaranguillo y Chullo. Esta formación geomorfológica puede llegar a tener una topografía casi plana, pero hacia el Sur - Oeste se aprecia una pendiente de aproximadamente 5 a 6%. La estratigrafía del distrito de Yanahuara se compone por cinco formaciones geológicas, las cuales son:
 - Aluvial Reciente: Caracterizado por la presencia de acumulaciones de clastos constituidos por gravas, arenas, limo arcilloso y cantos. Esta mezcla de materiales se

encuentra presente en el cauce del río Chili, así como en otros riachuelos y quebradas del distrito. Se encuentran entremezclados en diferentes proporciones debido a que han sido depositados bajo condiciones muy variables en cuanto a volumen y velocidad de flujo.

- Aluvial Umacollo se encuentra ubicado en la zona alta del distrito de Yanahuara, está compuesto, en su gran mayoría, de gravas y arenas gravosas, procedentes de materiales andesíticos y pomáceos que han sufrido un proceso de fragmentación. Las rocas detríticas presentes en la zona presentan bordes redondeados, así mismo se entremezclan con materiales arcillosos arenoso y calcáreo-silíceos.
- Aluvial Acequia Alta se puede observar en la parte alta del distrito, caracterizándose principalmente por el color oscuro ocasionado por la presencia de gravas y arenas de tonalidades negras.
- Eluvial Reciente, están conformados por arenas limosas de color beige, de origen residual, que constituyen los terrenos de cultivos presentes en Yanahuara.
- Volcánico Sencca, formación que se encuentra dividida, debido a las características predominantes, en dos sub-formaciones. Una es la del Volcánico Sencca Salmón, denominada así debido a su característico color rosado o marrón rojizo otorgado por la presencia de biotita y de fragmentos de pómez y lavas. Se encuentra conformado por materiales de origen volcánico entre los que predomina la puzolana. Así mismo se pueden encontrar tufos de cenizas volcánicas, de consistencia ligera y bastante porosa, los cuales se encuentran en estratos sub horizontales. La otra sub-formación es el Volcánico Sencca compacto compuesto principalmente por materiales de origen volcánico como el sillar, el cual es un tufos de color blanco grisáceo característico, compacto, algo poroso. También se puede encontrar la presencia de minerales como el cuarzo, el feldespato y mica.

3.3.1 GEOTECNIA DEL RECINTO SENCICO – YANAHUARA

Este apartado tratará de exponer las principales características geotécnicas del lugar de estudio las cuales fueron halladas a través de ensayos in situ y de laboratorio. Los ensayos in situ de los que se tiene información son: ensayo SPT y Cono Peck, así como la extracción de muestras de suelo.

3.3.1.1 Ensayos de Campo

- **Perforación Diamantina**

La Perforación Diamantina es una metodología para la obtención de muestras que consiste en cortar testigos cilíndricos de los suelos en los que se realice por medio de la acción giratoria de una broca de diamantes a alta velocidad.

En el caso del recinto de SENCICO – Yanahuara se realizó una única perforación hasta una profundidad de 30,2 metros y se logró asegurar un diámetro de perforación de 3”, gracias al revestimiento de las paredes con la tubería HQ.

La perforación diamantina era sumamente necesaria en este recinto en específico debido a la presencia de estratos conformados por roca de tufo volcánico fragmentado. ya que este método, a diferencia del SPT (cuyas limitaciones serán mencionadas después) permite la recuperación de muestras alteradas en todo tipo de suelo y mantos rocosos, sin limitaciones de dureza ni de profundidad.



Figura 3.7: Vista de la perforación diamantina en SENCICO, Arequipa

Fuente: SENCICO, (2020)

- **Ensayos de Penetración Estándar (SPT) y Cono Peck**

El Ensayo de Penetración Estándar, más conocido como SPT por sus siglas en inglés, es ampliamente utilizado hoy en día para el estudio del subsuelo debido a su accesibilidad y rapidez de ejecución. Es un ensayo que se realiza “in situ” y permite conocer la resistencia a la penetración de los suelos de un muestreador y al mismo tiempo permite obtener muestras alteradas para ser ensayadas en el laboratorio. También se llevaron a cabo auscultaciones utilizando el Cono de Peck, el cual tiene la misma finalidad que el ensayo SPT, pero resulta más económico y rápido que este. Apesar de esto, posee una limitante ya que, al contrario que el ensayo SPT, no permite la recolección de muestras, por lo que se suelen utilizar ambos ensayos al momento de caracterizar un suelo en campo, ya que de esta manera se puede conocer la clasificación SUCS de los suelos ensayados y también corroborar la calibración de ambos equipos. A continuación, se adjunta el Tabla 3.4 en el que se puede apreciar las

coordenadas UTM en las que se realizaron los diferentes sondajes ya mencionados, así como la normativa que se tomó de referencia.

Tabla 3.4: Ubicación y referencia de sondajes

UBICACIÓN Y REFERENCIA SONDAJES			
Sondaje	Coordenadas UTM		Norma de Referencia
	Este	Norte	
Perforación Diamantina	228652.0	8186824.0	ASTM D-1586
Ensayo de Penetración Estándar	228652.0	8186824.0	ASTM-D2113-93
Ensayo con Cono Peck	228652.0	8186824.0	-

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Es importante mencionar que el método de sondaje con Cono Peck no cuenta con una norma (ASTM, NTP, MTC) que regule su correcta ejecución y la evaluación de sus resultados. Es por ello que su uso y aplicación queda sujeta a la utilización de ensayos complementarios que permitan conocer su calibración.

- **Ensayos de Laboratorio**

Las muestras que se obtuvieron para ser ensayadas en laboratorio fueron recolectadas mediante la perforación diamantina y mediante el ensayo SPT. Se utilizaron ambas metodologías de recolección de muestras debido a que se recomienda que el Ensayo de Penetración Estándar se lleve a cabo solo en depósitos de suelo arenoso o de arcilla blanda; no se recomienda realizarlo en depósitos de suelos gravosos, de arcilla consolidada o roca, debido a que el equipo podría sufrir daños. Estas limitaciones del ensayo SPT para recolectar muestras se pudieron superar mediante la perforación diamantina con recuperación constante de muestras.

En el cuadro siguiente se presenta un resumen del programa de investigaciones que el laboratorio geotécnico OHL Ingenieros realizó. Los ensayos de laboratorio que se realizaron, así como la cantidad de ensayos y las normas que se tomaron como referencia se exponen en el siguiente Tabla N° 3.5:

Tabla 3.5: Resumen de ensayos y normas

ENSAYOS Y NORMAS		
DESCRIPCIÓN	NORMA	N° DE ENSAYOS
Análisis Granulométrico por tamizado	ASTM D-422	11
Clasificación SUCS	ASTM D-2487	11
Límites de Atterberg	ASTM D-4318	11
Contenido de Humedad	ASTM D-2216	11
Corte Directo	NTP 339.171	7
Propiedades Físicas en roca	ASTM D-2937	5
Carga Puntuales roca	ASTM D-5731	5

Fuente: Elaboración propia, (2021)

- **Clasificación geotécnica del lugar de estudio**

En base al ensayo de las muestras recolectadas con ayuda de la perforación diamantina se pudo proponer una columna estratigráfica tal como se aprecia en la Figura N° 3.8, distribuida de la siguiente manera: desde 0.00 a 1.00 metros de profundidad se tiene material de relleno compuesto por grava mal gradada con Limo (GP-GM). A partir del metro hasta llegar a los 7.10 metros de profundidad se tiene arenas con gravas de resistencia densa y clastos sub redondeados y subangulosos. De 7.10 a 16.40 de profundidad se tiene la presencia de material inconsolidado de tufos de tonalidad rosácea(residual) del volcánico Sencca, a modo de arena volcánica de resistencia densa a muy densa con algunas gravas aisladas. A partir de los 16.40 m a los 30.20 metros de profundidad se encuentra la presencia de roca volcánica tufácea (sillar) perteneciente a la formación estratigráfica del Volcánico Sencca con valores de RQD que varían desde el 38% hasta el 52%, por lo que se cataloga como roca de calidad pobre casi en su totalidad. El índice RQD (Rock Quality Designation) es un parámetro de clasificación geomecánica propuesto por Deere (1967), el cual permite conocer la calidad de un macizo rocoso in situ, basándose en el nivel de fragmentación de este. Se expresa porcentualmente, pudiendo ir desde el 0% en suelos granulares o finos hasta el 100% en rocas macizas. Esto se expresa de mejor manera en la siguiente Tabla N° 3.6.

Tabla 3.6: Clasificación de la Calidad de la Roca según el índice RQD

CLASIFICACIÓN ROCA SEGÚN RQD	
Índice RQD (%)	Calidad de la Roca
< 25	Muy Pobre
25 - 50	Pobre
50 - 75	Aceptable
75 - 90	Buena
> 90	Excelente

Fuente: Elaboración propia, (2021)

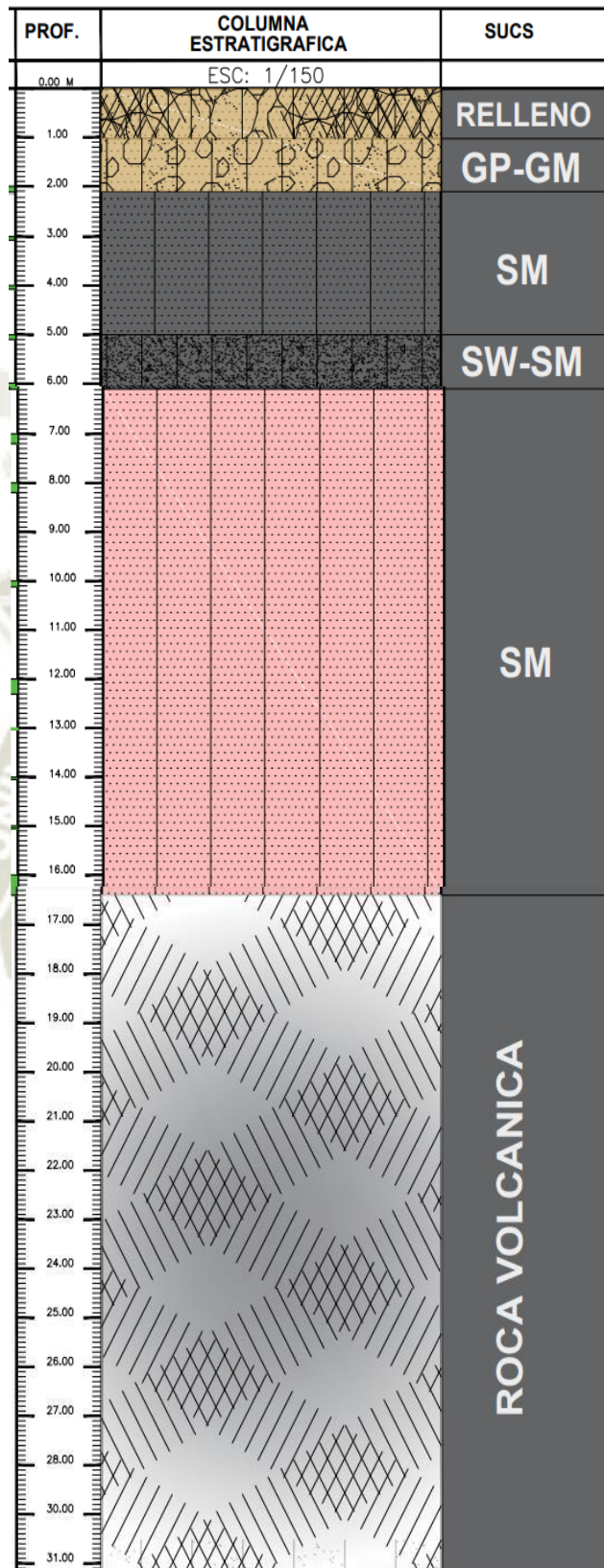


Figura 3.8: Columna estratigráfica de los 30 primeros metros de la estación acelerográfica AQP – 003 ubicado en SENCICO- Yanahuara.

Fuente: SENCICO, (2020)

Caracterizando el suelo a nivel macro, apoyándonos en el ensayo geofísico MAM, que nos brinda data hasta la profundidad de 70 metros, se pudo observar que el subsuelo está conformado por cuatro grandes capas, tal y como se visualiza en la Figura N° 3.9.

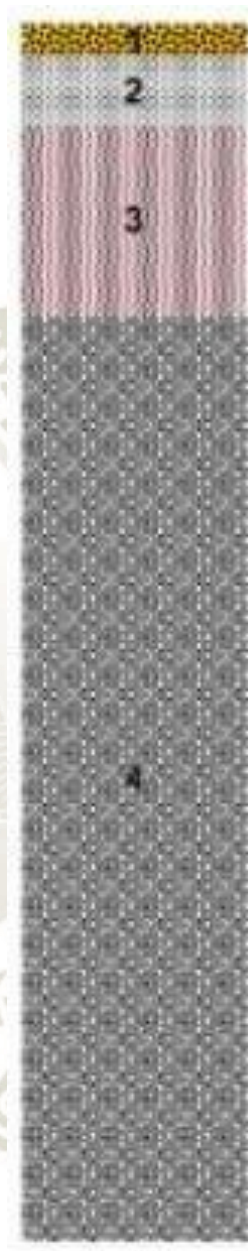


Figura N° 3.9: Columna estratigráfica de los 70 primeros metros de la estación acelerográfica AQP – 003 caracterizada utilizando el ensayo MAM.

Fuente: SENCICO, (2020)

La capa 1 está conformada por grava pobremente gradada con limo, las velocidades de ese estrato van desde los 86 m/s hasta los 187 m/s. La capa 2, presenta arena limosa, de alta compacidad, no plástica, con velocidades que rondan desde los 231 m/s hasta los 370m/s. La capa 3 sigue siendo arena limosa no plástica, pero con presencia de gravas y gravillas, su compacidad es alta y su velocidad de onda de corte ronda los 400 m/s. Por último, la cuarta capa está conformada por roca de tufo volcánico fragmentada perteneciente al volcánico Sencca, empieza desde los 16,1 metros y se extiende hasta, al menos, los 70 metros de profundidad. Su velocidad de onda de corte varía desde los 482m/s hasta los 546 m/s.

Revisando el perfil estratigráfico de la ciudad de Arequipa se puede ver que el estrato correspondiente a las rocas volcánicas fragmentadas tiene un espesor aproximado de +- 100 metros. Por lo que en el presente trabajo se asumió que esta capa se extendía hasta la profundidad del basamento rocoso.

- **Clasificación sísmica del lugar de estudio**

La clasificación sísmica del recinto estudiado se realizó según la Norma Técnica Peruana E-030 de Diseño Sismorresistente. En primer lugar, se seleccionó el factor de zona Z, el cual, según la microzonificación propuesta en dicho documento, es de $Z=3$ para el distrito de Yanahuara. El perfil de suelo se determinó tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte para los primeros 30 metros. En este caso se obtuvo un V_{s30} de 362.283 m/s, correspondiente a un Perfil tipo S2, por lo que se trata de suelos intermedios. Conociendo tanto el factor Z como el perfil de sitio se definieron los parámetros de sitio t_a que el factor de Suelo $S= 1.15$, los periodos $T_p= 0.6$ y $T_l=2.0$. Los parámetros de clasificación sísmica se resumen entonces:

Factor de Zona Z: 3

Perfil tipo: S2

Factor de Suelo S: 1.15

T_p : 0.6

T_l : 2.0

CAPITULO IV

4 OBTENCIÓN DE UN PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE (V_s) REPRESENTATIVO

EL objetivo del presente capítulo es hallar una primera estimación del perfil de velocidad de onda de corte que se encuentre calibrado con el periodo fundamental del sitio. Para alcanzar dicho fin, se llevan a cabo una serie de pasos previos, partiendo de la estimación de la profundidad hasta el basamento rocoso. A partir de este dato, se realizan diferentes estimaciones de perfiles de velocidad de onda de corte hasta dicha profundidad, se calculan los periodos fundamentales de cada uno de los perfiles estimados utilizando el programa DEGTRA A4, y se elige el perfil que brinde una mejor aproximación comparándolo con el Periodo Fundamental (T_0) del recinto.

Para lograr modelar el perfil “ideal” se partió de los datos geotécnicos y geofísicos obtenidos del estudio denominado “ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y GEOFÍSICA DE ESTACIONES ACELEROMÉTRICAS DEL SENCICO” realizado por la empresa “Terrasolutions Perú” en el año 2018. La metodología consiste en asumir, en primera instancia, que la última capa conocida se extiende hasta la profundidad del basamento rocoso, siendo las variables desconocidas la distribución de velocidades de onda de corte comprendidas entre el perfil base hasta llegar a roca dura.

4.1 METODOLOGÍA

La Sociedad Colombiana de Geotecnia (SCG) propone una ecuación que define la relación entre la velocidad de onda de corte y la profundidad, de la siguiente manera:

$$\bar{V}_s \left(\frac{m}{s} \right) = A \left(\frac{m}{s} \right) * \frac{H(m)^b}{1(m)} \quad (4.1)$$

Ecuación 4.1: Velocidad de propagación de la onda de corte

Donde \bar{V}_s vendría a ser la velocidad de onda de corte promedio, A es una constante que depende del tipo de material y B queda definido como el Coeficiente de consolidación.

De igual manera, si lo que se desea hallar es la velocidad de onda de corte por estrato se puede utilizar la siguiente expresión:

$$\bar{V}_{si} \left(\frac{m}{s} \right) = A \left(\frac{m}{s} \right) * \frac{Z_i(m)^B}{1(m)} \quad (4.2)$$

Ecuación 4.2: Velocidad de propagación de la onda de corte para un estrato “i”

Donde V_{si} y Z son la velocidad de onda de corte y el espesor de cada estrato respectivamente “A” y “B” son constantes de ajuste propias de cada tipo de suelo. Estas constantes generalmente son halladas a partir de lugares totalmente caracterizados, en los que se conoce su estratificación, profundidad al basamento y cuenta con un perfil de velocidad de onda de corte definido. De esta forma se obtienen rangos del parámetro A para cada tipo de suelo y un parámetro B constante para todos los suelos.

Dado que no se encontraron posibles valores previos de estos parámetros para los suelos de Arequipa, y más específicamente, para los suelos del recinto SENCICO – Yanahuara, se estimó el valor de ambos de tal manera que el perfil de velocidades resultante tuviera un periodo fundamental similar al medido in situ y para que los valores de V_s estimados se empalmen con los obtenidos a través del MAM.

En general, los puntos que se tomaron en cuenta al momento de generar los perfiles estimados fueron los siguientes:

- La velocidad Inicial de la capa 11 debe ser de 850 m/s
- Para la distribución de las velocidades de onda de corte se asumió una tendencia creciente debido a que a mayor profundidad el grado de consolidación aumenta.
- Se realizaron varias estimaciones cada 10, 25, 50 y 100 metros, para ver cuál de estas brindaba una mejor aproximación.

4.2 CÁLCULO DE LA PROFUNDIDAD HASTA EL BASAMENTO ROCOSO

La determinación certera de la profundidad del basamento rocoso de algún lugar se realiza a través de prospecciones geofísicas de alta precisión, siendo la más recomendada y utilizada para tal fin el método gravimétrico, el cual mide variaciones en el campo de gravedad terrestre, siendo capaz de detectar variaciones mínimas en este, las cuales están relacionadas

con las deficiencias o excesos de densidad en el subsuelo.

Dada la ausencia de bibliografía y de estudios enfocados a determinar la profundidad del basamento rocoso de la ciudad de Arequipa y más concretamente, en el recinto de SENCICO - Yanahuara, esta información tuvo que ser estimada por medio de la interpretación e interpolación de datos del Estudio Hidrogeológico del Acuífero del Río Chili realizado en diciembre del 2018. Cabe aclarar que esta metodología entrega un valor aproximado de la profundidad del basamento rocoso del Recinto, mas no la profundidad definitiva.

El estudio hidrogeológico antes mencionado tenía la finalidad de presentar los análisis y resultados de una prospección geofísica realizada en un total de 50 puntos de inspección ubicados a lo largo de la cuenca del Río Chili, en los que se realizaron sondeos eléctricos verticales. El estudio empleó un método eléctrico, lo que permitió la caracterización del subsuelo a través de sondeos geofísicos.

Diferentes rocas tienen diferentes rangos de variación en sus propiedades físicas. Una de las propiedades utilizadas para distinguir rocas o sedimentos es la resistividad. En sedimentos no cohesivos, es cierto que mayores tamaños de grano corresponden a mayores valores de resistividad, entendiendo por resistividad la oposición que presenta un material, en este caso el suelo, al paso de la corriente a través de él. Habiendo una relación directa entre la granulometría predominante de un suelo y la capacidad de este de que fluya agua a través de él, es posible usar los valores de las resistividades eléctricas como un indicativo de la permeabilidad.

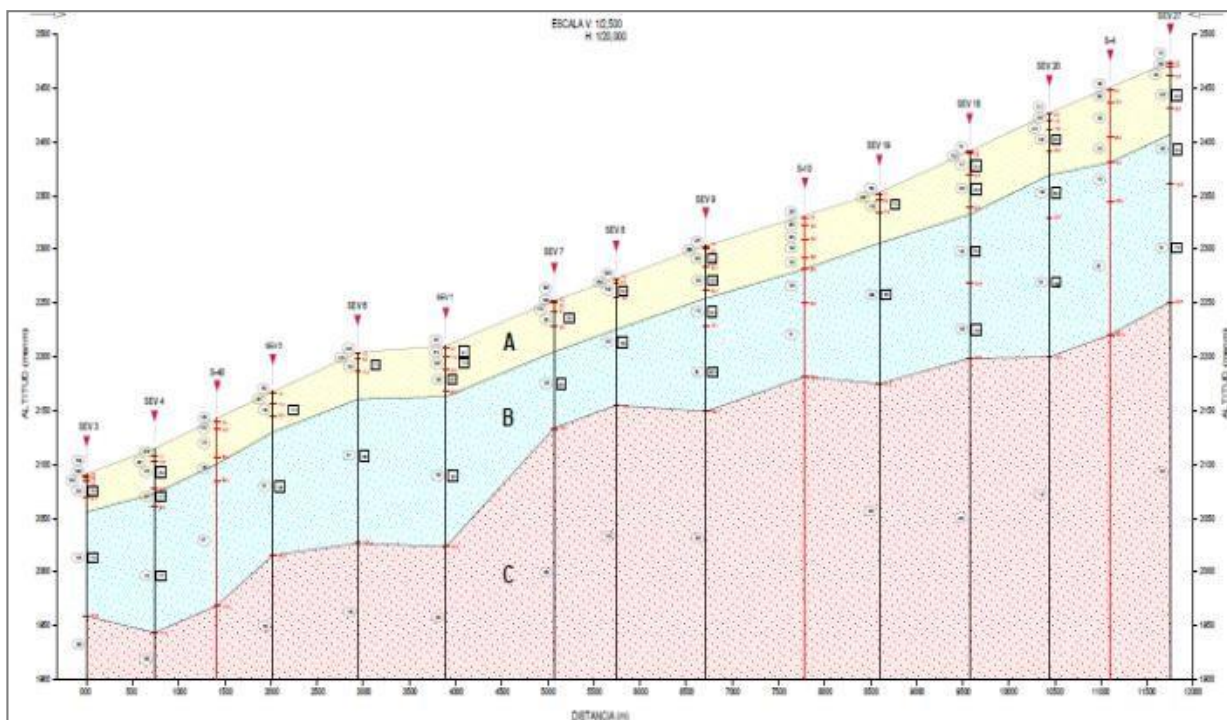


Figura 4.1: Sección Típica de Suelo

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, (2018)

El estudio presentado, engloba las medidas de resistividad eléctrica agrupándolas en 3 estratos principales; siendo estos A, B y C.

Tabla 4.1: Características de los estratos A.B y C

CARACTERIZACIÓN DE ESTRATOS	
Estrato	Características
A	Dentro del corte vertical, este horizonte se ubica en la parte superficial. Está conformado por una sucesión de capas de resistividades variadas. Su espesor varía entre 23.00 y 50.00 m.
B	Subyace al anterior horizonte y presenta espesores hasta 180.00 m. Sus resistividades son variadas y los valores indicarían que su conformación es una sucesión de capas de clastos medios, de permeabilidad media.
C	Por sus resistividades representa a materiales rocosos, impermeable. Su espesor es indefinido.

Fuente: Autoridad Nacional del Agua, (2018)

Siendo el estrato C característico del Basamento rocoso. Para la presente investigación se utilizaron los puntos 15, 16 y 24, ya que comprendían la ubicación del recinto, como se puede observar en la Figura N° 4.2. Esto permitió estimar de manera aproximada de la profundidad del basamento rocoso en el punto deseado gracias a la interpolación de los puntos mencionados.

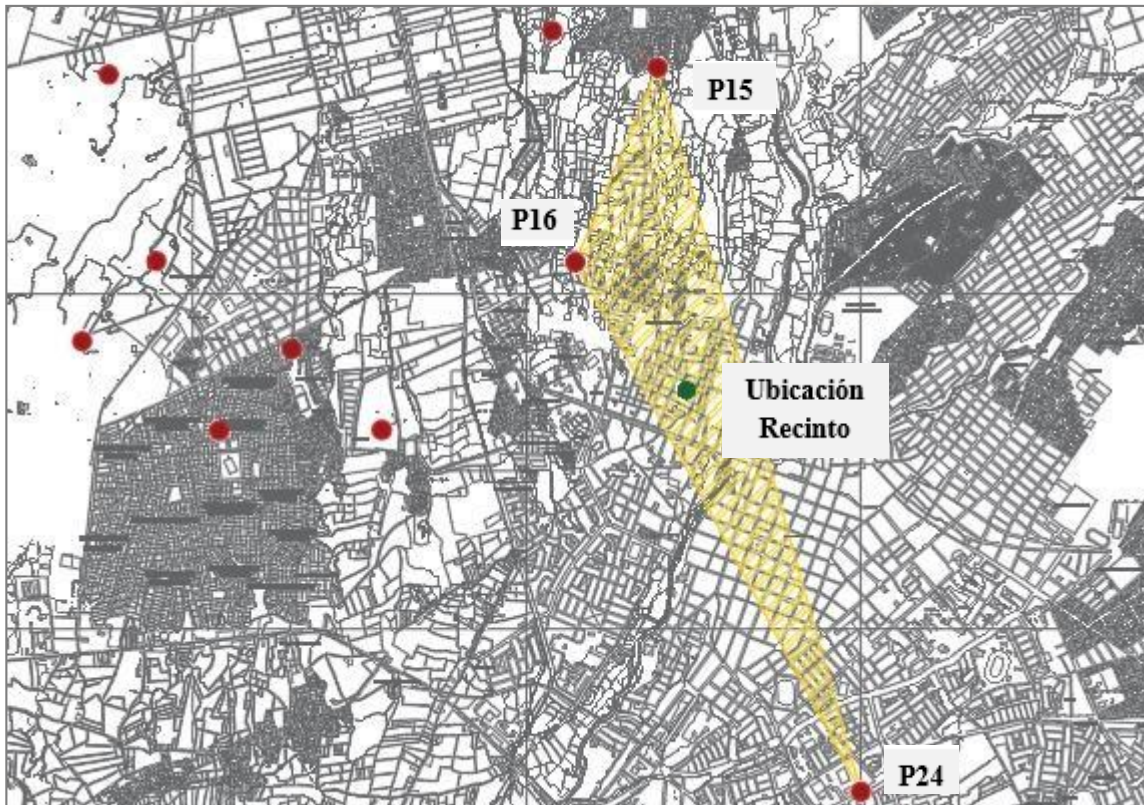


Figura 4.2: Ubicación de puntos 15,16,24 y el recinto

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Con esta información ya conocida, se pudo hacer una estimación de la distancia comprendida entre la superficie hasta el basamento rocoso para el recinto ubicado en SENCICO. La profundidad determinada fue de 161.2 m, siendo específicamente 93.7 m los que necesitan ser proyectados. El valor de la velocidad de onda de corte del basamento rocoso se asumió constante e igual a 2000 m/s, esto en base a la bibliografía revisada, siendo este el valor medio utilizado.

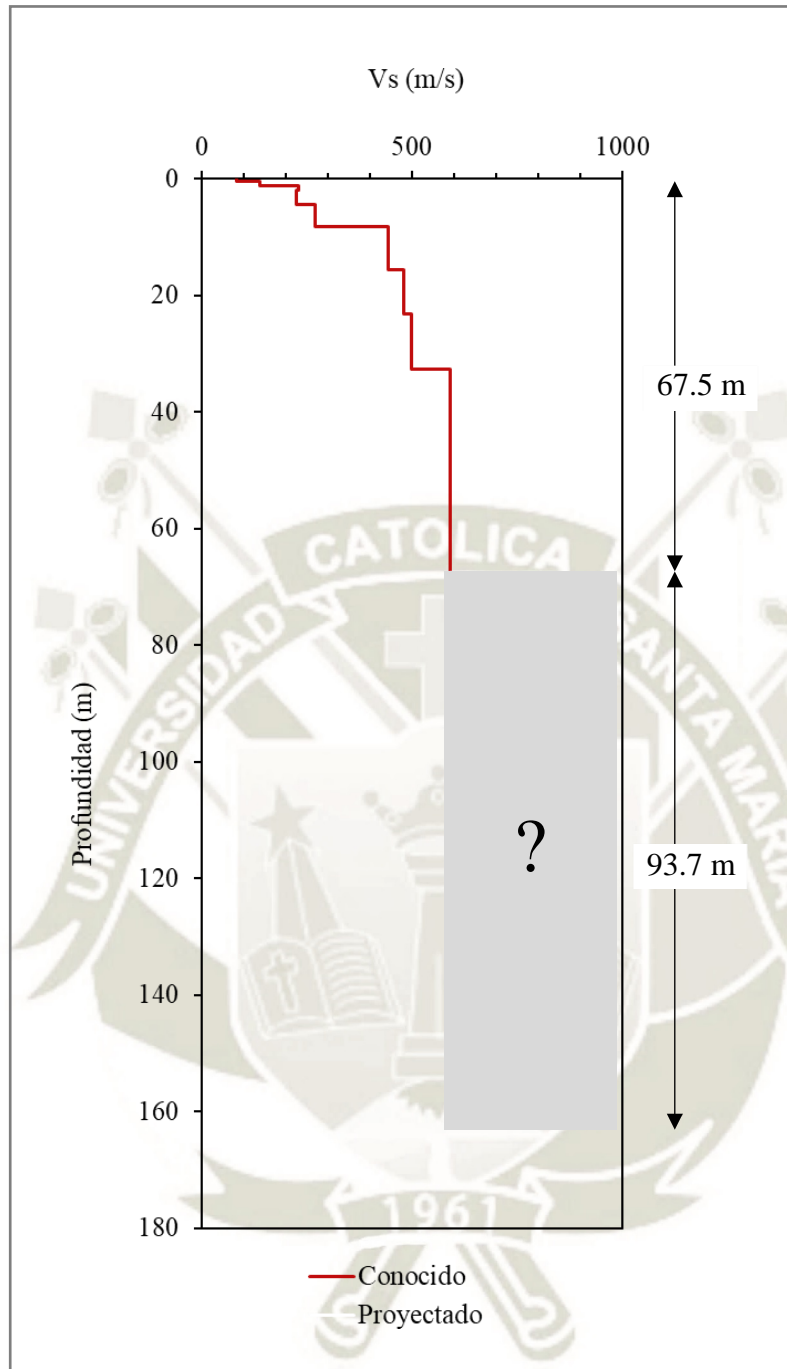


Figura 4.3: Perfil de Velocidades conocido

Fuente: Elaboración propia, (2021)

4.3 ESTIMACIÓN DE PERFILES DE VELOCIDAD DE ONDA EQUIVALENTES

A partir del perfil base se crearon sesenta y dos (62) perfiles equivalentes (P_{equiv}) variando el espesor de los estratos y los valores de “a” y “b” distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 4.2: Estimación de perfiles

ESTIMACIÓN DE PERFILES		
Espesor	N° saltos de velocidad	N° P equiv.
10 metros	10	29
25 metros	4	16
50 metros	2	16
100 metros	1	1
Total		62

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Los perfiles estimados se muestran a continuación:

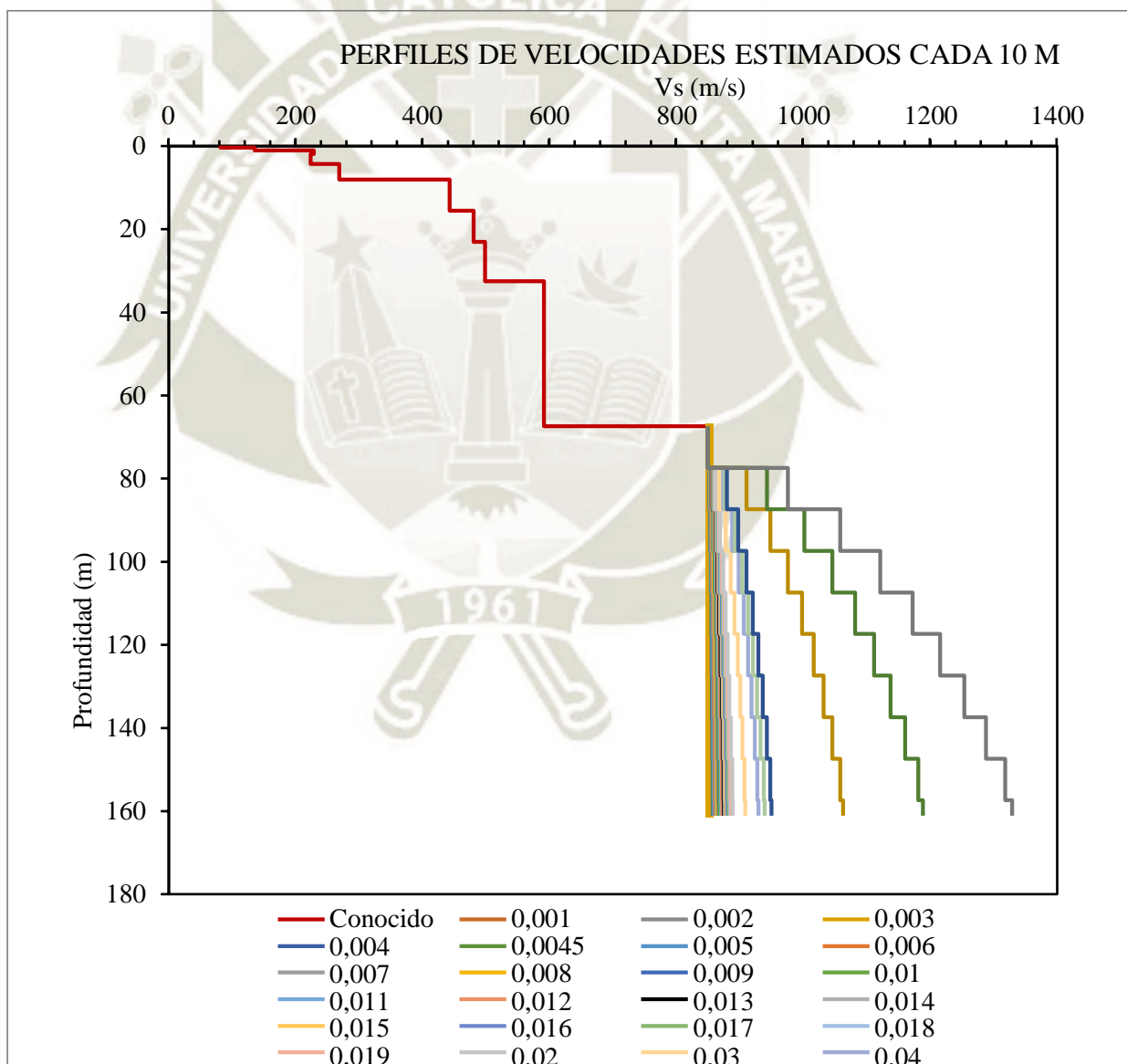


Figura 4.4: Perfiles de Velocidades estimados cada 10 m

Fuente: Elaboración propia, (2021)

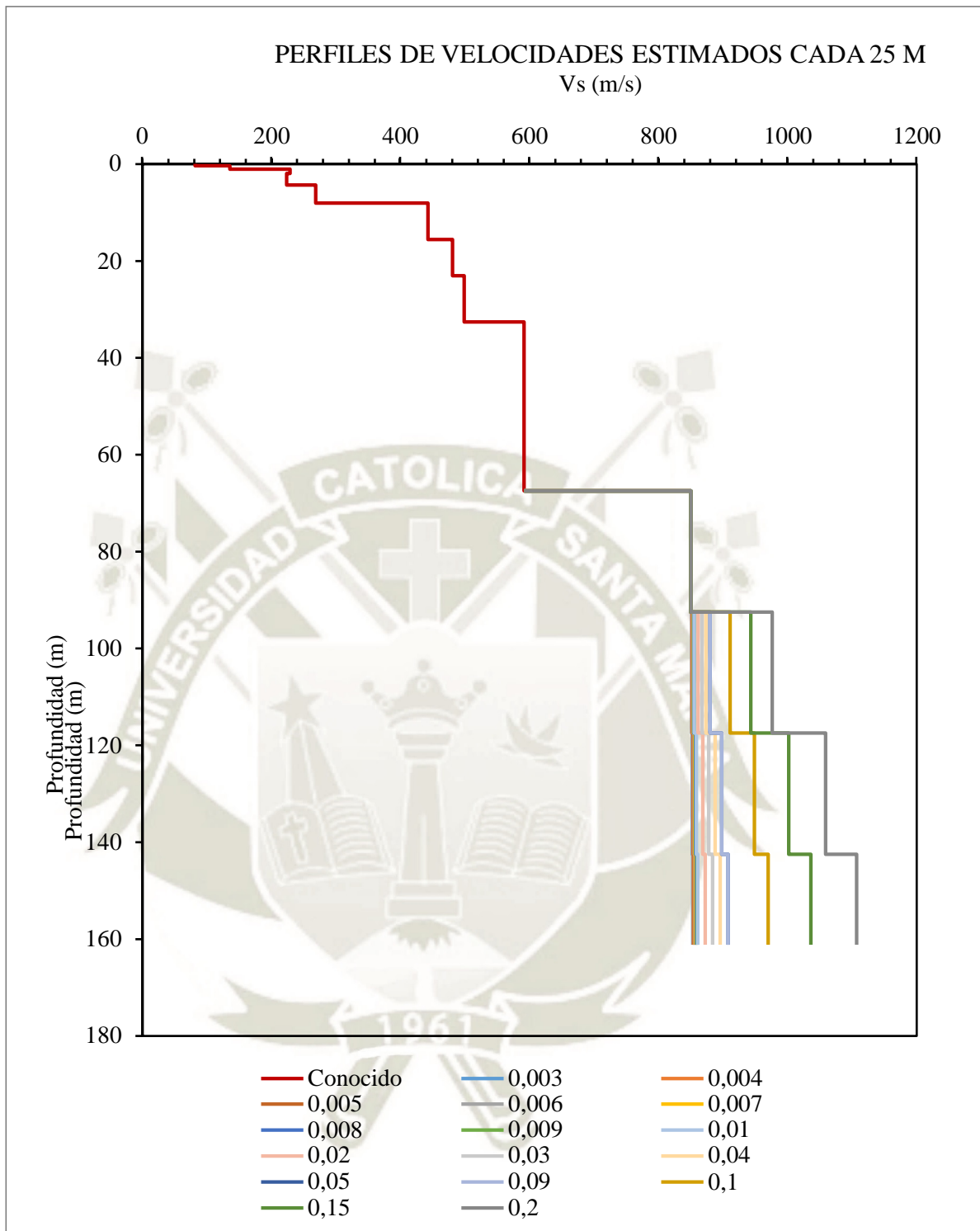


Figura 4.5: Perfiles de Velocidades estimados cada 25 m

Fuente: Elaboración propia, (2021)

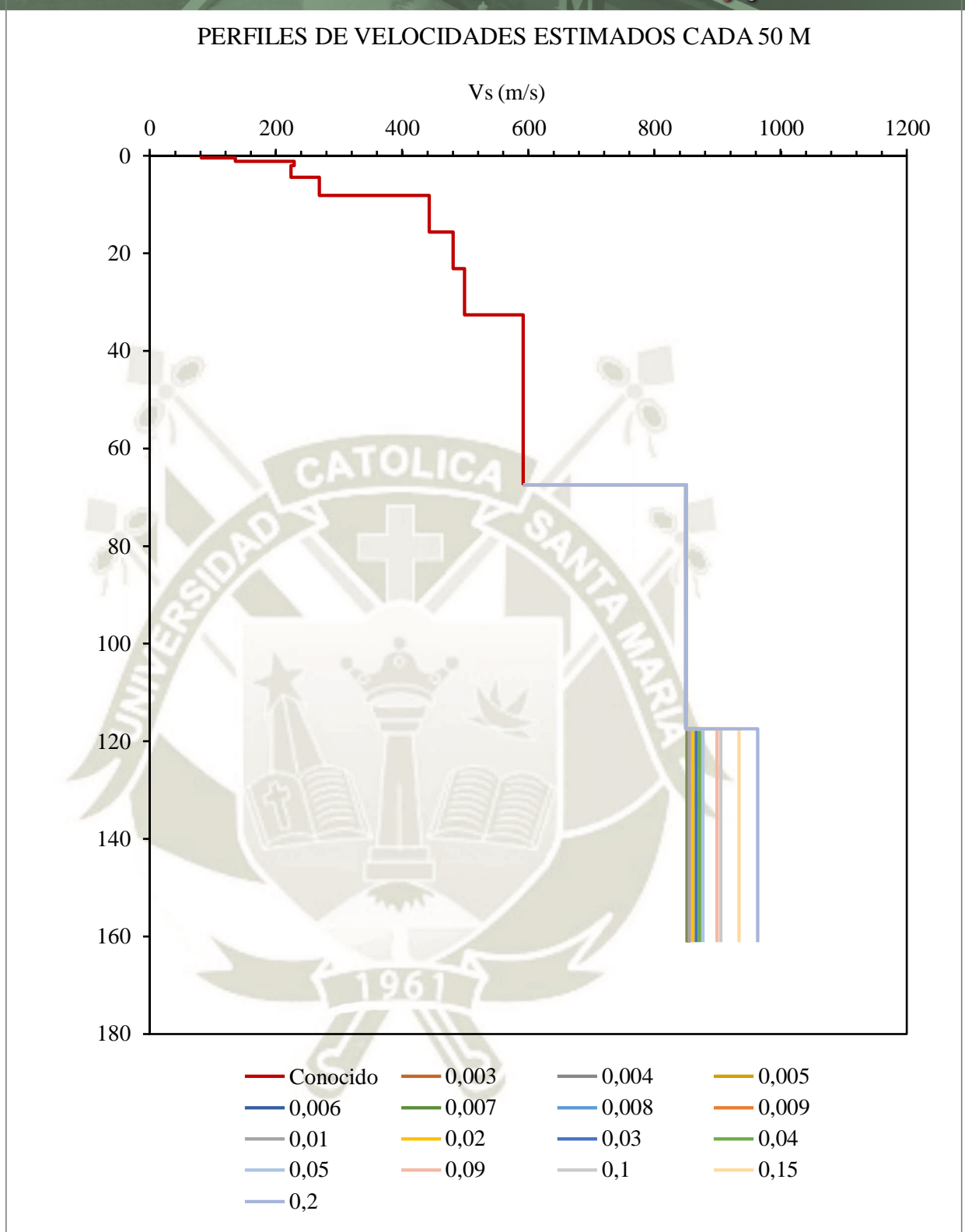


Figura 4.6: Perfiles de Velocidades estimados cada 50 m

Fuente: Elaboración propia, (2021)

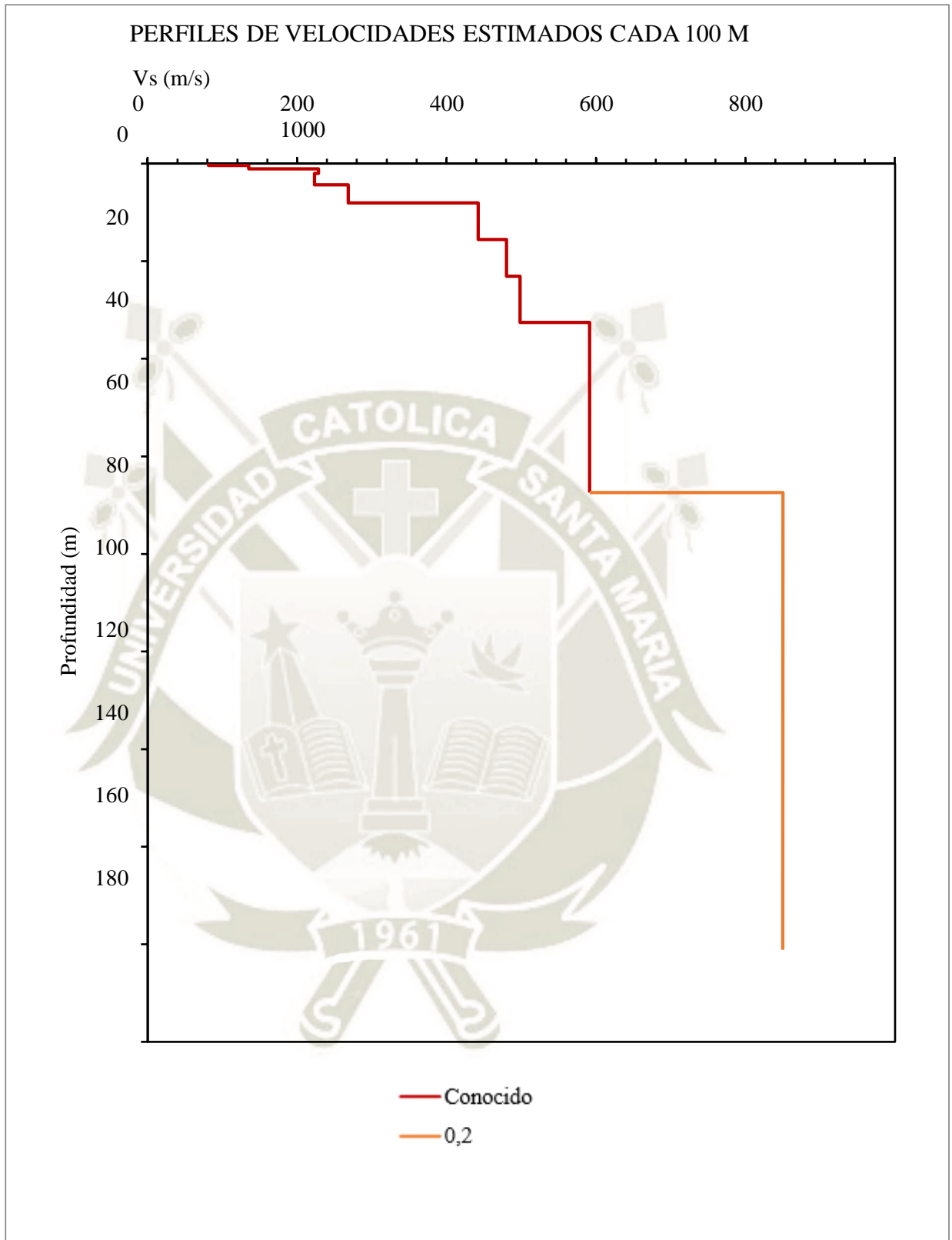


Figura 4.7: Perfiles de Velocidades estimados cada 100 m

Fuente: Elaboración propia, (2021)

4.4 DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDAD EQUIVALENTE

La información geofísica disponible del lugar está compuesta de ensayos de Refracción Sísmica (RS), Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW), Análisis de Microtrepidaciones en Arreglos Multicanales (MAM), Microtemores (HVSR) y Down Hole (DH), distribuidos tal y como aparecen en la Figura N° 4.8

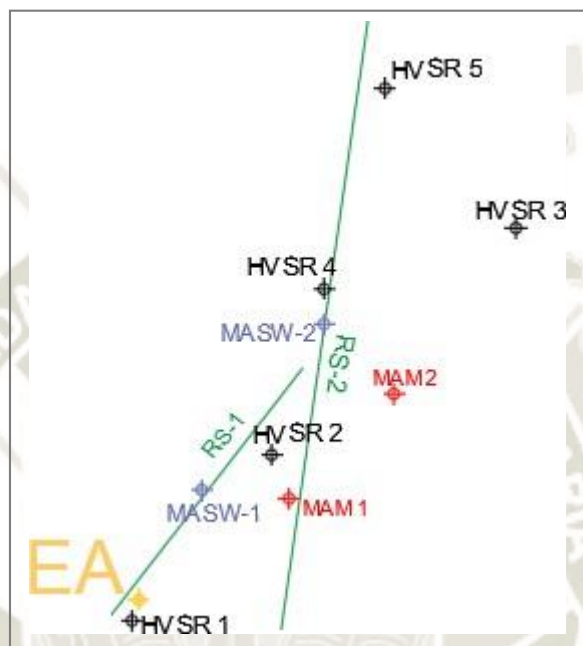


Figura 4.8: Ubicación de ensayos realizados

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Así mismo en la Tabla N° 4.3 se detalla el alcance de los mismos.

Tabla 4.3: Descripción de ensayos realizados

DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS			
ENSAYO	COD.	NORMA	ALCANCE
Refracción Sísmica	RS	ASTM D 5777-95	20 m
Microtemores	HVSR	SESAME D 23.12	--
Down Hole	DH	ASTM D 57400-08	30 m
Análisis Multicanal de Ondas Superficiales	MASW	---	30 m
Análisis de Microtrepidaciones en Arreglos Multicanales	MAM	---	70 m

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Los ensayos MAM, MASW y Downhole permiten hallar un perfil del suelo en función de la velocidad de onda de corte V_s . Por otro lado, el ensayo de refracción sísmica, a través de la medición del tiempo de viaje de las ondas de compresión V_p , permite obtener un perfil geosísmico de ondas Compresionales V_p que nos permite vislumbrar el comportamiento de estas ondas a lo largo de toda la línea de medición y no de un solo punto a diferencia del MASW o el MAM. Esto se puede entender mejor observando la Figura N° 4.9

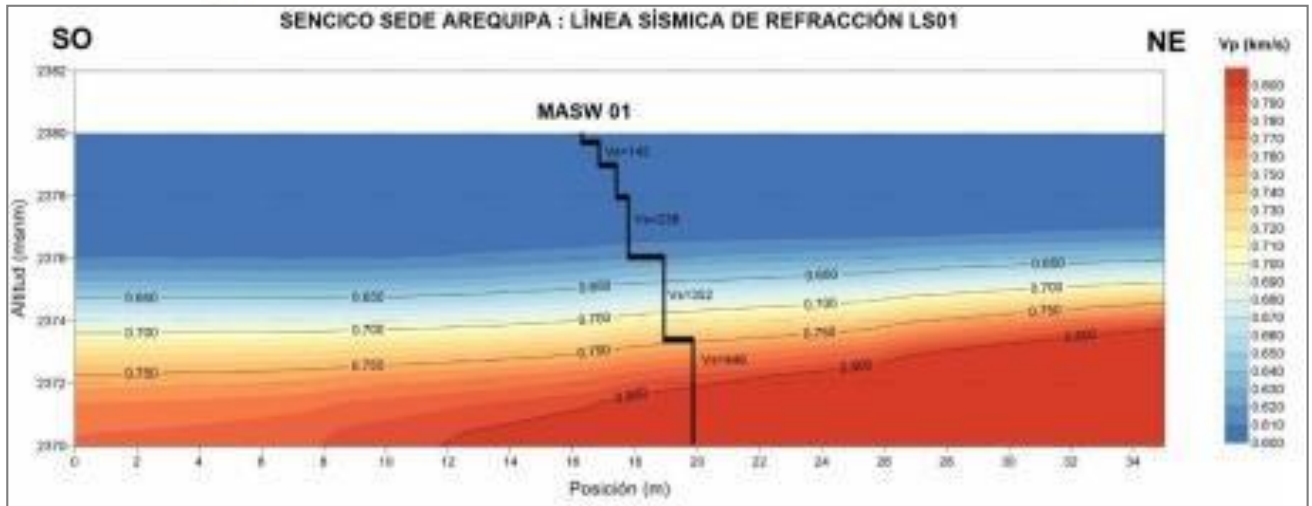


Figura 4.9: Perfil Geosísmico

Fuente: SENCICO, (2020)

De estos ensayos geofísicos se optó por utilizar el perfil de velocidad de onda de corte V_s obtenido del ensayo MAM-01 ya que brindaba una profundidad de prospección superior a todos los demás, siendo esta de 67,5 metros desde la superficie, y al encontrarse ubicado más cerca a la estación acelerográfica (EA), a diferencia del ensayo MAM-02.

Este ensayo MAM-01 fue realizado el 17/12/2018, y brinda una distribución de velocidades de onda de corte V_s tal como se encuentra expuesto en la siguiente Tabla: 4.4

Tabla 4.4: Descripción de capas del perfil

CAPAS DEL PERFIL						
CAPA	Profundidad Inicial	Profundidad Final	Espesor	Vs Inicial	Vs Final	SUCS
	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	
1	0,0	0,4	0,4	82,00	136,00	GP-GM
2	0,4	1,1	0,7	136,00	229,00	GP-GM
3	1,1	2,0	0,9	229,00	224,00	GP-GM
4	2,0	4,4	2,4	224,00	269,00	SM
5	4,4	8,1	3,7	269,00	443,00	SM
6	8,1	15,6	7,5	443,00	481,00	SM
7	15,6	23,1	7,5	481,00	499,00	Tufo
8	23,1	32,6	9,5	499,00	592,00	Tufo
9	32,6	67,5	34,9	592,00	850,00	Tufo

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Este perfil de velocidades de Onda de Corte Vs se muestra gráficamente en la siguiente Figura N° 4.10

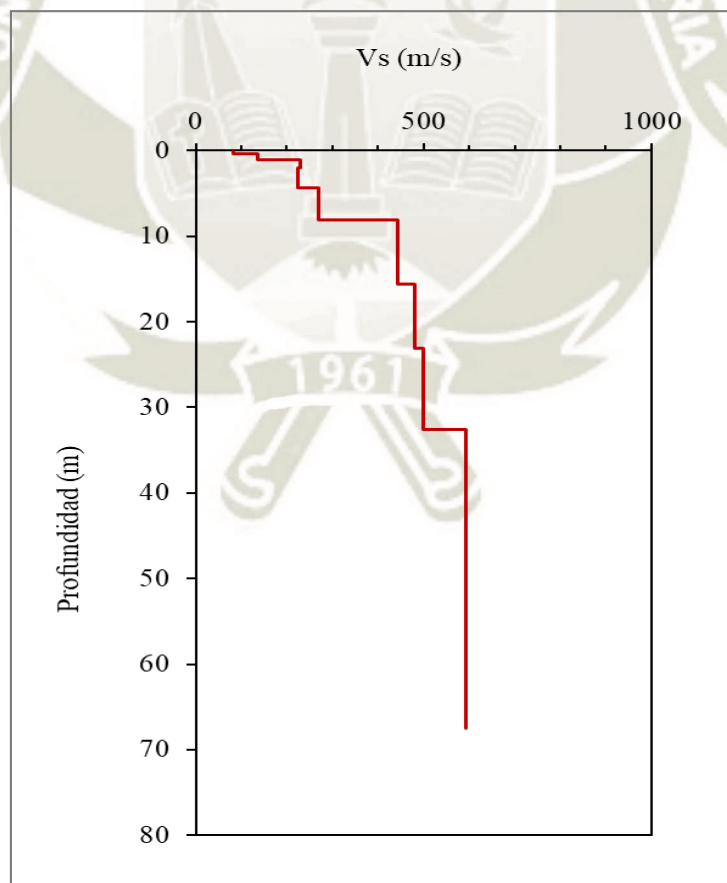


Figura 4.10: Perfil base

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Es importante mencionar que las capas planteadas están delimitadas por los cambios de velocidad de onda de corte y no necesariamente por las características geotécnicas de estas. Es por ello, por ejemplo, que las capas 1, 2 y 3 están conformadas por grava pobremente gradada con presencia de limo y arena. El material presente en las capas 4, 5 y 6 es arena limosa. A partir la capa 7 el suelo presente es roca fragmentada de naturaleza volcánica (Tufo volcánico riolítico - sillar) y este es el tipo de suelo que se asumió en la presente investigación hasta llegar al basamento rocoso.

Es a partir de este perfil conocido o “Perfil base” observado en la Figura N° 4.10, que se buscó aproximar el resto de las velocidades de onda de corte hasta el basamento rocoso de tal manera que se cumpliera con una condición de frontera y al mismo tiempo, buscando que el perfil estimado estuviera calibrado con el Periodo Fundamental medido in situ a través del Ensayo de Microtemores (HVSR).

En la Tabla N° 4.4 se puede observar que la V_s inicial de una capa cualquiera es igual a la V_s final de la capa inmediatamente anterior. De aquí se obtiene un claro punto de partida para las suposiciones de los parámetros “a” y “b” antes mencionados, ya que conocemos la V_s inicial de la primera capa desconocida.

4.4.1 DETERMINACIÓN DEL PERIODO FUNDAMENTAL DE LOS PERFILES PROPUESTOS:

Como se mencionó en el capítulo anterior, el periodo fundamental (T_0) es un parámetro que depende de depósito de suelo, es por ello que a cada una de las diferentes propuestas de distribución de V_s le corresponde un valor de T_0 . Por tal motivo, el primer paso para validar un perfil estimado consiste en corroborar que el periodo fundamental vinculado a esa distribución de velocidades satisfaga el periodo fundamental del sitio obtenido previamente mediante el ensayo de Microtemores. Este ensayo permite calcular el periodo fundamental de toda la masa comprendida bajo un punto en superficie. Se tienen cinco mediciones realizadas in situ, distribuidas a lo largo del recinto de SENCICO- Yanahuara, a continuación, en la Tabla N° 4.5, se presenta un resumen de estas:

Tabla 4.5: Ubicación de coordenadas y periodo fundamental

PERIODOS FUNDAMENTALES MEDIDOS IN SITU			
°	Coordenadas UTM		Periodo Fundamental
	Norte	Este	
1	8186780.000	228606.000	0.450
2	8186799.000	228622.000	0.434
3	8186825.000	228650.000	0.450
4	8186818.000	228628.000	0.403
5	8186841.000	228635.000	0.450

Fuente: Elaboración propia, (2021)

El periodo fundamental que se tomará de referencia para esta investigación es el promedio de los cinco valores mostrados en la Tabla N° 4.5, siendo este de 0.4374 s.

Para calcular el periodo fundamental de cada uno de los perfiles estimados se necesita obtener la función de transferencia del suelo, ya que al graficar esta, el primer pico que se observe corresponde a la frecuencia fundamental (f_0) del suelo. El período fundamental (T_0) es la inversa del f_0 . Esto queda gráficamente expuesto en la siguiente Figura N°4.11

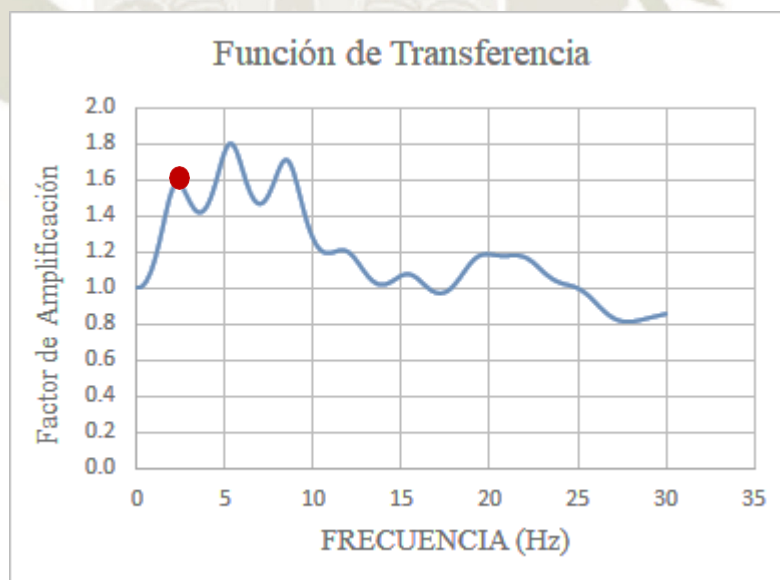


Figura 4.11: Periodo Fundamental

Fuente: Elaboración propia, (2021)

4.4.2 FUNCIONES DE TRANSFERENCIA TEÓRICA DE PERFILES ESTIMADOS

La función de transferencia (FT) de un sistema desde el punto de vista matemático vendría a ser el cociente entre dos datas, una de entrada y la otra de salida, las cuáles se desean comparar. En sismología, una función de transferencia es utilizada para analizar cómo se va comportando un movimiento (señal sísmica) a lo largo de un depósito de suelo ya que permite transferir una señal de entrada a una función de salida del sistema (Flores J, 2016). Una función de transferencia se puede utilizar para comparar dos emplazamientos y de esta manera conocer el efecto de sitio presente entre ambos. Así mismo, si un lugar posee registros tanto en superficie como en roca, se puede plantear una función de transferencia que permita evaluar la amplificación presente en el sitio, así como la respuesta de cualquier estrato previamente definido. Tal como se muestra en la Imagen N° 4.12.



Figura 4.12: Proceso de proyección de respuesta del terreno

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Un punto importante de mencionar es que una función de transferencia es una característica propia de cada depósito de suelo que depende también de una señal sísmica. Esto se explica por el comportamiento no lineal del suelo, ya que existe una dependencia entre las propiedades dinámicas del suelo con el nivel de deformaciones angulares (Errázuriz J, 2012) Las Funciones de transferencia se suelen representar a través de un gráfico en el que las frecuencias se encuentran en el dominio y las amplitudes en el rango, donde el periodo fundamental del sitio estará dado por el primer mayor valor de amplitud de la función de transferencia (Godoy, 2013)

En el caso de un terreno cuyo perfil de velocidad de onda de corte se incrementa de manera gradual, la función de transferencia resultante se encontrará a un periodo fundamental de vibración bien definido. En cambio, cuando el terreno presenta suelos de variadas rigideces,

con estratos de mayor rigidez ubicados sobre estratos de menor rigidez, la respuesta sísmica en superficie resulta más compleja, siendo posible la presencia de varios valores de T_0 en lugar de uno sólo (Besio, 2016).

En el presente trabajo se calcularon las funciones de transferencia teóricas de todos los perfiles estimados para de esta manera poder hallar sus periodos fundamentales correspondientes. Esto se realizó utilizando el programa DEGTRA A4, el cual utiliza el método Haskell – Thompson invertido, es decir se le ingresa un perfil de velocidad de onda de corte y una señal sísmica del lugar y el software da como resultado la Función de transferencia que permite que el suelo experimente esas velocidades de onda de corte en base a la señal sísmica de entrada.

4.4.2.1 Método Haskell - Thompson

Este método fue propuesto por Thompson (1950) y complementado por Haskell (1953). En este, los parámetros como la velocidad de onda de corte y el peso unitario de las capas que conforman el depósito de suelos a analizar son constantes, mientras que las características dinámicas están dadas por una función de transferencia previamente hallada correspondiente a ese depósito de suelo. Por lo que el comportamiento sísmico de la capa más profunda, por ejemplo, estará dado por la convolución de la señal de entrada $e(t)$ y $h(t)$.

- **Periodos Fundamentales obtenidos**

A continuación, se colocarán las gráficas de las funciones de transferencia pertenecientes a los diferentes perfiles de velocidad de onda de corte estimados que brindaron las mejores aproximaciones entre los diferentes espesores utilizados. La totalidad de las funciones de transferencia calculadas, así como sus periodos fundamentales correspondientes, se pueden encontrar en los Anexos.

- Mejor aproximación de los perfiles estimados con estratos de 10 metros de espesor

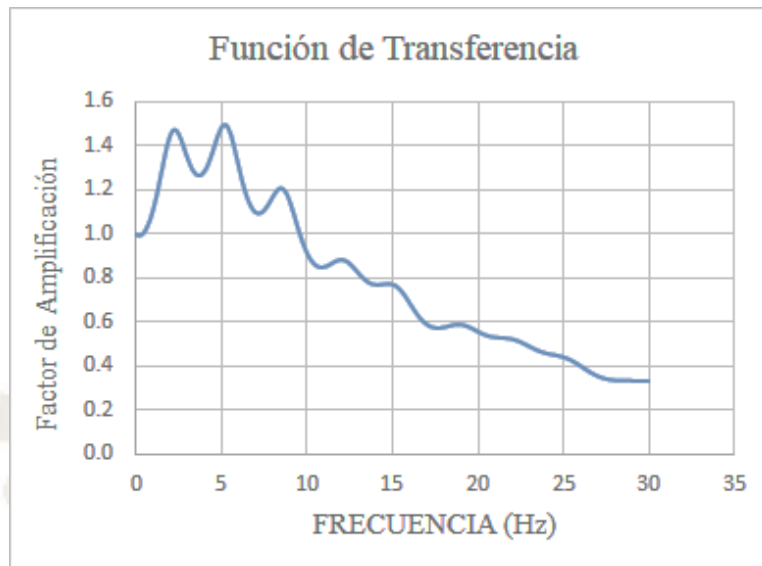


Figura 4.13: Función de transferencia cada 10 m

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Tabla 4.6: Descripción de constantes y T_0

CONSTANTES Y T_0	
Constante de ajuste "A"	846.095
Constante de ajuste "B"	0.002
Periodo Fundamental " T_0 "	0.44618755 s

Fuente: Elaboración propia, (2021)

- Mejor aproximación de los perfiles estimados con estratos de 25 metros de espesor



Figura 4.14: Función de transferencia cada 25 m

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Tabla 4.7: Descripción de constantes y T_0

CONSTANTES Y T_0	
Constante de ajuste "A"	836.429
Constante de ajuste "B"	0.005
Periodo Fundamental " T_0 "	0.44429721 s

Fuente: Elaboración propia, (2021)

- Mejor aproximación de los perfiles estimados con estratos de 50 metros de espesor

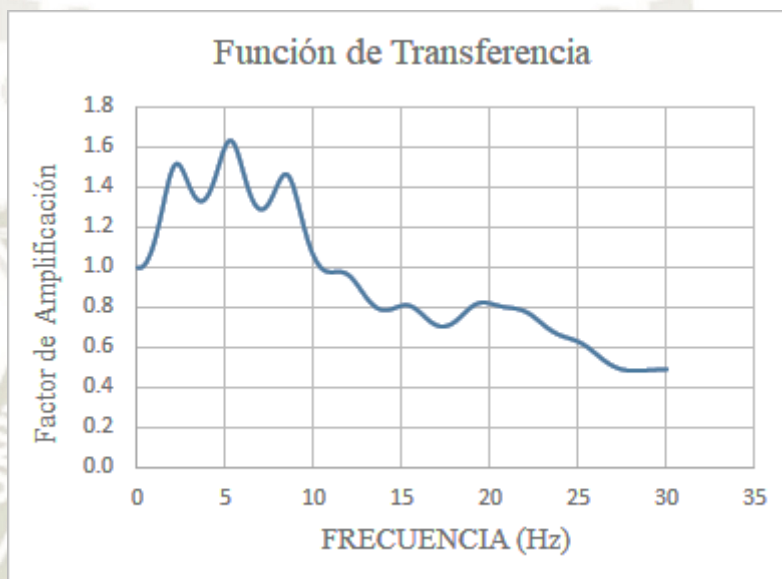


Figura 4.15: Función de transferencia cada 50 m

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Tabla 4.8: Descripción de constantes y T_0

CONSTANTES Y T_0	
Constante de ajuste "A"	827.039
Constante de ajuste "B"	0.007
Periodo Fundamental " T_0 "	0.44328992 s

Fuente: Elaboración propia, (2021)

- Mejor aproximación de los perfiles estimados con estratos de 100 metros de espesor

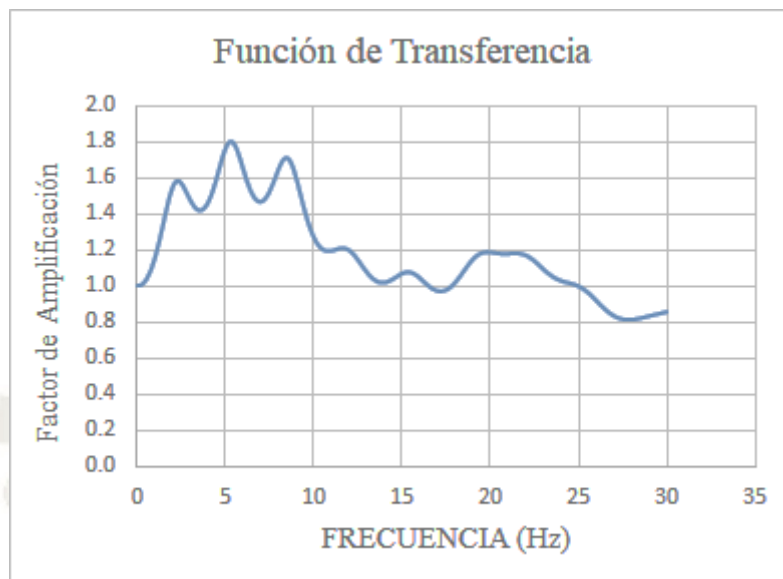


Figura 4.16: Función de transferencia cada 100 m

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Tabla 4.9: Descripción de constantes y T_0

CONSTANTES Y T_0	
Constante de ajuste "A"	324.824
Constante de ajuste "B"	0.2
Periodo Fundamental " T_0 "	0.4348204 s

Fuente: Elaboración propia, (2021)

A lo largo de este proceso se pudo observar que entre menor era la velocidad de onda de corte de los perfiles estimados, menor era el valor del Periodo Fundamental que le correspondía. En los perfiles que mayor número de capas tenían se obtuvieron periodos fundamentales más altos. A mayor cantidad de estimaciones que se realizaban se vio la tendencia que estaban tomando los perfiles que entre menor era el coeficiente de consolidación "B" mejores aproximaciones daban los periodos fundamentales, por tal motivo se optó por plantear perfiles que otorgaran menores valores de consolidación.

Finalmente se halló que el perfil estimado que mejor calibración con el periodo fundamental medido in situ otorgaba era el perfil que proponía que la última velocidad de onda de corte conocida se extendía de manera constante hasta la profundidad del basamento rocoso. El perfil estimado se presenta en la siguiente Tabla N° 4.9.

Tabla 4.9: Descripción de profundidades y V_s

PROFUNDIDADES Y V_s				
#	Z inicial	Z final	Espesor	V_s
1	0	0,4	0,4	82,000
2	0,4	1,1	0,7	136,000
3	1,1	2	0,9	229,000
4	2	4,4	2,4	224,000
5	4,4	8,1	3,7	269,000
6	8,1	15,6	7,5	443,000
7	15,6	23,1	7,5	481,000
8	23,1	32,6	9,5	499,000
9	32,6	67,5	34,9	592,000
10	67,5	161,2	93,7	850,000

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Así mismo, la representación gráfica del Perfil Estimado se puede apreciar en la siguiente Figura N° 4.17.

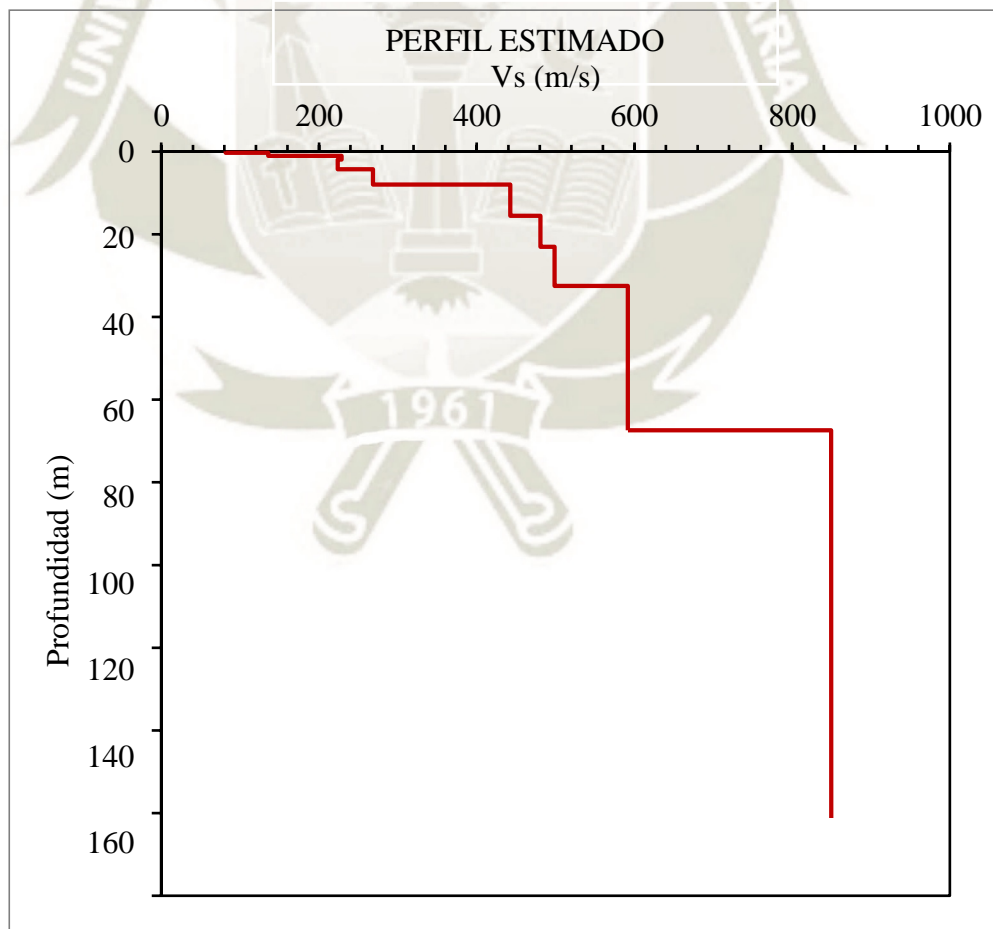


Figura 4.17: Perfil estimado

Fuente: Elaboración propia, (2021)

El periodo fundamental que este perfil estimado brindó fue de 0.4348204 s mientras que el medido in situ es de 0.4374 s. La variación es de 0.0026, que equivale al 0.5%, siendo este valor muy mínimo, pudiendo darse como válida la calibración por periodo fundamental realizada y pudiendo utilizar el perfil estimado para los siguientes pasos de la investigación.



CAPITULO V

5 ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SÍSMICA CON EL MÉTODO LINEAL EQUIVALENTE

A este punto de la investigación, ya se cuenta con un perfil de velocidad de onda de corte estimado hasta la profundidad del basamento rocoso, el cual se encuentra calibrado con el Periodo Fundamental medido in situ. El principal objetivo de este capítulo consiste en corroborar el perfil estimado por medio de la comparación estadística de las respuestas reales con las respuestas que se obtengan al analizar sísmicamente dicho perfil. El análisis que se lleva a cabo está regido por los lineamientos del método lineal – equivalente, esto se realizará con el apoyo del software DEEPSOIL V7.0. Dependiendo de estos resultados se podrá conocer si el perfil propuesto realiza una buena interpretación del subsuelo del recinto. Si esto sucede así, el perfil estimado podrá considerarse como un “Perfil Representativo” del lugar y de esta manera lograr que pase a ser una constante en la presente investigación. En caso los resultados no sean los esperados, será necesario volver a estimar otro perfil. Para alcanzar este objetivo se utilizaron los registros sísmicos de cinco eventos telúricos, cuya elección ya fue justificada en el Capítulo 3 del presente trabajo.

El programa DEEPSOIL V7.0 permite realizar análisis de respuesta sísmica del tipo Lineal, No Lineal y Lineal Equivalente. En la presente investigación se realizó el análisis por el método lineal equivalente (MLE). Para justificar la utilización este método al momento de analizar la respuesta sísmica de un sitio, se realizó una búsqueda bibliográfica, encontrándose un estudio realizado en el 2012 por la Junta de Investigación de Transporte (TRB) de los Estados Unidos, en el cual se expone la tendencia a seguir utilizando el método lineal equivalente frente a métodos no lineales más complejos debido precisamente a la dificultad que estos últimos suponen al momento de caracterizar un suelo de manera tridimensional. Existen varios ejemplos de análisis sísmicos realizados alrededor del mundo empleando el MLE, que han brindado resultados satisfactorios y que, por lo tanto, avalan su utilización.

5.1 ANÁLISIS LINEAL EQUIVALENTE DE LA RESPUESTA SÍSMICA

El análisis lineal equivalente se realizó utilizando el Software DEEPSOIL V7.0, el cual requiere de datos iniciales de entrada, entre información geotécnica y sísmica. Primeramente, se debe definir el tipo de análisis a realizar, en este caso será el MLE.

Seguidamente se procede a definir el perfil de suelo, para tal fin se requiere ingresar las siguientes propiedades para cada capa:

- Espesor de la capa
- Velocidad de onda de corte o módulo de corte inicial
- Peso Unitario
- Relación de amortiguación (%)

El basamento rocoso se asumió como un espacio semirígido, con un 5% de amortiguamiento y una velocidad de onda de corte de valor constante e igual a 2000 m/s. Las propiedades de los estratos antes mencionadas, para nuestro perfil estimado aparecen en el siguiente Tabla N° 5.1

Tabla 5.1: Descripción de estratos estudiados

ESTRATOS ESTUDIADOS						
CAPA	SUCS	PROF INICIAL	PROF. FINAL	ESPESOR	PESO ESPECÍFICO	Vsi
		m	M	m	kN/m ³	m/s
1	GP-GM	0,00	0,40	0,40	15,200	82,00
2	GP-GM	0,40	1,10	0,70	15,200	136,00
3	GP-GM	1,10	2,00	0,90	15,200	229,00
4	SM	2,00	4,40	2,40	15,220	224,00
5	SM	4,40	8,10	3,70	13,474	269,00
6	SM	8,10	15,60	7,50	12,817	443,00
7	-	15,60	23,10	7,50	12,935	481,00
8	-	23,10	32,6	9,50	13,514	499,00
9	-	32,6	67,50	34,9	13,514	592,00
10	-	67,50	161,20	93,7	13,514	850,00

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Una vez colocada la información geotécnica requerida de todas las capas, se procedió a ajustar las curvas de degradación del módulo de corte y de amortiguamiento, de tal manera que la respuesta simulada que se obtenga proporcione la mejor interpretación de la respuesta real. Estas curvas permiten otorgarle características dinámicas al perfil estimado en el capítulo anterior, y, en caso de obtenerse buenas aproximaciones, comprobadas estadísticamente, estas serán un punto de partida al momento de estudiar las propiedades no lineales del sitio estudiado, sobre todo a profundidad, ya que estas muestras son más complicadas de conseguir y ensayar, y pueden servir de referencia en próximos estudios de respuesta de sitio.

La elección de las curvas dinámicas de los suelos del recinto se realizó de la siguiente manera: 1) Para los estratos 1, 2 y 3 se escogió como curva de referencia la definida por la curva media de Seed & Idriss, 1970, ya que estos estratos se encuentran conformados por suelos GP-GM (grava pobremente gradada con limo y arena), llegando al 12% en contenido de limos, siendo está la curva que mejor se adecua. Para los estratos 4, 5 y 6 se utilizó el límite inferior de las curvas de arenas de Seed & Idriss, 1970, ya que estos estratos poseen alrededor de 38% de contenido de finos. Y finalmente los estratos del 7 hacia adelante son un tema más complejo debido a que el material que los conforma es roca fragmentada (tufo volcánico) con un RQD que va desde el 38% hasta el 48%, por lo que se cataloga como roca de calidad pobre casi en su totalidad. Debido a esto, y a la ausencia de estudios del comportamiento sísmico de este tipo de materiales y, por lo tanto, ausencia de curvas dinámicas específicas para estas condiciones, se optó por trabajar con este material asumiéndolo como un suelo granular. Por tal motivo se usó el límite superior de las curvas de Seed & Idriss, 1970, para caracterizar sus propiedades dinámicas. 2) Posteriormente se ajustaron las curvas dinámicas del suelo de estudio con las teóricas, y se guardaron para cada tipo de suelo según sus características.

Finalmente se seleccionaron los registros sísmicos previamente elegidos para realizar el análisis (las condiciones tomadas en cuenta para seleccionarlos ya se explicaron en el Cap.3) y se ejecutó el programa para generar los espectros elásticos de respuesta estimados.

5.2 ESPECTROS ELÁSTICOS DE RESPUESTA

Después de haberse realizado el análisis en el software DEEPSOILV7.0 y obtenerse las respuestas espectrales, se exportaron los datos a Microsoft Excel; para de esta manera elaborar las gráficas correspondientes. Para cada sismo se calcularon dos espectros de respuesta correspondientes a las componentes HNE y HNN. A continuación, se presentan las gráficas desarrolladas, en las cuales se muestran los resultados de los espectros simulados en base al perfil estimado, comparándolos con los espectros reales.

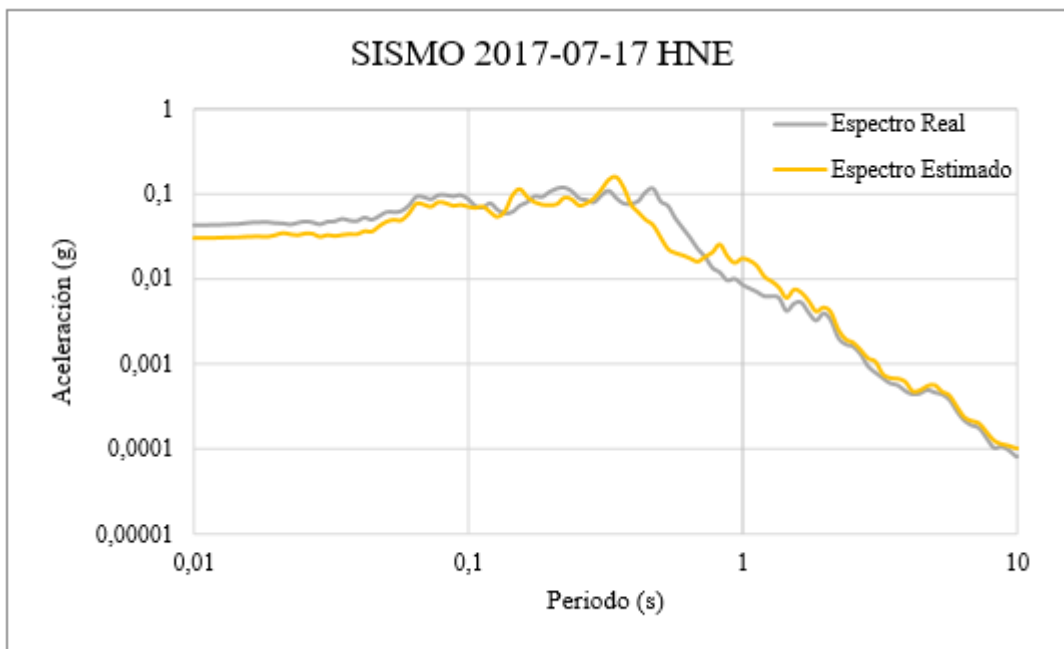


Figura 5.1: Comparación de espectros de respuesta Sismo 2017-07-17 HNE

Fuente: Elaboración propia, (2021)

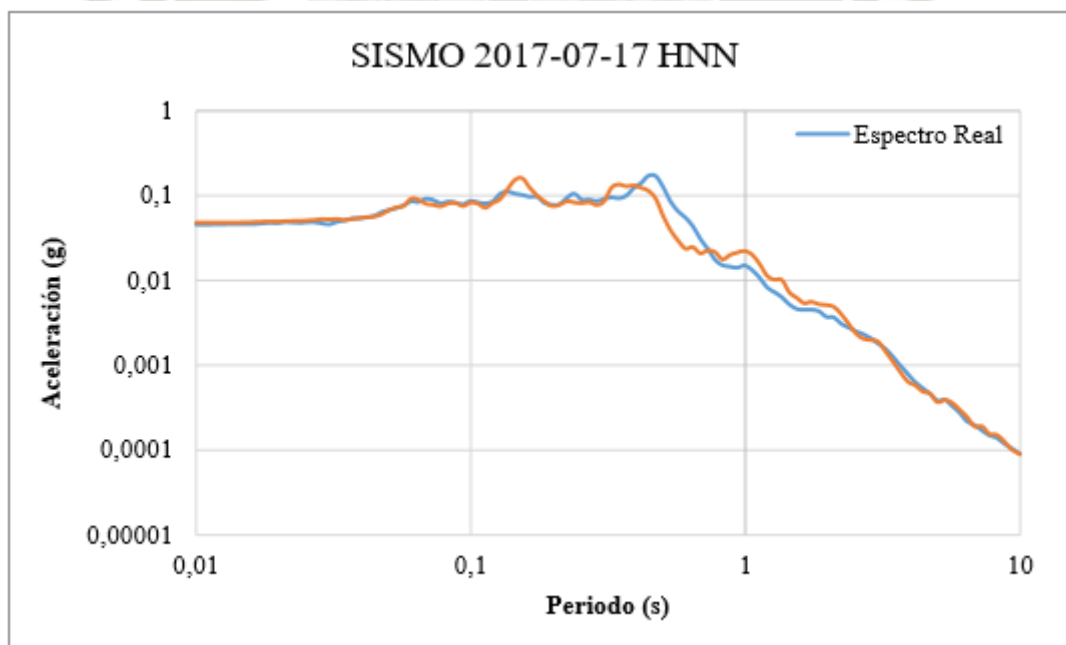


Figura 5.2: Comparación de espectros de respuesta Sismo 2017-07-17 HNN

Fuente: Elaboración propia, (2021)

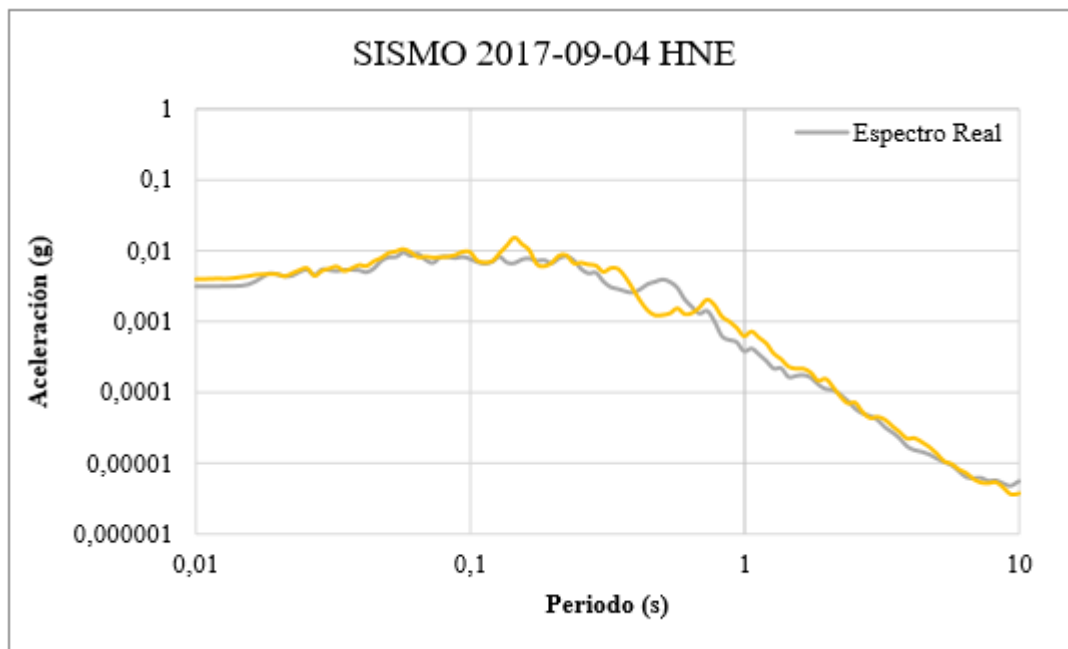


Figura 5.3: Comparación de espectros de respuesta Sismo 2017-09-04 HNE

Fuente: Elaboración propia, (2021)

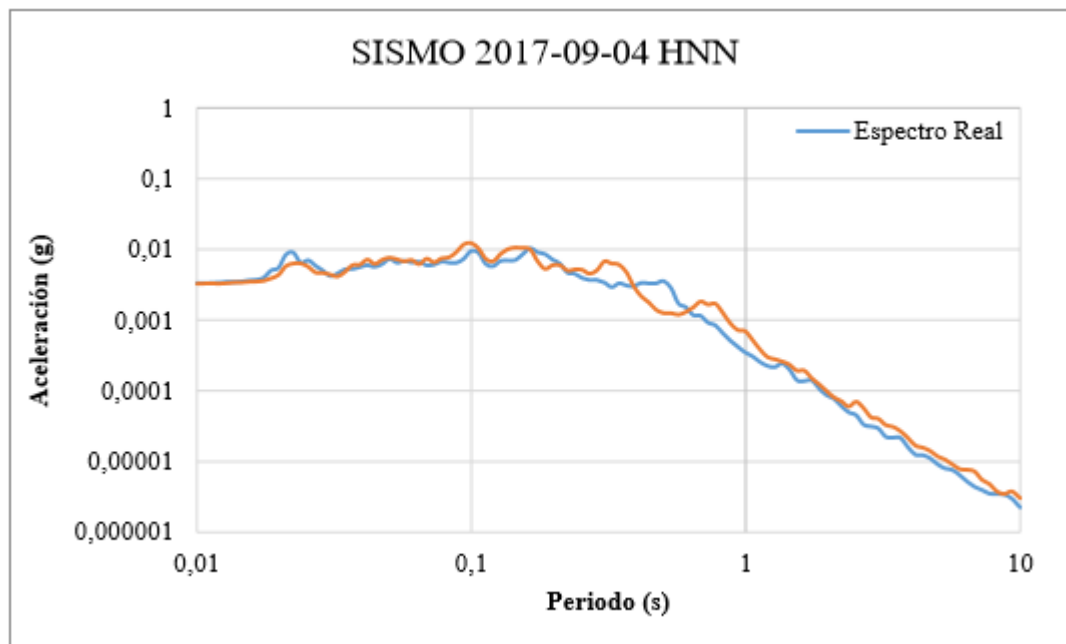


Figura 5.4: Comparación de espectros de respuesta Sismo 2017-09-04 HNN

Fuente: Elaboración propia, (2021)

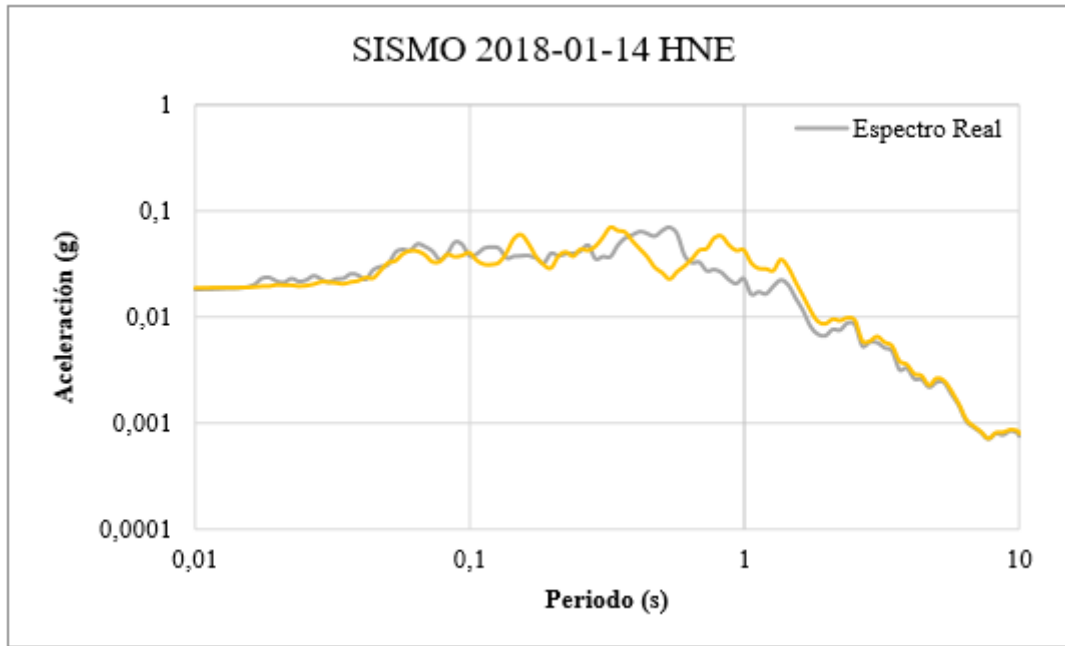


Figura 5.5: Comparación de espectros de respuesta Sismo 2018-01-14 HNE

Fuente: Elaboración propia, (2021)

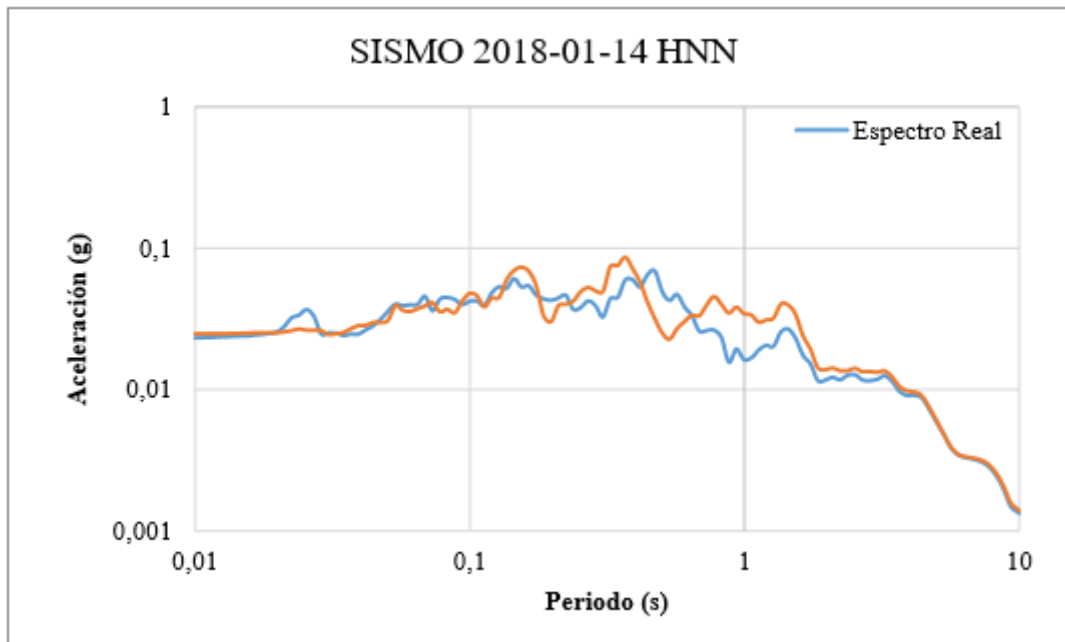


Figura 5.6: Comparación de espectros de respuesta Sismo 2018-01-14 HNN

Fuente: Elaboración propia, (2021)

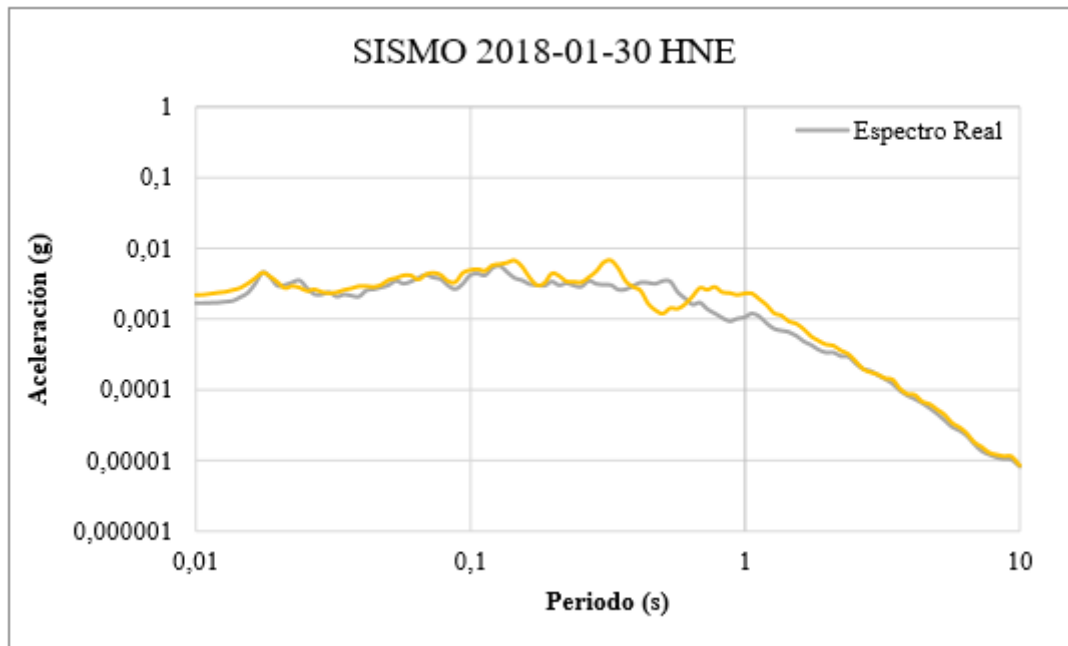


Figura 5.7: Comparación de espectros de respuesta Sismo 2018-01-30 HNE
Fuente: Elaboración propia, (2021)

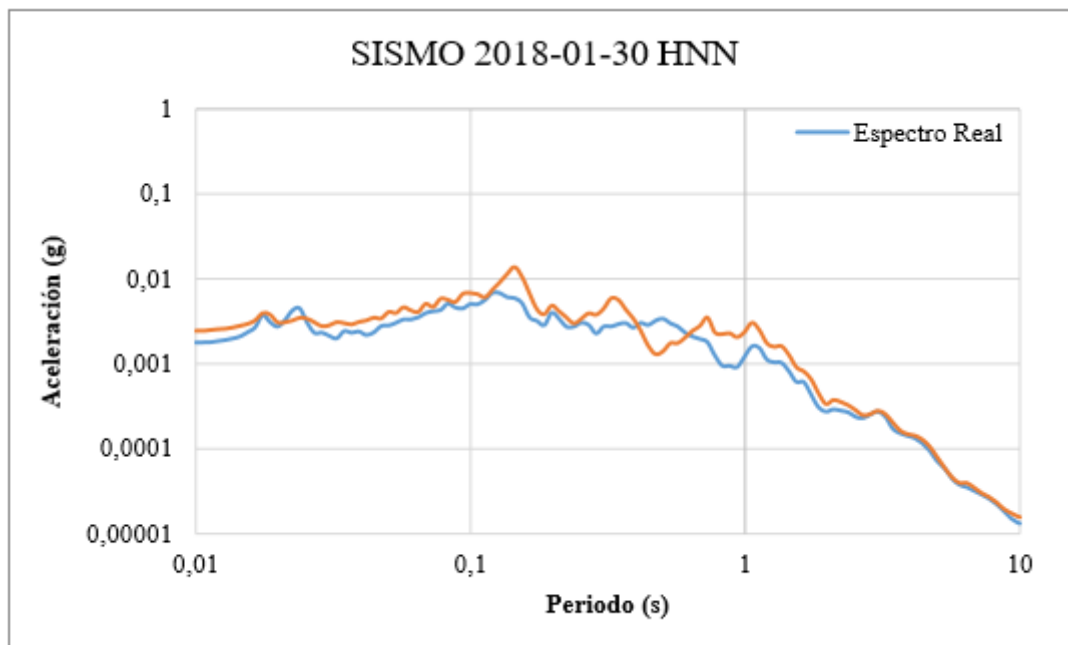


Figura 5.8: Comparación de espectros de respuesta Sismo 2018-01-30 HNN
Fuente: Elaboración propia, (2021)

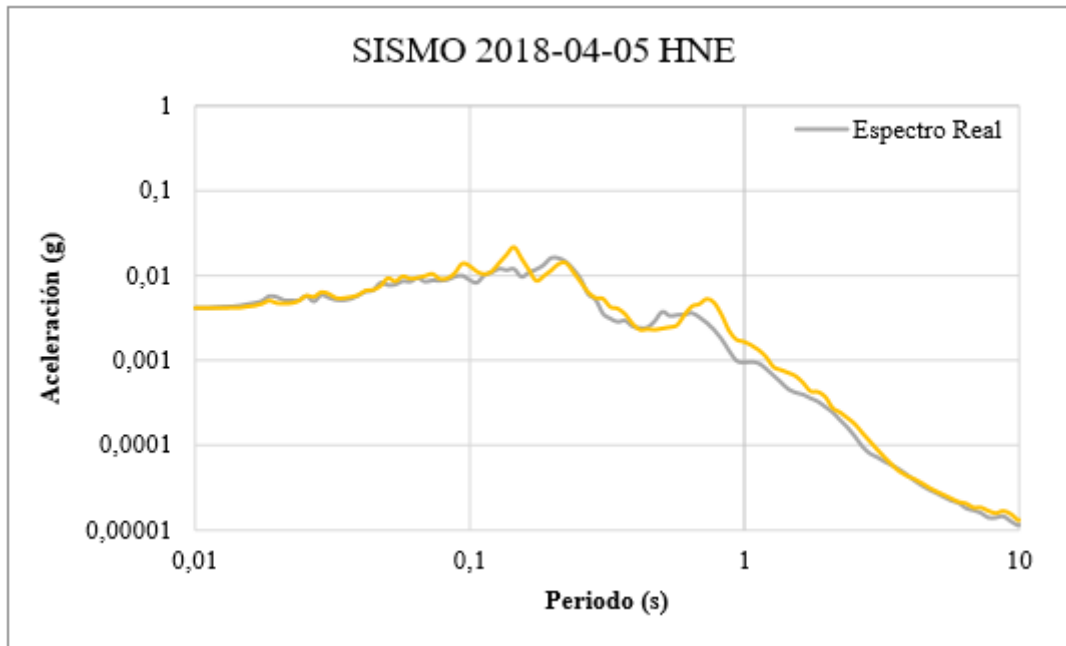


Figura 5.9: Comparación de espectros de respuesta Sismo 2018-04-05 HNE
Fuente: Elaboración propia, (2021)

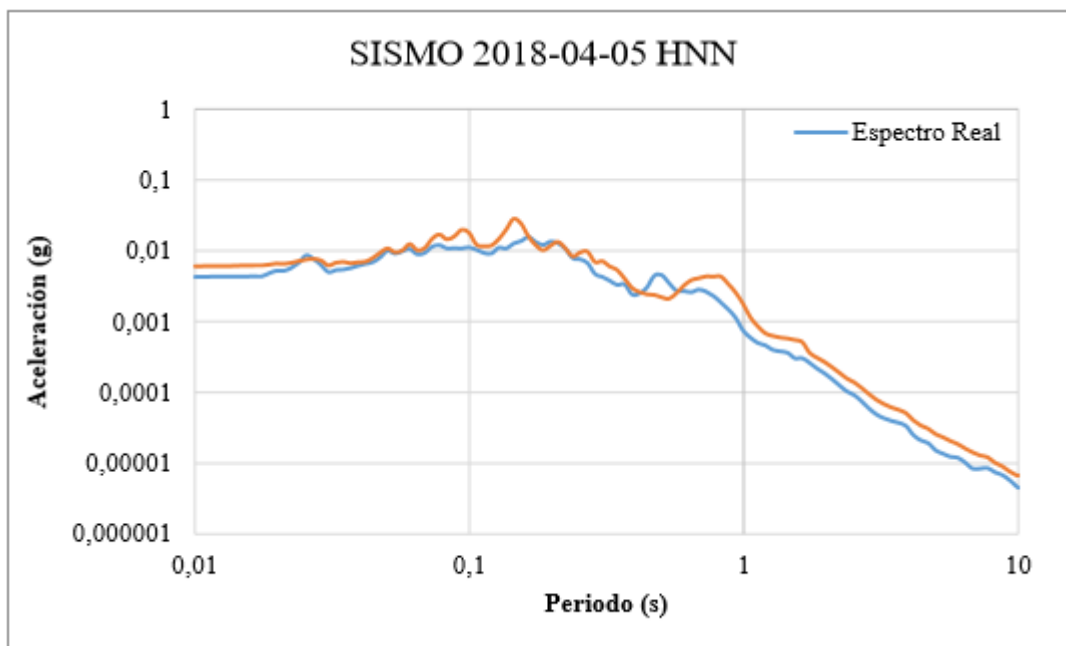


Figura 5.10: Comparación de espectros de respuesta Sismo 2018-04-05 HNN
Fuente: Elaboración propia, (2021)

5.3 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LA RESPUESTA REAL

El objetivo de este apartado es evaluar el comportamiento del perfil estimado en los puntos anteriores y analizar si representa adecuadamente a la realidad. Para esto se necesita contar con parámetros representativos sensibles a la comparación, que en el presente trabajo serán los Espectros de Respuesta Estimados y Reales, ya que estos condensan información significativa como son la frecuencia, la amplitud y la duración del movimiento. La metodología empleada en este punto consiste en comparar estadísticamente los dos tipos de espectros mencionados correspondientes a cada uno de los cinco sismos elegidos para este trabajo.

Debido a que la caracterización de un registro posee un sin número de parámetros, se considerará como parámetro representativo de la respuesta al Espectro de Respuesta, ya que sintetiza la información asociada al contenido de frecuencias, a la amplitud y a la duración del movimiento. Para evaluar la similitud de la respuesta modelada y la real, se realizará una cuantificación de la calidad de las predicciones, a través de los valores estadísticos pertinentes.

Para medir el error total del modelo, se calculará también el Error Cuadrado Medio (Root Mean Square Error, RMSE), el cual queda definido por la siguiente ecuación (Kaklamanos, 2010):

5.3.1 COEFICIENTE DE EFICIENCIA DE NASH

Para comparar la calidad de la respuesta estimada con el Método Lineal Equivalente, se utilizará una medida de ajuste denominada Coeficiente de Eficiencia de Nash-Sutcliffe (E) (Nash & Sutcliffe, 1970), la cual se utiliza en hidrología para evaluar la capacidad predictiva de los modelos. Este parámetro puede ser calculado mediante la siguiente fórmula:

$$E(\%) = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y}_t)^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \right) * 100\% \quad (5.1)$$

Ecuación 5.1: Coeficiente de eficiencia de Nash - Sutcliffe

Donde n corresponde al número de mediciones, Y_i son los valores observados (aceleraciones espectrales, S_a), los valores estimados se denotan \bar{Y}_i , y la media de todos los valores observados es \bar{Y} . El valor de E puede variar entre 0% y 100%, con los valores mayores indicando un mejor ajuste. Los valores entre 50% y 100% son generalmente considerados como un nivel de ajuste aceptable.

Tabla 5.2: Clasificación Estadística de Resultados

CLASIFICACIÓN SEGÚN RESULTADOS	
Calidad de Ajuste	Eficiencia (E)
Muy bueno	75% - 100%
Bueno	65% - 75%
Satisfactorio	50% - 65%
Insatisfactorio	$\leq 50\%$

Fuente: Godoy C., (2013)

5.3.2 COEFICIENTE DE SESGO PORCENTUAL

Por otro lado, para evaluar la “dispersión” de los resultados obtenidos con respecto a los resultados esperados, se utilizará el coeficiente denominado Sesgo Porcentual (Percent Bias, PB) el cual indica la sobre o subestimación sistemática en un modelo con respecto al valor real. Este estadístico queda definido por la siguiente ecuación (Kaklamanos, 2010):

$$PB(\%) = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{Y}_i) - \sum_{i=1}^n (Y_i)}{\sum_{i=1}^n (Y_i)} \right) * 100\% \quad (5.2)$$

Ecuación 5.1: Coeficiente de Sesgo Porcentual

Los valores que permiten clasificar las predicciones según su sesgo porcentual se pueden apreciar en la Tabla N°5.3. El valor óptimo de PB es 0%, valores positivos indican tendencia a subestimar y los valores negativos a sobrestimar.

Tabla 5.3: Clasificación Estadística de Resultados

CLASIFICACIÓN SEGÚN RESULTADOS	
Calidad de Ajuste	Sesgo porcentual (PB)
Muy bueno	$< \pm 10\%$
Bueno	$\pm 10\% - \pm 15\%$
Satisfactorio	$\pm 15\% - \pm 25\%$
Insatisfactorio	$\geq \pm 25\%$

Fuente: Godoy C., (2013)

5.4 VALIDACIÓN DEL PERFIL DE VELOCIDAD DE ONDA DE CORTE ESTIMADO

Ya que los espectros de respuesta se ven influenciados por diversos factores que no se han considerado en esta aproximación, principalmente el comportamiento no lineal del suelo el cual se asumió lineal equivalente y por diversas aproximaciones que se han ido realizando a lo largo del proceso de estimación, que ya se han explicado y justificado en los acápites correspondientes, no se esperaba obtener aproximaciones del 100%; sino lograr estimaciones satisfactorias que validaran el perfil estimado en el Capítulo anterior, así como las propiedades dinámicas elegidas para los diferentes estratos.

Tabla 5.4: Resumen de clasificación estadística

RESUMEN DE CLASIFICACIÓN ESTADÍSTICA									
Nombre	Lugar	Fecha	Magnitud		Comp	Coeficientes estadísticos			
			Valor	Tipo		E %		PB %	
Sismo 1	Arequipa	17-07-2017	6,3	ML	HNE	74,03	Muy bueno	-	Bueno
					HNN	83,23	Muy bueno	-2,25	Muy bueno
Sismo 2	Cuya - Chile	04-09-2017	5,2	MW	HNE	85,30	Muy bueno	13,27	Bueno
					HNN	86,17	Muy bueno	6,35	Muy bueno
Sismo 3	Lomas - Acarí	14-01-2018	6,8	MW	HNE	51,24	Satisfactorio	1,08	Muy bueno
					HNN	67,01	Bueno	7,29	Muy bueno
Sismo 4	Yauca - Arequipa	30-01-2018	5,5	ML	HNE	72,79	Muy bueno	19,98	Satisfactorio
					HNN	67,68	Bueno	24,01	Satisfactorio
Sismo 5	Iquique - Chile	05-04-2018	5,2	MW	HNE	86,87	Muy bueno	8,88	Muy bueno
					HNN	78,51	Muy bueno	21,48	Satisfactorio

Fuente: Elaboración propia, (2021)

CAPÍTULO VI

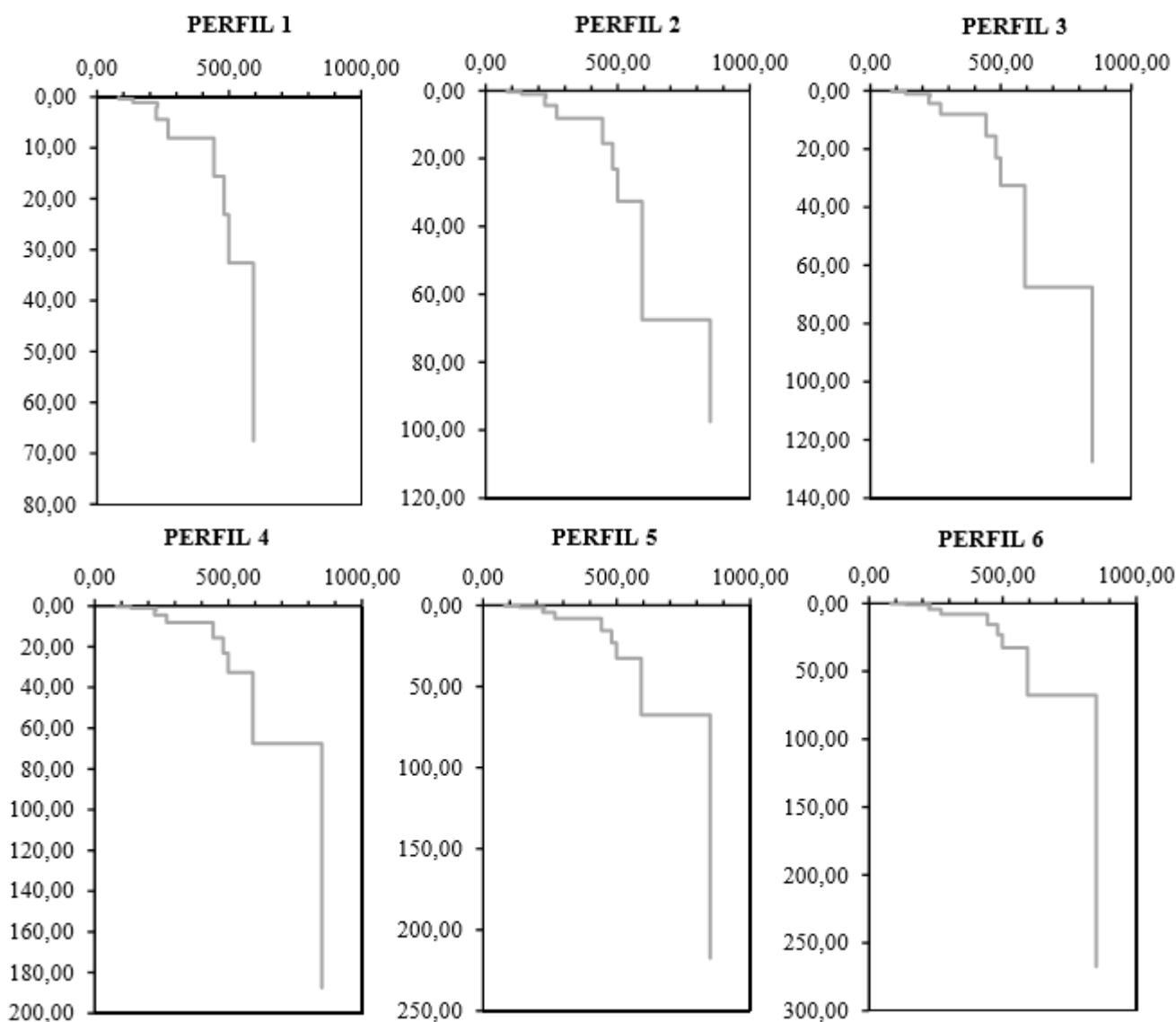
6 ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL VS30 COMO PARÁMETRO CLASIFICADOR DE SUELOS

6.1 GENERACIÓN DE PERFILES DERIVADOS

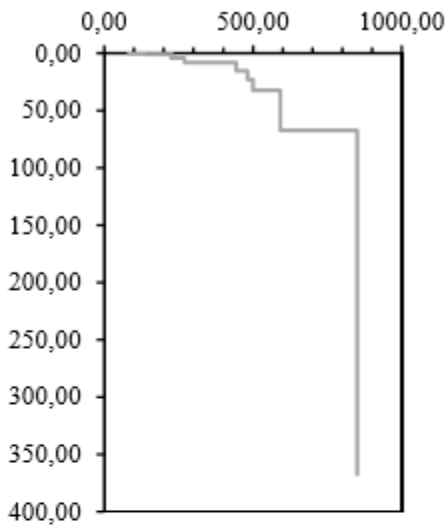
Luego de la comparación de nuestros resultados obteniendo una aproximación acertada, realizaremos una comparación entre la caracterización de sitio y la respuesta sísmica.

A partir del perfil generado se crearon 21 perfiles derivados divididos según alguna modificación:

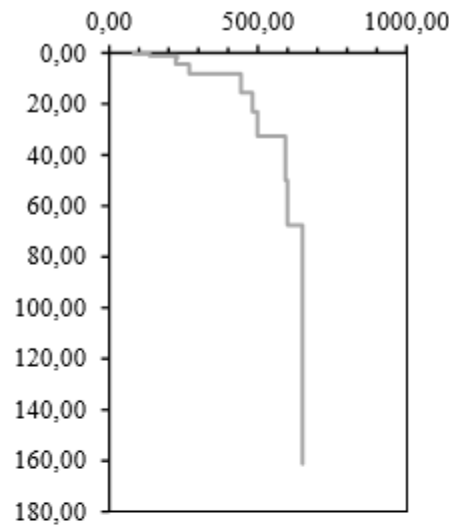
- Modificación de su profundidad hasta el basamento rocoso (Perfiles 1-7)
- Modificación de sus velocidades de corte (Perfiles 8-14)
- Modificación en su profundidad y su velocidad (Perfiles 15-21)



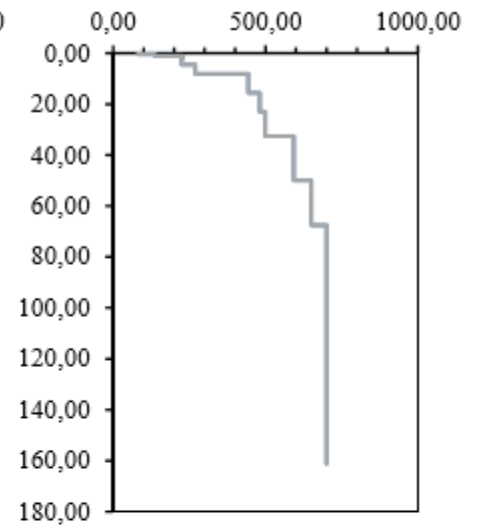
PERFIL 7



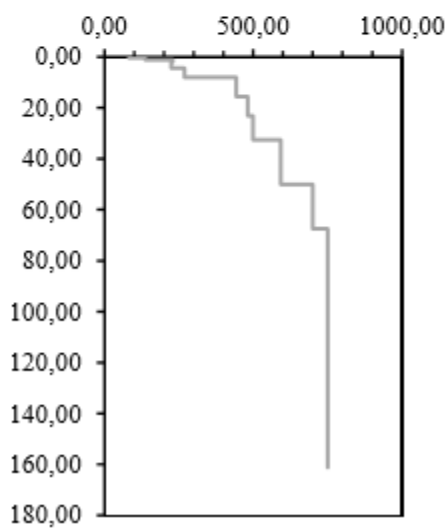
PERFIL 8



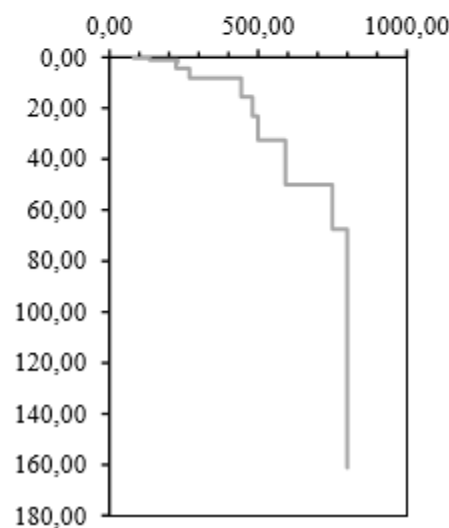
PERFIL 9



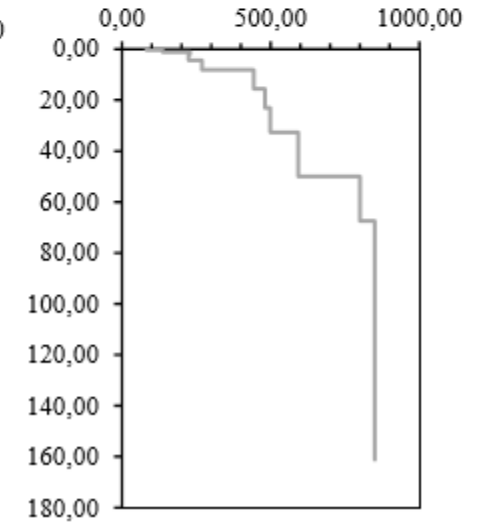
PERFIL 10



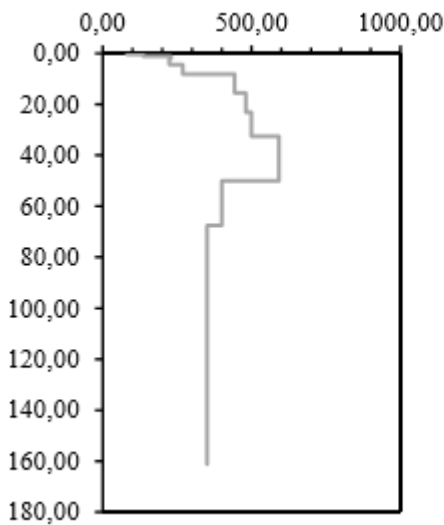
PERFIL 11



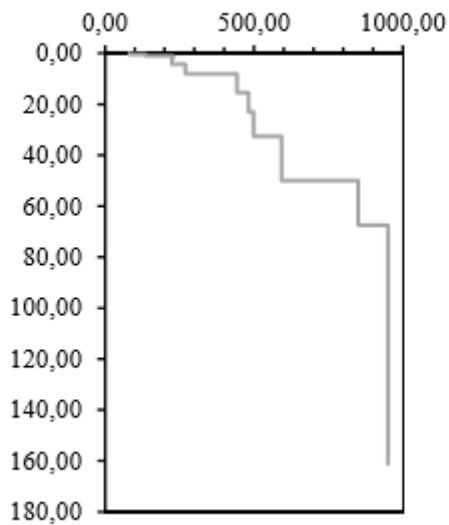
PERFIL 12



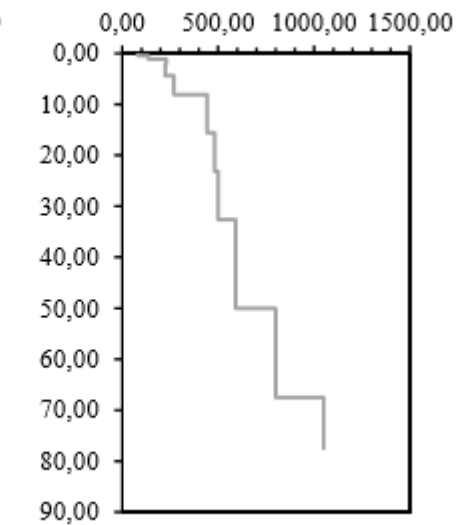
PERFIL 13



PERFIL 14



PERFIL 15



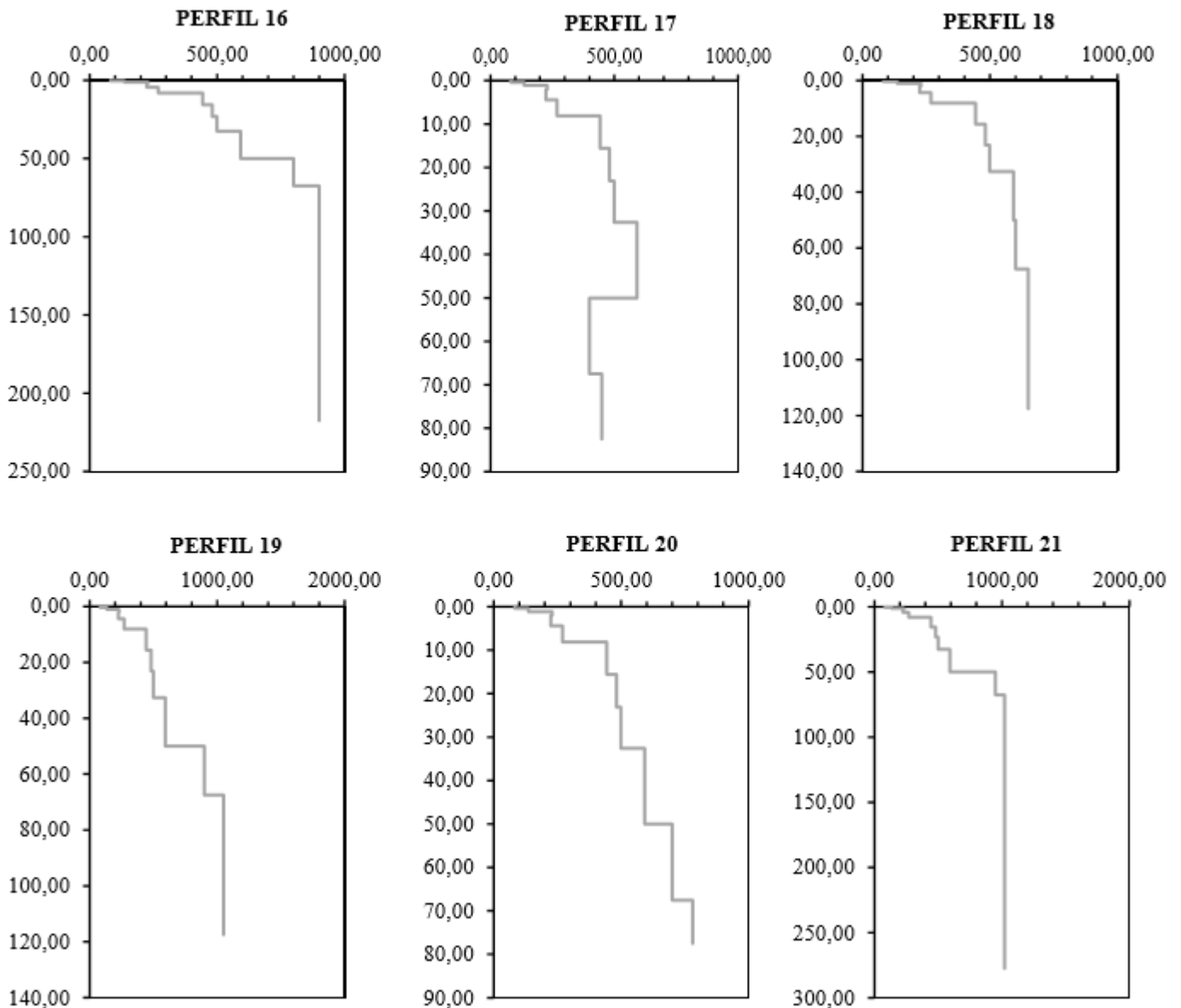


Figura 6.1: Perfiles derivados en base al perfil referencial estimado

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Los 21 perfiles generados corresponden a un mismo V_{s30} , dado que el perfil base para todos los perfiles generados tiene una profundidad de 50 m, en los cuales los datos se mantuvieron constantes. El T_0 fue calculado gracias al programa DEGTRA.

Con este set de perfiles se realizaron análisis de respuesta de sitio unidimensional mediante el método lineal equivalente, usando el programa DEEPSOIL.

6.2 ANÁLISIS DE LA RESPUESTA SÍSMICA

Todos los perfiles generados fueron sometidos al programa DEEPSOIL V7, y utilizando el Método Lineal Equivalente se obtuvo la Respuesta Sísmica de cada uno de ellos. En base a esos resultados se realizaron las figuras 6.2 y 6.3 que agrupan los Espectros de Respuesta de los 21 perfiles modificados según sus componentes HNE y HNN.

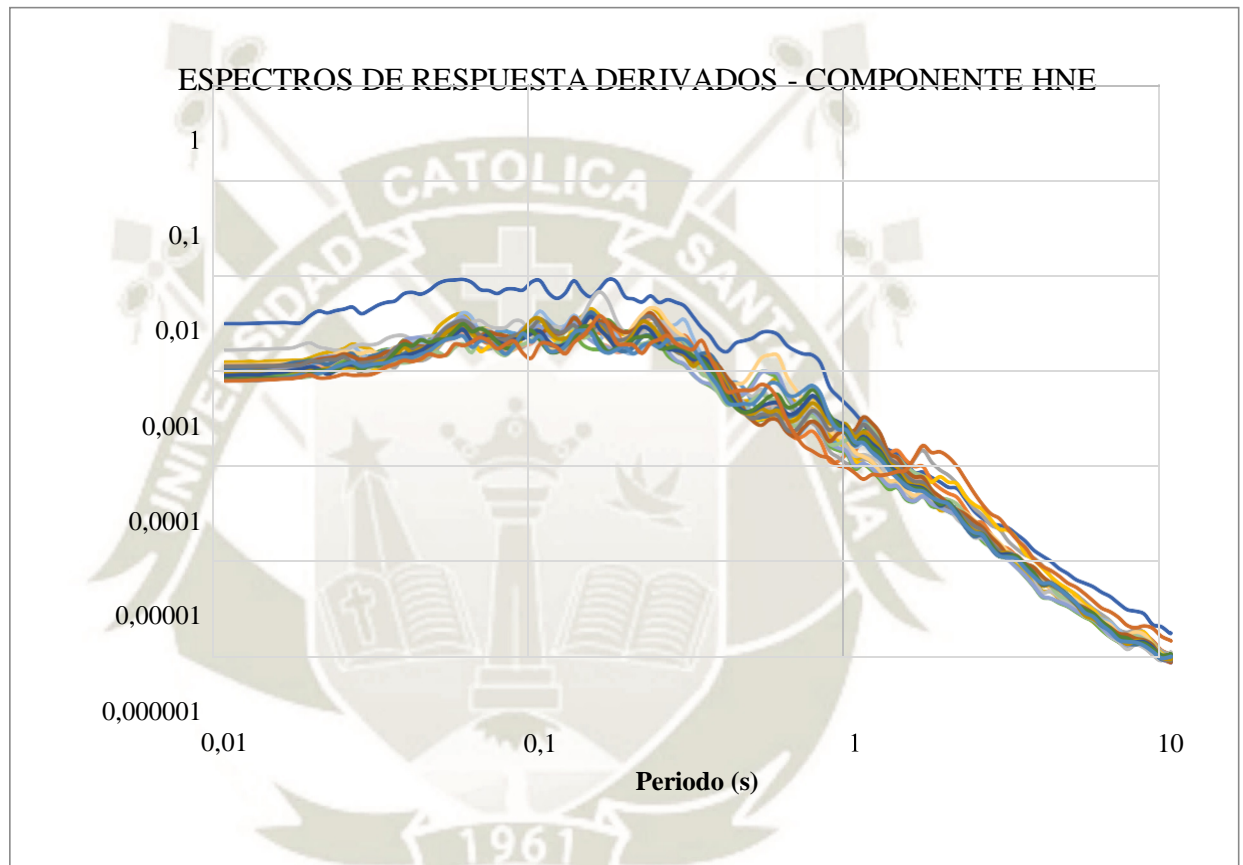


Figura 6.2: Espectros de respuesta de los perfiles derivados HNE

Fuente: Elaboración propia, (2021)

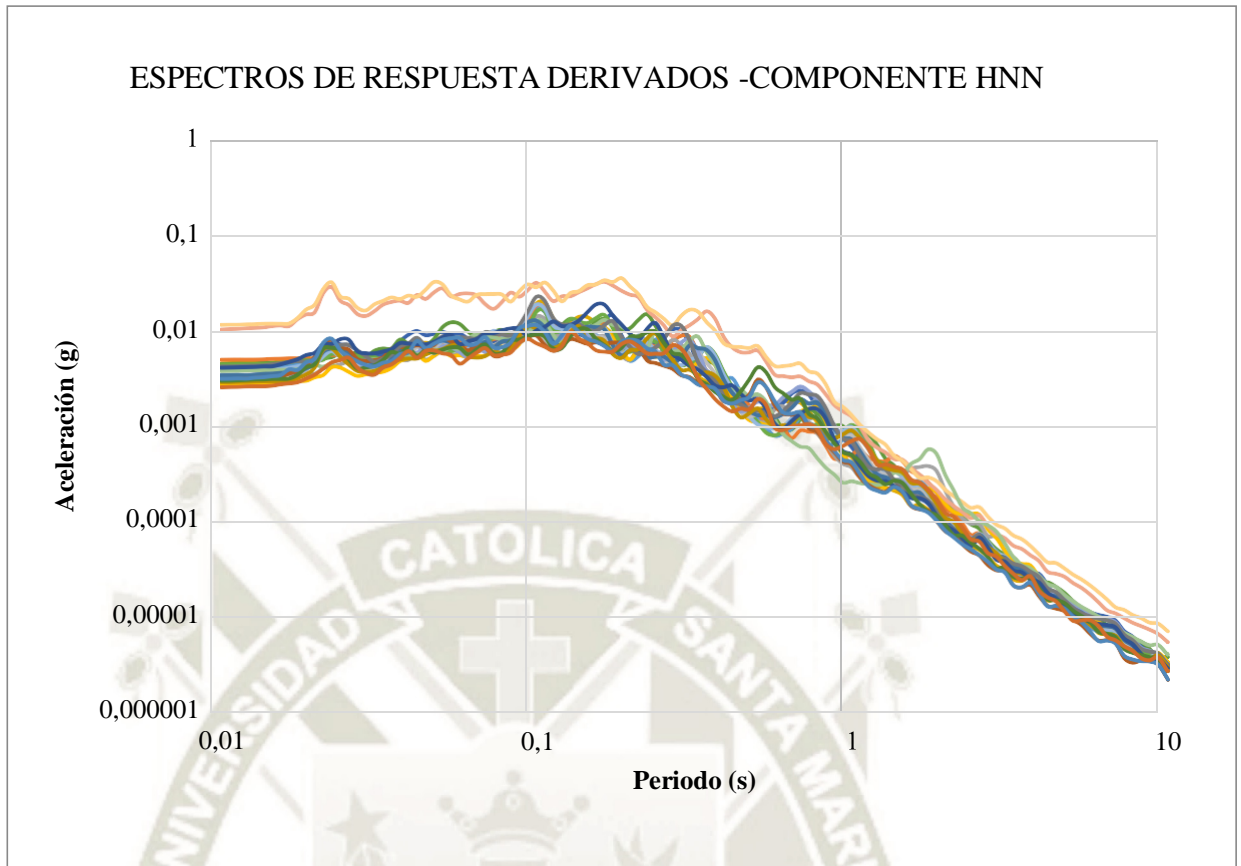


Figura 6.3: Espectros de respuesta de los perfiles derivados HNN

Fuente: Elaboración propia, (2021)

En primer lugar, se analizaron los perfiles derivados cuya variable fue la profundidad hasta el basamento rocoso. Aquí pudimos notar que otorgaban respuestas variadas, como se puede ver en el siguiente cuadro.

PERFIL	Componente	E		PB	
1	HNE	63%	Satisfactorio	30%	Insatisfactorio
	HNN	59%	Satisfactorio	13%	Bueno
2	HNE	54%	Satisfactorio	25%	Insatisfactorio
	HNN	63%	Satisfactorio	10%	Bueno
3	HNE	63%	Satisfactorio	15%	Bueno
	HNN	-73%	Insatisfactorio	208%	Insatisfactorio
4	HNE	71%	Bueno	9%	Muy Bueno
	HNN	85%	Muy Bueno	-2%	Muy Bueno
5	HNE	69%	Bueno	7%	Muy Bueno
	HNN	-78%	Insatisfactorio	239%	Insatisfactorio
6	HNE	75%	Muy Bueno	1%	Muy Bueno
	HNN	79%	Muy Bueno	-2%	Muy Bueno
7	HNE	71%	Bueno	-1%	Muy Bueno
	HNN	75%	Muy Bueno	9%	Muy Bueno

Figura 6.4: Cuadro de resultados estadísticos de los perfiles modificados en base a la profundidad al basamento rocoso

Fuente: Elaboración propia, (2021)

De los 7 perfiles analizados (del 1 al 7), 4 otorgaron resultados insatisfactorios en al menos una de sus componentes al compararlos con el Espectro de Respuesta Real.

En cuanto a los perfiles cuya variable fue la distribución de velocidad de onda de corte (del 8 al 14), otorgaron los siguientes resultados:

PERFIL	Componente	E		PB	
		Porcentaje	Calificación	Porcentaje	Calificación
8	HNE	50%	Insatisfactorio	43%	Insatisfactorio
	HNN	49%	Insatisfactorio	20%	Satisfactorio
9	HNE	-75%	Insatisfactorio	261%	Insatisfactorio
	HNN	56%	Satisfactorio	25%	Insatisfactorio
10	HNE	50%	Insatisfactorio	30%	Insatisfactorio
	HNN	66%	Bueno	27%	Insatisfactorio
11	HNE	58%	Satisfactorio	20%	Satisfactorio
	HNN	71%	Bueno	8%	Muy Bueno
12	HNE	70%	Bueno	13%	Bueno
	HNN	57%	Satisfactorio	18%	Satisfactorio
13	HNE	75%	Muy Bueno	-1%	Muy Bueno
	HNN	77%	Muy Bueno	-5%	Muy Bueno
14	HNE	71%	Bueno	7%	Muy Bueno
	HNN	77%	Muy Bueno	-10%	Bueno

Figura 6.5: Cuadro de resultados estadísticos de los perfiles modificados en base a la distribución de velocidades de onda

Fuente: Elaboración propia, (2021)

En este caso, los resultados fueron de variada calidad ya que algunos perfiles derivados brindan respuestas que se aproximan estadísticamente a la respuesta real del suelo, mientras que otras otorgan un resultado insatisfactorio, como son el caso del perfil 8, 9 y 10.

Por último, se analizaron los perfiles que fueron modificados en base a dos variables, tanto en profundidad hasta el basamento rocoso, como en su distribución de velocidades a partir de los 50 metros (perfiles de 15 al 21). Al igual que en los otros dos casos anteriores, se obtuvieron respuestas variadas, algunos perfiles brindaron aproximaciones buenas de la respuesta real del suelo, como son el caso del perfil 15, 17, 20 y 21; mientras que otros otorgaron respuestas insatisfactorias como son el perfil 16, 18 y 19.

PERFIL	Componente	E		PB	
15	HNE	64%	Satisfactorio	4%	Muy Bueno
	HNN	90%	Muy Bueno	-7%	Muy Bueno
16	HNE	33%	Insatisfactorio	32%	Insatisfactorio
	HNN	32%	Insatisfactorio	28%	Insatisfactorio
17	HNE	64%	Satisfactorio	7%	Muy Bueno
	HNN	84%	Muy Bueno	-10%	Bueno
18	HNE	5%	Insatisfactorio	54%	Insatisfactorio
	HNN	48%	Insatisfactorio	27%	Insatisfactorio
19	HNE	37%	Insatisfactorio	31%	Insatisfactorio
	HNN	90%	Muy Bueno	-3%	Muy Bueno
20	HNE	59%	Satisfactorio	20%	Satisfactorio
	HNN	88%	Muy Bueno	-1%	Muy Bueno
21	HNE	71%	Bueno	-1%	Muy Bueno
	HNN	75%	Muy Bueno	9%	Muy Bueno

Figura 6.6: Cuadro de resultados estadísticos de los perfiles modificados en base a la profundidad al basamento rocoso y a la distribución de velocidades de onda

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Con estos resultados se pudo concluir que las variables según las cuales se modificaron los perfiles no fueron determinantes al momento de realizar los análisis sísmicos, ya en los 3 grupos se vieron respuestas mixtas, algunas brindando resultados parecidos al real, mientras que otras brindaron resultados insatisfactorios.

	PERFIL	RESULTADO
Modificaciones por Profundidad	1	Insatisfactorio
	2	Insatisfactorio
	3	Insatisfactorio
	4	Muy Bueno
	5	Insatisfactorio
	6	Muy Bueno
	7	Muy Bueno
Modificaciones por Velocidad	8	Insatisfactorio
	9	Insatisfactorio
	10	Insatisfactorio
	11	Bueno
	12	Satisfactorio
	13	Muy Bueno
	14	Muy Bueno
Modificaciones Mixtas	15	Muy Bueno
	16	Insatisfactorio
	17	Bueno
	18	Insatisfactorio
	19	Insatisfactorio
	20	Muy Bueno
	21	Muy Bueno

Figura 6.7: Resumen de los resultados estadísticos de los 21 perfiles modificados

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Así mismos estas respuestas nos dan a entender que el parámetro clasificador V_{s30} no es del todo fiable al momento de clasificar los suelos ya que se han podido observar respuestas de variada calidad en comparación con la respuesta real del suelo, a pesar de que todos los perfiles tienen el mismo parámetro V_{s30} en común.

También se quiso estudiar la existencia de alguna posible correlación entre los parámetros sísmicos como son la Máxima Aceleración Espectral (MaxSA), la Amplificación o Razón de Espectro de Fourier Media (MeanAmp) y la Intensidad de Arias (IA) en función del período fundamental y la velocidad de onda de corte promedio en los 30 primeros metros. Para tal caso se realizaron gráficos de dispersión. En ambos casos las gráficas muestran poca tendencia de aproximación y una dispersión considerable para cada parámetro, lo cual nos da el indicio que un suelo con un mismo V_{s30} puede amplificar de forma muy variada.

Con la obtención de la respuesta sísmica se utilizaron como indicativos los siguientes parámetros:

1. Máxima Aceleración Espectral (MaxSA)
2. Amplificación o Razón de Espectro de Fourier Media (MeanAmp)
3. Intensidad de Arias (IA)

Estos gráficos no logran mostrar tendencias claras de la respuesta en función del período fundamental. Por otro lado, los gráficos en función del V_{s30} muestran escasas tendencias, así como una gran variabilidad de la respuesta para un mismo valor. Lo anterior, nuevamente pone en cuestionamiento este parámetro como único clasificador, ya que sitios con un mismo valor de V_{s30} pueden amplificar de forma drásticamente distinta. Probablemente, una mejor forma de clasificar un sitio sea utilizar ambos enfoques, por un lado un parámetro que entregue características espectrales y por otro, un parámetro que entregue características de rigidez.

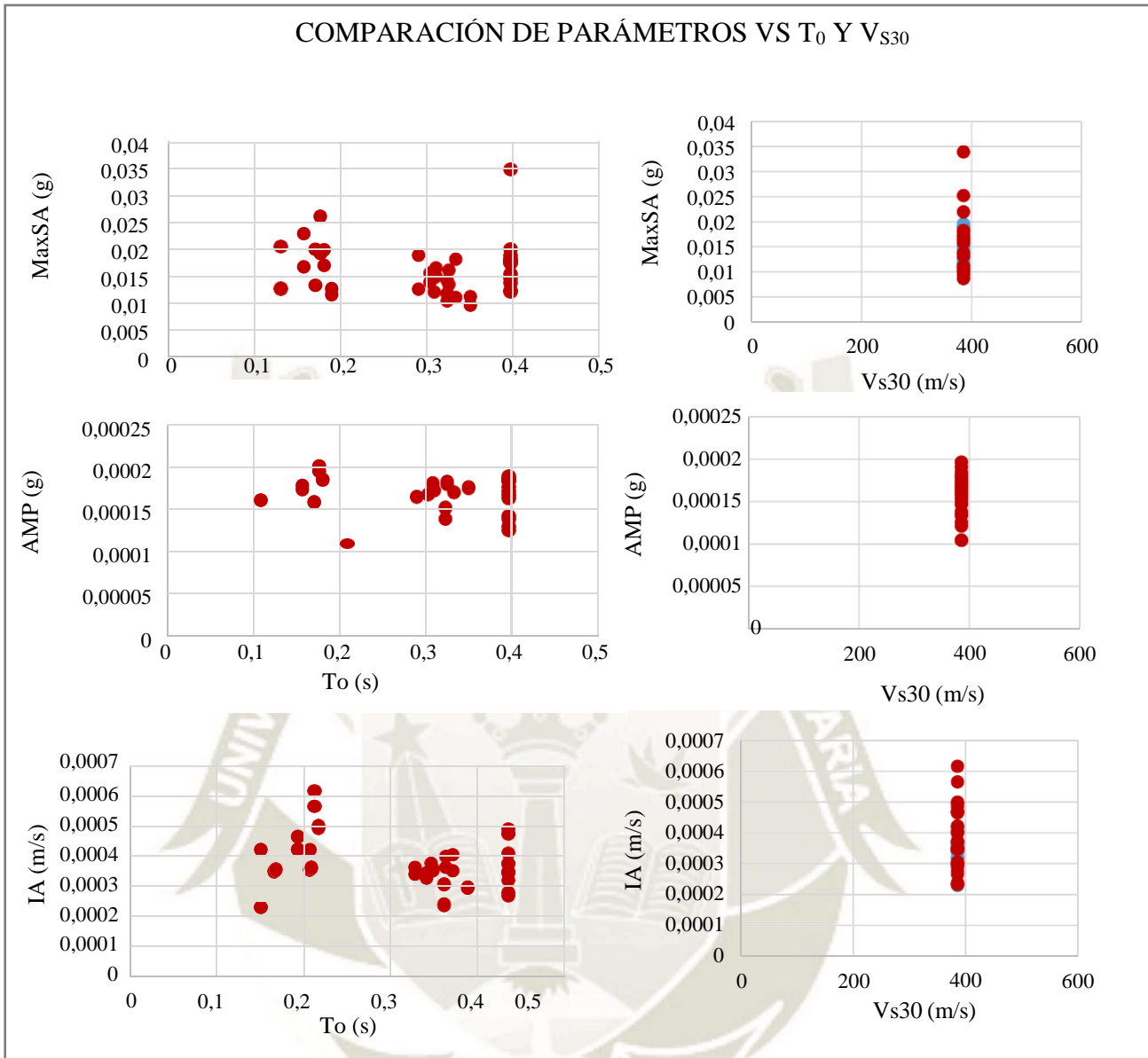


Figura 6.4: Comparación de parámetros vs T_0 y V_{s30}

Fuente: Elaboración propia, (2021)

A continuación, se presenta un estudio de las tendencias de la respuesta del suelo en función de los parámetros antes mencionados

6.2.1 Máxima Aceleración Espectral (MaxSA)

Se estudió la máxima Aceleración Espectral en relación con el periodo fundamental, como se puede ver en la siguiente figura:

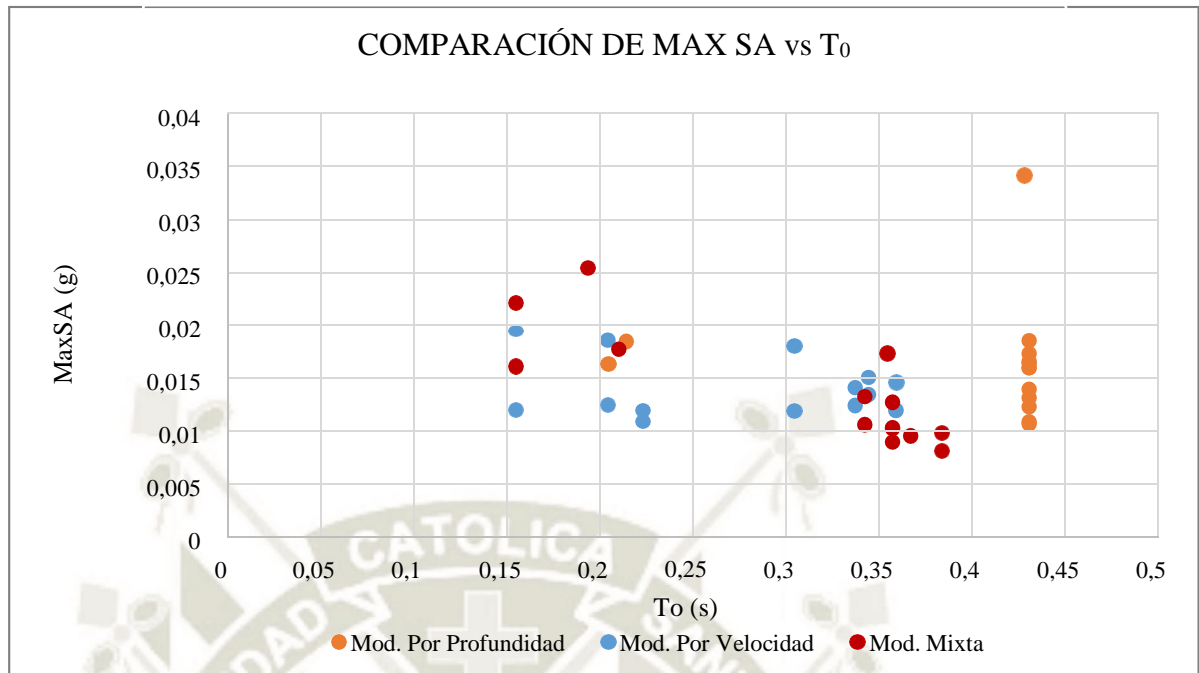


Figura 6.5: Comparación de Max SA vs T₀

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Como se aprecia en la figura, no existe una tendencia clara sobre la influencia de ambos parámetros evaluados, pero si podemos determinar una congruencia en el periodo al cambiar la profundidad del último estrato. Tal como se muestra en la figura. 5 de los 7 perfiles creados que fueron modificados solo por Profundidad convergen en el mismo periodo de 0.43 s, (sucesión de puntos anaranjados).

Si bien la tendencia no es muy clara, podemos apreciar que la mayoría de valores altos de aceleración se dan con periodos de menor magnitud, y de caso contrario con periodos más altos obtenemos en su mayoría, aceleraciones más bajas.

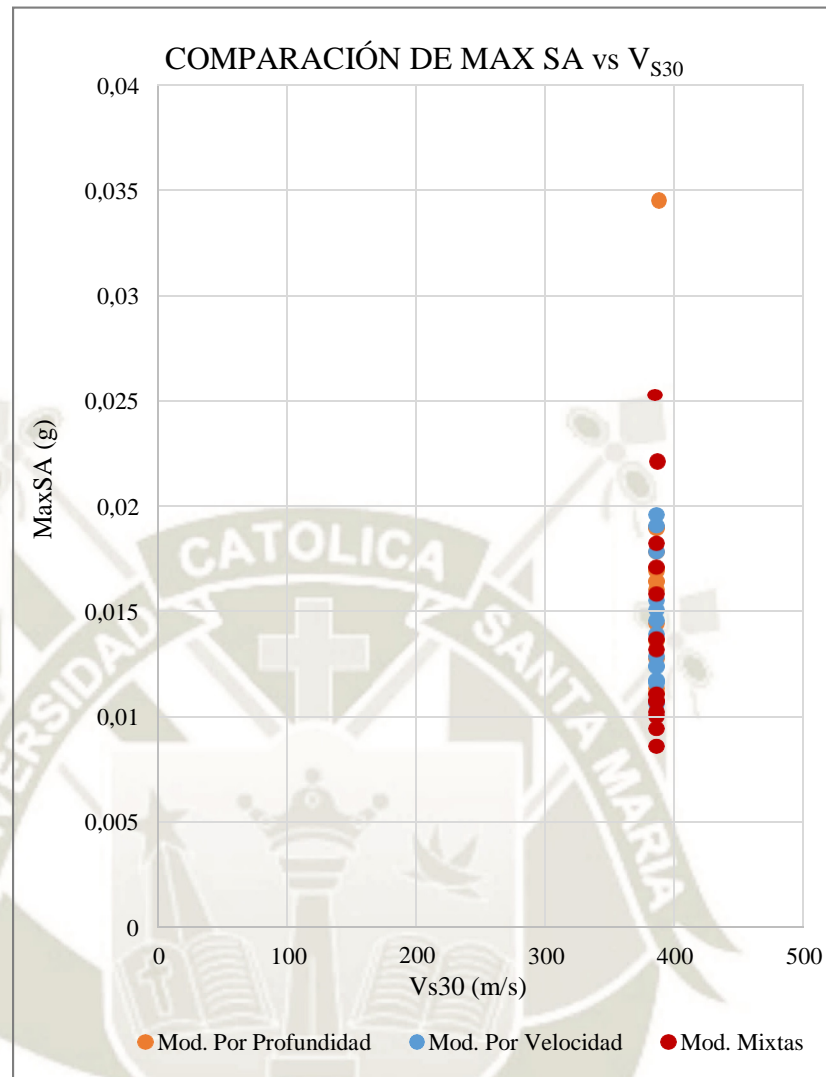


Figura 6.6: Comparación de Max SA vs V_{s30}

Fuente: Elaboración propia, (2021)

También se realizó la comparación con el V_{s30} , no se encontró una tendencia clara sobre su comparación; sin embargo, pudimos notar la mayor presencia de valores de menor magnitud y algunos valores sobresalientes. Con la dispersión de los valores de aceleraciones máximas podemos notar que el parámetro V_{s30} no describe con exactitud esta respuesta, ya que muchos perfiles con el mismo valor pueden comportarse de forma diferente.

6.2.2 Amplificación o Razón de Espectro de Fourier Media (MeanAmp)

Se estudió la Amplificación Media en relación con el periodo fundamental, como se puede ver en la siguiente figura:

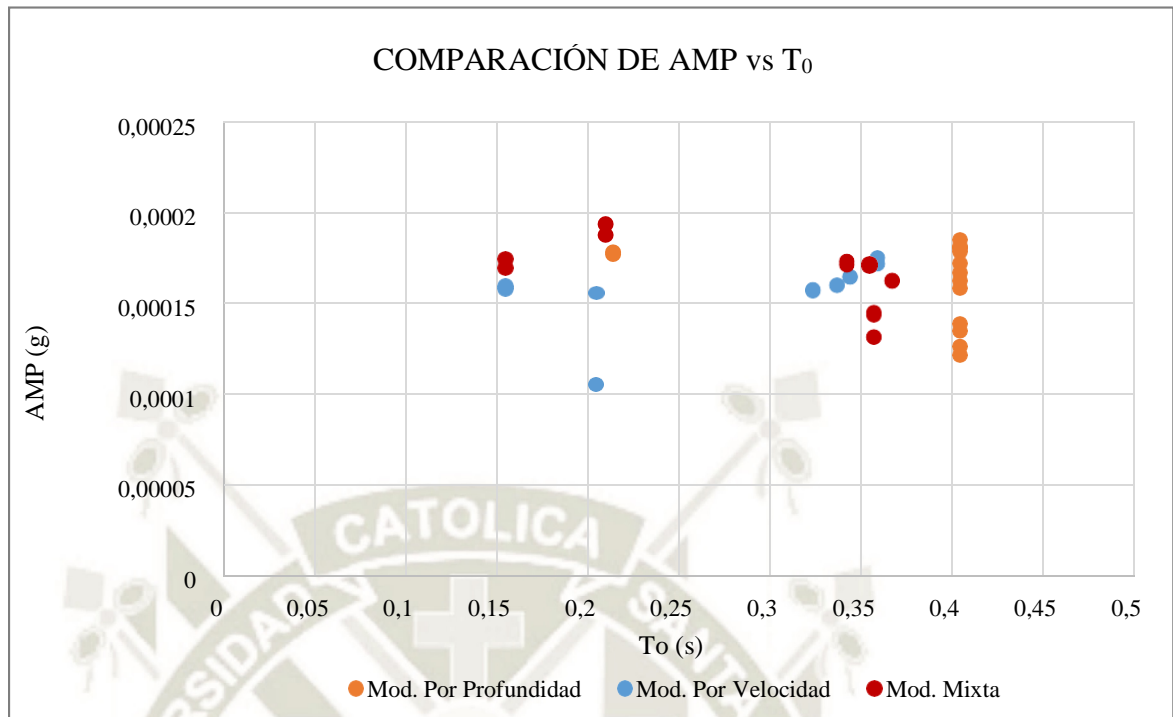


Figura 6.7: Comparación de AMP vs T₀

Fuente: Elaboración propia, (2021)

Como se aprecia en la figura y al igual que en el caso anterior, no existe una tendencia clara sobre la influencia de ambos parámetros evaluados, pero si podemos determinar una congruencia en el periodo al cambiar la profundidad del último estrato. 5 de los 7 perfiles creados que fueron modificados solo por Profundidad y convergen en el mismo periodo de 0.43 s, (sucesión de puntos anaranjados).

Si bien la tendencia no es muy clara, podemos apreciar que la mayoría de valores altos de aceleración se dan con periodos de menor magnitud, y de caso contrario con periodos más altos obtenemos en su mayoría, aceleraciones más bajas.

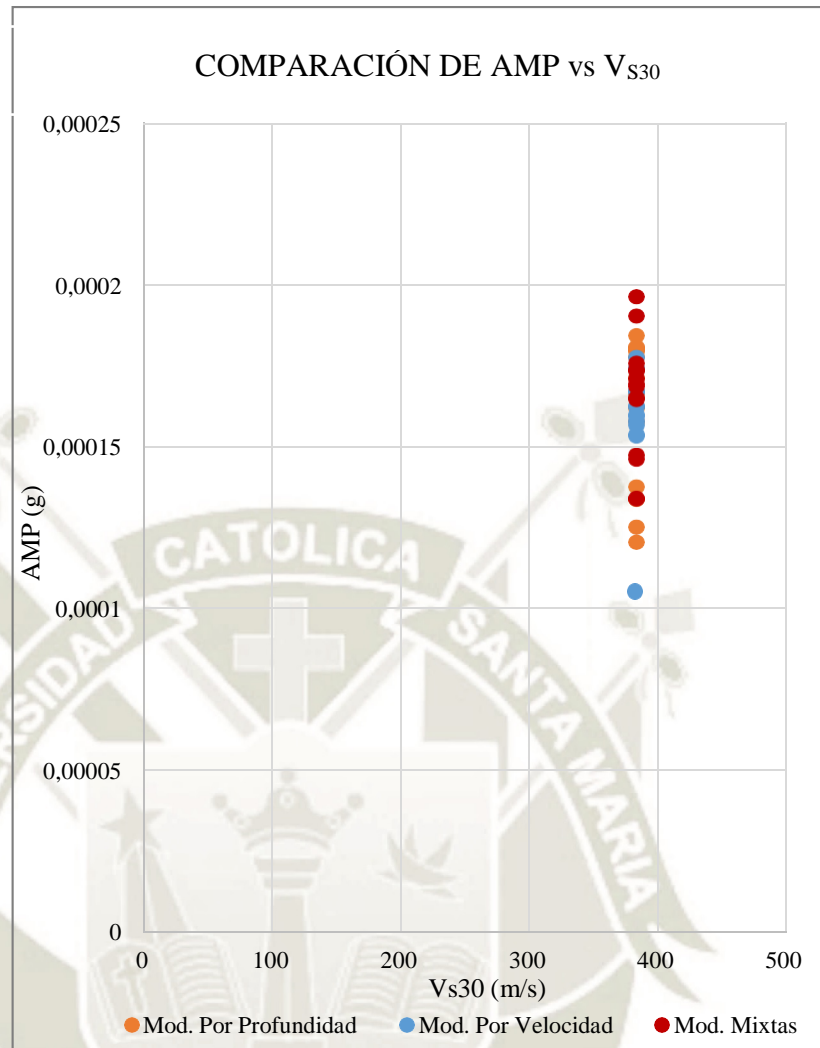


Figura 6.8: Comparación de AMP vs V_{s30}

Fuente: Elaboración propia, (2021)

En el caso de la comparación con el V_{s30} , no se encontró una tendencia clara sobre su comparación. Con la dispersión de los valores de aceleraciones máximas podemos notar que el parámetro V_{s30} no describe con exactitud esta respuesta, ya que muchos perfiles con el mismo valor pueden comportarse de forma diferente.

6.2.3 Intensidad de Arias (IA)

Al igual que en los casos estudiados anteriormente no existe una tendencia clara sobre la influencia de ambos parámetros evaluados, pero si podemos determinar la congruencia

en el periodo al cambiar la profundidad del último estrato. 5 de los 7 perfiles creados que fueron modificados solo por Profundidad también convergen en el mismo periodo de 0.43s, (sucesión de puntos anaranjados).

En el caso de la comparación con el V_{s30} , tampoco se encontró una tendencia clara sobre su comparación. Con la dispersión de los valores de aceleraciones máximas podemos notar que el parámetro V_{s30} no describe con exactitud esta respuesta, ya que muchos perfiles con el mismo valor pueden comportarse de forma diferente.

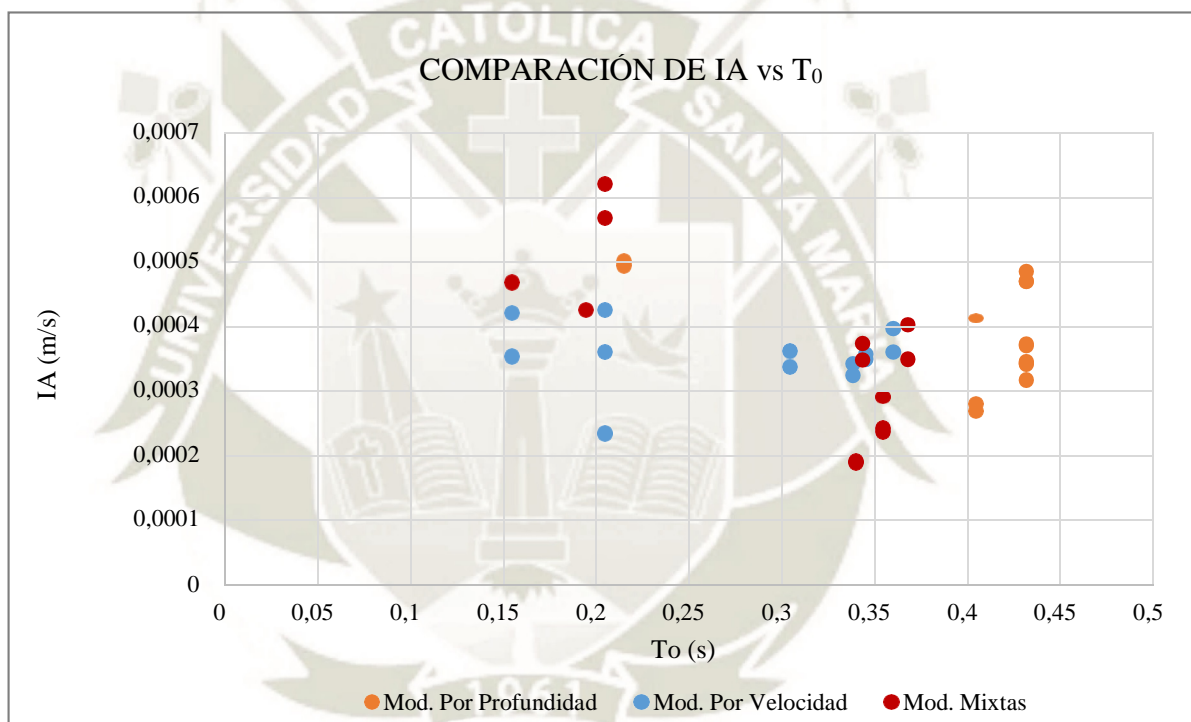


Figura 6.9: Comparación de IA vs T_0

Fuente: *Elaboración propia, (2021)*

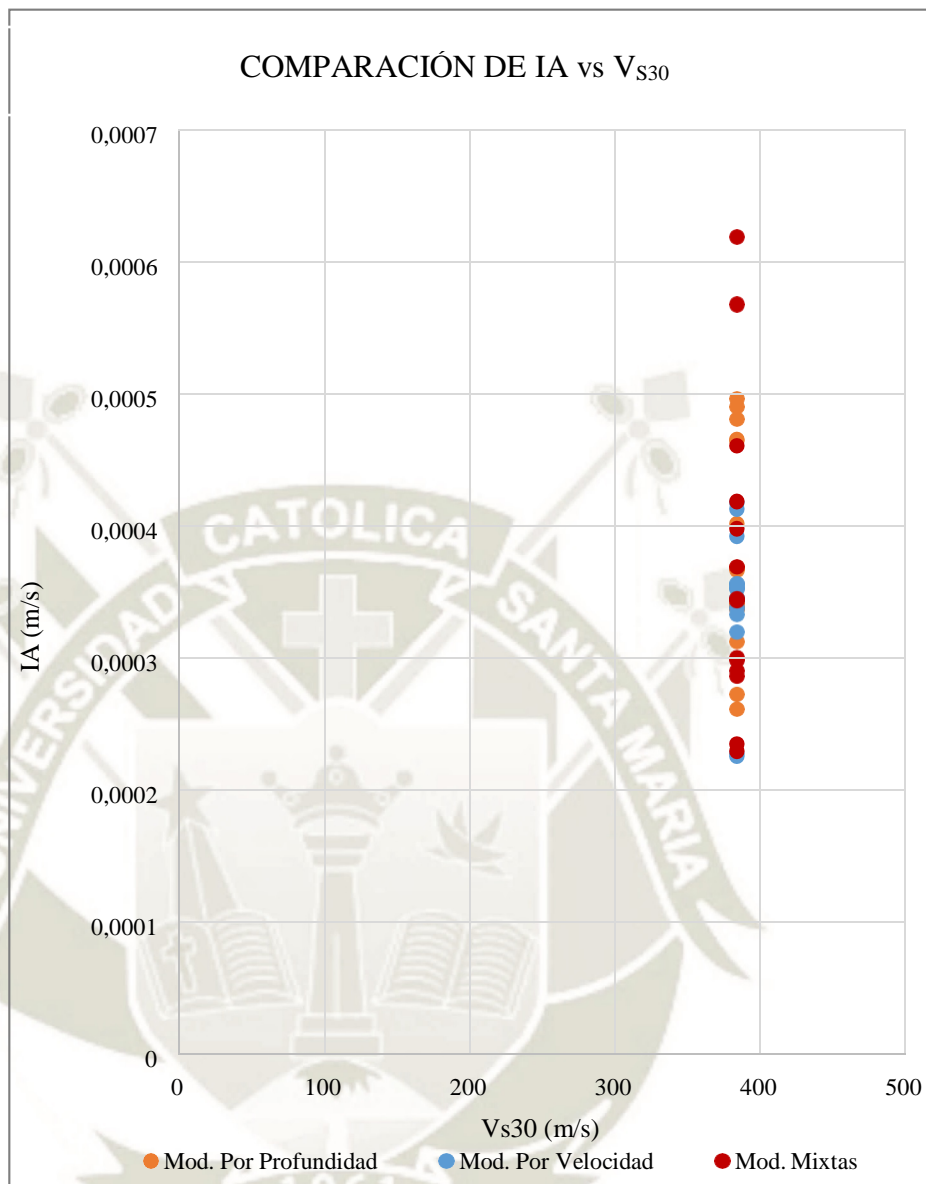


Figura 6.10: Comparación de IA vs V_{s30}

Fuente: Elaboración propia, (2021)

CONCLUSIONES

1. Las normas analizadas en el marco teórico del presente trabajo presentan una variación respecto a las velocidades de onda de corte que plantean para clasificar la calidad sísmica de los suelos.
 - 1.1. Un suelo es considerado basamento rocoso si este alcanza una velocidad de 1500m/s según la NTP 030 y el International Building Code IBC 2009, mientras que según la Nch 43, un suelo puede considerarse basamento rocoso con una velocidad de onda de corte de 900 m/s.
2. La profundidad calculada hasta el basamento rocoso del recinto estudiado en la presente investigación fue de 161,2 metros, la cual fue estimada utilizando el método de la interpolación de puntos conocidos hallados a través de un estudio de prospección geofísica eléctrica realizado por la Autoridad Nacional de Agua en el año 2018.
3. El perfil de velocidad de onda de corte hasta el basamento rocoso que se estimó en la presente investigación brinda un periodo fundamental teórico de 0.4348 s, siendo el periodo fundamental medido in situ a través del ensayo de Microtremores de 0.4374 s, por tal motivo se puede afirmar que el perfil estimado se encuentra correctamente calibrado con el periodo fundamental real del recinto.
4. El perfil de velocidad de onda de corte que se estimó hasta la profundidad del basamento rocoso puede ser utilizado como un perfil representativo del lugar estudiado puesto que la respuesta sísmica que otorgó frente a cinco sismos de diferentes magnitudes fue comparada con las respuestas reales del suelo frente a las mismas solicitudes sísmicas, brindando buenos resultados estadísticos, por lo que se puede afirmar que este perfil caracteriza adecuadamente el subsuelo del recinto de SENCICO – Yanahuara.
5. El nivel freático en nuestra columna de suelo se encuentra a 48.3 metros de profundidad medidos a partir de la superficie. En el presente trabajo este dato influyó al momento de ingresar los parámetros del suelo que dependen de la tensión efectiva al programa DEEPSOIL V.7
6. Se puede afirmar que las curvas dinámicas de degradación del módulo de corte y de amortiguamiento seleccionadas para el presente trabajo se ajustan al comportamiento dinámico del subsuelo del lugar.

7. La capa conformada por roca de tufo volcánico fragmentado presenta una resistencia débil y se encuentra clasificada como roca de calidad pobre (RQD 38-48%).
8. Se puede afirmar que la capa conformada por roca de tufo volcánico fragmentado presenta comportamientos dinámicos similares a los de un suelo conformado por gravas sin presencia de finos, ya que las aproximaciones estadísticas dieron resultados satisfactorios.
9. Los resultados del presente trabajo evidencian que el parámetro de clasificación de la calidad sísmica de los suelos, el V_{s30} , es insuficiente para caracterizar adecuadamente un emplazamiento ya que, al evaluarse la respuesta sísmica de los 21 perfiles derivados, a través del método lineal equivalente, se obtuvieron respuestas variadas, algunas presentaron buenas aproximaciones al comportamiento real del depósito, mientras que otras brindaron respuestas muy aleatorias y estadísticamente insatisfactorias, a pesar de tener en común al parámetro clasificador V_{s30} .
10. El parámetro clasificador V_{s30} se encuentra directamente relacionado con la rigidez del suelo, más no toma en cuenta otras características importantes para la respuesta sísmica como podrían ser la profundidad hasta el basamento rocoso del depósito, o sus características vibratorias desde el punto de vista frecuencial.
11. No se hallaron correlaciones claras entre el parámetro V_{s30} y los parámetros sísmicos analizados los cuales son la Máxima Aceleración Espectral, el Espectro de Amplitudes de Fourier y la Intensidad de Arias.
12. No se hallaron correlaciones claras entre el periodo fundamental T_0 y los parámetros sísmicos analizados los cuales son la Máxima Aceleración Espectral, el Espectro de Amplitudes de Fourier y la Intensidad de Arias, por lo que hace falta más estudios al respecto para poder considerarlo como un parámetro que complemente las carencias del V_{s30} al clasificar la calidad sísmica de los suelos.
13. Es probable que una mejor forma de clasificar sísmicamente un sitio sea utilizar dos enfoques, por un lado, un parámetro que entregue características espectrales y por otro, un parámetro que entregue características de rigidez.

RECOMENDACIONES

1. La presente investigación utilizó el Método Lineal Equivalente, se recomienda realizar el mismo estudio considerando el comportamiento no lineal del suelo al momento de realizar el análisis sísmico de este. Así mismo se recomienda considerar diferentes recintos distribuidos a lo largo de la ciudad, para tener una visión más general de la situación.
2. El cálculo de la profundidad hasta el basamento rocoso fue analizado por interpolación, se recomienda utilizar métodos gravimétricos para futuras investigaciones.
3. Se puede realizar un estudio similar comparando la influencia del parámetro V_s a diversas profundidades (V_{s30} , V_{s70} , V_{s100} , etc.) para analizar cuál de estos es la mejor opción para clasificar la calidad sísmica de los suelos.
4. La presente investigación evidenció la limitada base de datos geosísmicos que se tiene de los suelos de nuestro país, por lo que se recomienda realizar estudios que generen las curvas de degradación del módulo de corte y amortiguamiento específicas para los distintos estratos de nuestros suelos, haciendo mayor énfasis en aquellos que, dada su ubicación puntual en nuestra ciudad, como es el caso del Tufo Volcánico fragmentado, han sido poco estudiados.
5. La fórmula utilizada para estimar el perfil de velocidad de onda de corte hasta el basamento rocoso brinda una adecuada aproximación en los depósitos que presentan un incremento potencial de la velocidad de onda de corte, más no considera la posible existencia de capas menos rígidas debajo de otras de mayor rigidez por lo que se recomienda investigar sobre otros métodos de aproximación que puedan brindar una mejor caracterización del suelo; sobre todo para perfiles en los cuales la velocidad de onda de corte no aumente, sino disminuya.

REFERENCIAS

1. Aguilar Bardales, Z. (1991). "Microzonificación Sísmica de la Ciudad de Arequipa" Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería.
2. Aguilar Bardales, Z., & Alva Hurtado, J. (noviembre, 2002). Microzonificación Sísmica de Arequipa. CISMID. Lima: III Curso Internacional Microzonificación y su Aplicación en la Mitigación de Desastres.
3. Alvarado, D. (2012). "Microzonificación Sísmica de la ciudad de Valdivia. etapa 1: Determinación del peligro uniforme y caracterización dinámica de los suelos empleando la Técnica de la Razón Espectral de Nakamura". Tesis de Grado, Escuela Ingeniería Civil en Obras Civiles, Universidad Austral de Chile.
4. Barreto, D. (2019). "Análisis probabilístico de Peligro Sísmico para el diseño de una presa de enrocado en Huancavelica". Tesis de Grado. Facultad de Ciencias e Ingeniería. Pontificia Universidad Católica del Perú.
5. Castillo Aedo, J. L. & Alva Hurtado, J. E. (1993). "Peligro sísmico en el Perú". Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
6. Carreño E & Bravo B & Suárez A & Tordesillas J. (1999). "Registro y Tratamiento de Acelerogramas". Física de la Tierra, n° 11, Instituto Geográfico Nacional.
7. Carrillo P. (2008) "Influencia del suelo en la respuesta sísmica de estructuras". Seminario Técnico "Dr. Eduardo Arnal", SIDETUR
8. Del Carpio Salinas, J & Calderón Morocho, F & Román Quispe, P. (2006). Diseño, construcción y procesamiento de señales de un acelerógrafo para la red de acelerógrafos del CISMID. TECNIA.
9. Delgadillo, R. (2014) "Microzonificación Geotécnica Sísmica del distrito de Independencia-Lima". Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
10. Díaz, A (2005). "Dinámica de suelos". Libro. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
11. Encinas, E. (2016). "Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW)", GEORYS Ingenieros S.A.C.
12. Escalona Medina, A. (2016). "Determinación de la Vs 30 a través del Cálculo de razón espectral H/V". Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de Bio - Bio,

Chile.

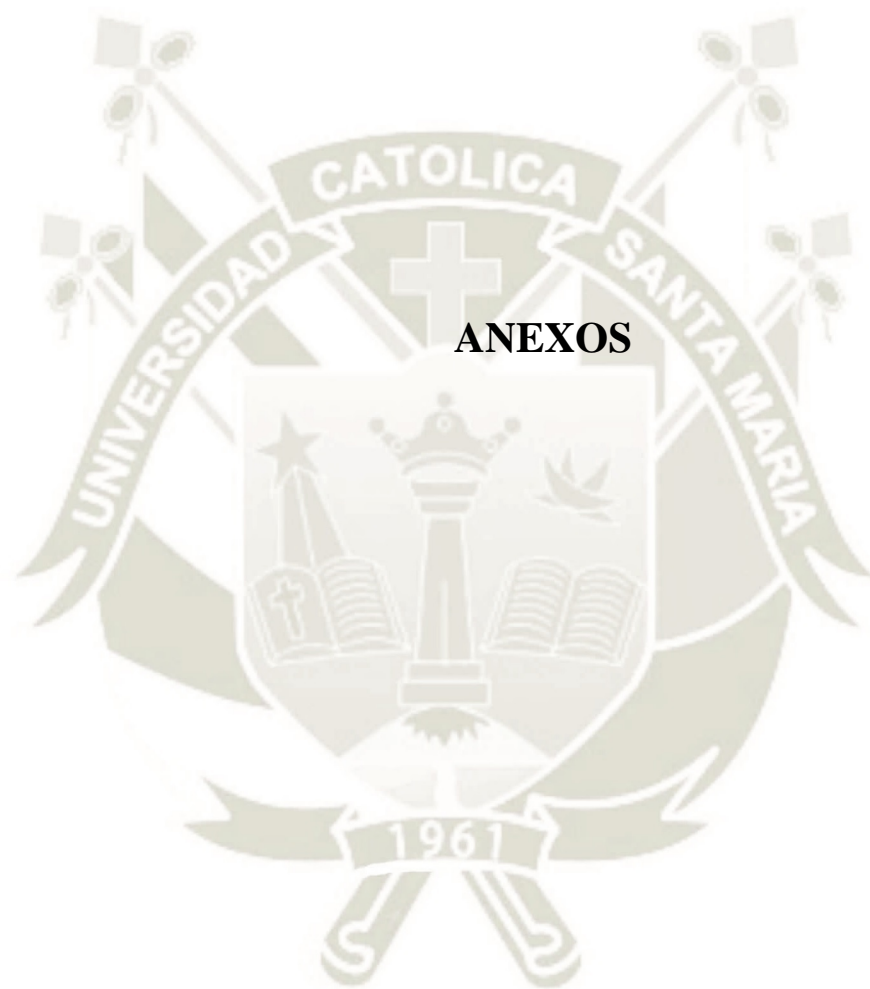
13. Frau, C. (2018). “Caracterización sísmica de sitios”. Conferencia: Encuentro de Investigadores y Profesionales de la Construcción. EIPAC 2017. National University of Technology
14. Huamán, C. “Propiedades dinámicas del suelo”
15. IMPLA, Instituto Municipal de Planeamiento. (2016). Plan de Desarrollo Metropolitana de Arequipa 2016-2025.
16. Godoy, C (2013) “Importancia de la velocidad de onda de corte y del período predominante para la evaluación de la respuesta de sitio en Santiago”. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Físicas Y Matemáticas, Universidad de Chile.
17. Godoy, C & González, L & Sáez, E (2015) “Estudio de la respuesta de sitio en Santiago mediante el método lineal equivalente”. Obras y Proyectos 17, 61-67
18. Guardia, P (2011) “Determinación de la superficie de acoplamiento sísmico interplaca en el borde occidental del Perú”. Tesis de Grado. Facultad de Geología Geofísica y Minas, Universidad Nacional de San Agustín.
19. Lazcano, S (2012). “Perfiles de velocidad de onda de corte y análisis del comportamiento sísmico del suelo en el poniente de Guadalajara”. XXVI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica.
20. Centro de estudios sobre desastres y riesgos - CEDERI, Centro de Investigación en Materiales y Obras Civiles - CIMOC. (2004). “Microzonificación sísmica y estudios generales de riesgo en las ciudades de Palmira, Tuluá y Buga”. Universidad de Los Andes.
21. Morales, I. (2011). “Factores de amplificación de ondas sísmicas en cenizas volcánicas”. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
22. Núñez de Prado, H. & Farfán, E. & Díaz, H. (2001). “Geología y estratigrafía del Cuaternario y Zonificación Geotécnica-Sísmica del área urbana de Arequipa” Convenio UNSA – CEREN.
23. Olivares, L & Quintana, O (2014). “Análisis lineal equivalente de la respuesta sísmica de sitio en los recintos: Rubén Darío-Managua, FAREM-Chontales y FAREM-Carazo, de la UNAN-Managua”. Tesis de Grado. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua
24. Otálvaro, I. & Villarraga, M. & Nanclares, F. (2008). “Caracterización de la respuesta dinámica de sitio en el gablo de Medellín”. Revista Ingenierías Universidad de Medellín.
25. Pinilla, C (2012) “Correlación entre el perfil de velocidad de propagación de ondas de corte y el espectro de respuesta en suelos”. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Físicas Y Matemáticas, Universidad de Chile.
26. Ritta, R. & Suárez, L. & Pando, M. (2012) “Determinación del período fundamental del suelo usando vibración ambiental y el cociente espectral horizontal/vertical”. Asociación Argentina de

Mecánica Computacional.

27. Rodríguez, D. (2015) “Caracterización sísmica de un emplazamiento”. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Madrid.
28. Scholl, D. W., von Huene, R., & Ridlon, J. B. (1968). “Spreading of the Ocean Floor: Undeformed Sediments in the Peru-Chile Trench”. *Science*, 159(3817), 869–871.
29. SENCICO. (2006). Norma Técnica de Edificación E.050 Suelos y Cimentaciones. Reglamento Nacional de Construcción.
30. SENCICO. (2018). Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente. Reglamento Nacional de Construcción.
31. Suarez, J. “Visión Geotécnica de la Amenaza Sísmica Con énfasis en el Nororiente de Colombia y la ciudad de Bucaramanga”, Cap. 5: Método Probabilístico”.
32. Tavera, H. & Buforn, E. (1998). “Sismicidad y sismotectónica de Perú”. *Física de la Tierra*, n° 10, pág. 188., De Universidad Complutense de Madrid.
33. Tavera, H. (2014). “Evaluación del peligro Sísmico en Perú”. Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida - SCTS. Instituto Geofísico del Perú.
34. Tavera, H. (2014). “Zonificación Sísmica – Geotécnica Ciudad de Arequipa – Cercado”. Programa presupuestal N°068: Reducción de la Vulnerabilidad y Atención de Emergencias por Desastres. Instituto Geofísico del Perú.
35. Tavera, H. (2016). “Catálogo General de Isosistas para Sismos Peruanos”. Subdirección de Ciencias de la Tierra Sólida - SCTS. Instituto Geofísico del Perú.
36. Tavera, H. (2001). “Catálogo Sísmico del Perú 1471 - 1982”. Subdirección de Sismología. Instituto Geofísico del Perú.
37. Tavera, H. (1993). “Catalogue of Focal Mechanisms of Peruvian Earthquake”. Subdirección de Sismología. Instituto Geofísico del Perú.
38. Yanqui, C. (1988). Características del Subsuelo y Efectos Sísmicos en Arequipa. Artículo presentado en el Seminario de Microzonificación Sísmica-1988 CISMID, FIC. UNI Lima.
39. Yanqui, C. (1990). Microzonificación Sísmica preliminar de Arequipa. Artículo presentado en el VIII Congreso Nacional de Ingeniería Civil – Perú.
40. Yanqui, C. (1990). Zonificación geotécnica de Arequipa. Artículo presentado en el Seminario Internacional de Microzonificación y de Seguridad.
41. Egrázuriz José. Microzonificaciones en ciudades del mundo.
42. Alcaldía mayor de Bogotá D.C. (2010). Zonificación de la respuesta sísmica de Bogotá para el diseño sismo resistente de edificaciones.
43. Besio y Verdugo (2016). Evaluación empírica del Periodo Fundamental de depósitos del

suelo.

44. Joseph Michael Flores (2016). Función de transferencia de movimiento del suelo entre dos estaciones sísmicas cercanas: efecto de sitio.
45. Olivares y Ramirez (2012). Ajuste de la correlación de los resultados de las auscultaciones por cono de Peck con los resultados del ensayo de Penetración Estándar.
46. Chumpitaz César (2007). Estudio geotécnico y geognóstico del subsuelo mediante perforación diamantina.
47. Barchiesi y Fernandez (2010). Construcción de una Columna Resonante y Primeras Mediciones.
48. Suarez Diaz. Nesión Geotécnica de la amenaza sísmica.
49. Flores y Gonzalez (2017). Curvas de degradación de rigidez y amortiguamiento en arenas carbonatadas.
50. Gomez y Tobón (2017). Correlaciones entre variables geotécnicas y velocidades de onda compresiva (V_p) y de corte (V_s).
51. Gioconda (2014). Determinación de ϕ y su relación con D_r y e en suelos granulares.
52. Liao Mchood Merg (2013). Normalized Shear modulus of compacted gravel.
53. Jesús Gaspar Romero Castillo (2015) Estudio geológico, geotécnico, hidrogeológico y de riesgo geológico del distrito de Yanahuara- Arequipa.



A: ESTUDIOS GEOTÉCNICOS



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lota. 18 Asc. Asoc. de Proprietarios la Floresta de Copacabana Lima - Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 1 / Prof.: 2.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 107 - 2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

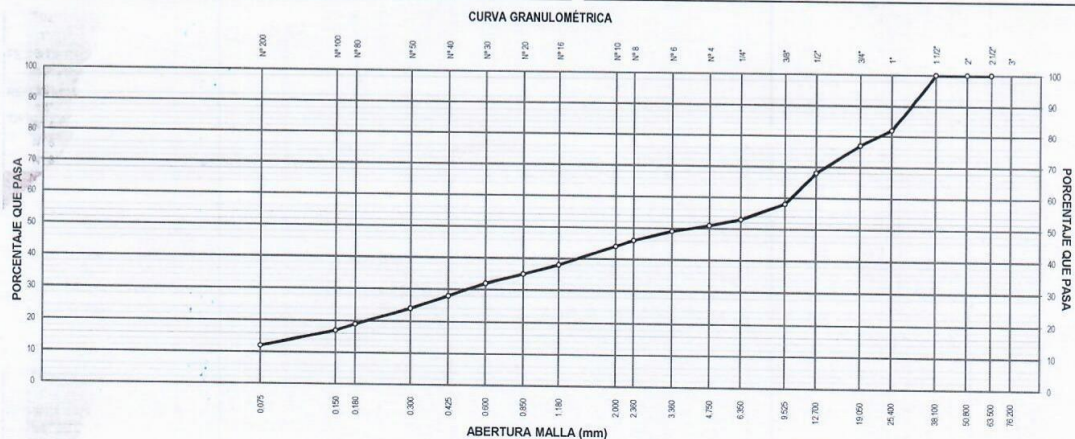
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS				
MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)			
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			100
1"	25.400	18	18	82
3/4"	19.050	5	23	77
1/2"	12.700	9	32	68
3/8"	9.525	10	42	58
1/4"	6.350	5	47	53
N° 4	4.750	2	49	51
N° 6	3.360	2	51	49
N° 8	2.360	3	54	46
N° 10	2.000	2	56	44
N° 16	1.180	6	62	38
N° 20	0.850	3	65	35
N° 30	0.600	3	68	32
N° 40	0.425	4	72	28
N° 50	0.300	4	76	24
N° 80	0.180	5	81	19
N° 100	0.150	2	83	17
N° 200	0.075	5	88	12
-200	< 0.075	12	100	-

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL			
Límite líquido (%)	MTC E 110 - 2016	:	NP
Límite plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Índice plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Clasificación SUCS	ASTM D 2487	:	GP-GM
Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	:	A-1-a (0)
ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"			
Grava (Pas. 3" y Ret. N°4)	:		49.0 %
Arena (Pas. N°4 y Ret. N°200)	:		39.0 %
Fino (Pas. N°200)	:		12.0 %

Descripción de la muestra : Grava pobremente gradada con limo y arena

Cont. de humedad (%) MTC E 108 - 2016 : 2.3

OBSERVACIONES:
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.



Equipos usados:
Escala: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° 8327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 1 / Prof.: 2.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
 DESCRIPCIÓN : Grava pobremente gradada con limo y arena CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 137 - 2016 DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 75 µm (N° 200) EN SUELOS

DENOMINACIÓN	MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 µm)
Tamaño máximo de la muestra de ensayo (mm)	4.750
Tarro N°	274
Peso suelo seco + tarro - inicial (g)	523.9
Peso suelo seco + tarro - final (g)	420.6
Peso del material pasante por la Malla N° 200 (g)	103.3
Peso del tarro (g)	95.7
Peso del suelo seco inicial (g)	428.2
Material pasante por la malla N° 200 (%)	24.1
Porcentaje del material pasante la malla N°4, respecto del material global (%)	51
MATERIAL PASANTE POR LA MALLA N° 200 RESPECTO AL "MATERIAL GLC (%)	12.3

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°4.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
 Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (28/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 1 / Prof.: 2.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Grava pobremente gradada con limo y arena CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 108 - 2016 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL GLOBAL
Tarro N°	53
Peso de tarro + suelo húmedo (g)	639.2
Peso de tarro + suelo seco (g)	626.9
Peso del Agua (g)	12.4
Peso del tarro (g)	94.6
Peso del suelo seco (g)	532.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	2.3

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material global.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 1 / Prof.: 2.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
 DESCRIPCIÓN : Grava pobremente gradada con limo y arena CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 110 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS
 MTC E 111 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P), DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016)				LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	--	--	--	--	--	--
Cápsula N°	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del Agua (g)	--	--	--	--	--	--
Peso de la cápsula (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Contenido de humedad (%)	--	--	--	--	--	--
Número de golpes	--	--	--	--	--	--



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016) (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016) (%)	NP
ÍND. PLASTICIDAD (MTC E 111 - 2016) (%)	NP

OBSERVACIONES:
 - Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
 - La muestra se desliza en la copa de Casagrande.
 - El Límite Líquido no se puede determinar.
 - El Límite Plástico no se puede determinar.
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:
 Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (29/12/2017)
 Balanza: SPJ402 / Serie N° B225049023 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
 ZEGARRA MARANDA
 Reg. CIP/N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.C

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

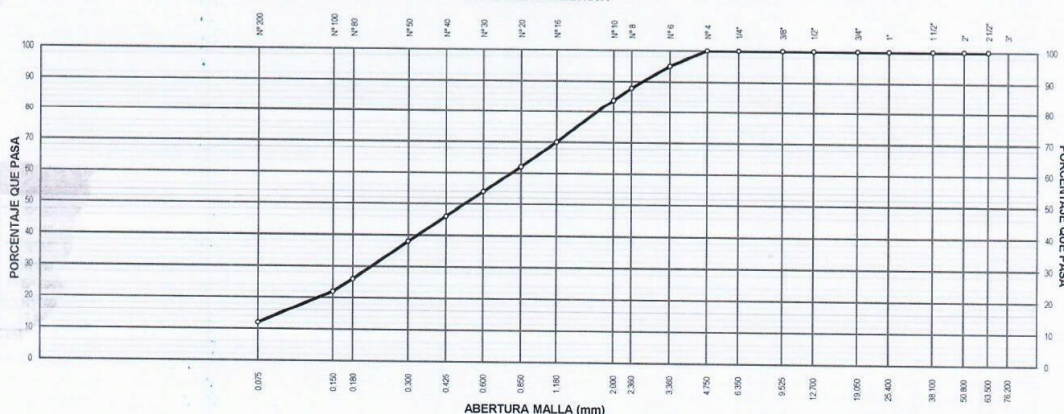
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR -1/ M- 1 / Prof.: 2.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
 CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 107 - 2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL			
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)				
3"	76.200				Limite líquido (%)	MTC E 110 - 2016	:	NP
2 1/2"	63.500				Limite plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
2"	50.800				Índice plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
1 1/2"	38.100				Clasificación SUCS	ASTM D 2487	:	SP-SM
1"	25.400				Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	:	A-1-b (0)
3/4"	19.050				ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"			
1/2"	12.700				Grava (Pas. 3" y Ret. N°4)	:	--	
3/8"	9.525				Arena (Pas. N°4 y Ret. N°200)	:	88.0 %	
1/4"	6.350				Fino (Pas. N°200)	:	12.0 %	
N° 4	4.750			100	Descripción de la muestra : Arena pobremente gradada con limo			
N° 6	3.360	5	5	95	Cont. de humedad (%) MTC E 108 - 2016 : --			
N° 8	2.360	7	12	88	OBSERVACIONES:			
N° 10	2.000	4	16	84	- Muestra tomada e identificada por el solicitante.			
N° 16	1.180	14	30	70	- Material pasante la malla N° 4, para el Ensayos de Corte Directo.			
N° 20	0.850	8	38	62				
N° 30	0.600	8	46	54				
N° 40	0.425	8	54	46				
N° 50	0.300	8	62	38				
N° 80	0.180	12	74	26				
N° 100	0.150	4	78	22				
N° 200	0.075	10	88	12				
-200	< 0.075	12	100	-				

CURVA GRANULOMÉTRICA



Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
 Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (28/12/2017)

ERICK OSWALDO ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones
Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra Acelerométricas del SENCICO
UBICACIÓN : Arequipa
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR -1 / M - 1 / Prof. 2.00m
DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada con limo y arena
PRESENTACIÓN : 4 cajas porta muestra
CANTIDAD : 20 metros lineales

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

MARCA : ELE INTERNATIONAL
CERT. DE CALIBRACIÓN : 003 - CF - 2017
N° DE SERIE DEL ANILLO : 78 - 0260 - 02046

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO						
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487)	SP-SM	Mat. más Fino N° 200	(MTC E 202 - 2016)	(%)	12
Clasificación Obras Viales	(ASTM D 3282)	A-1-b (0)	Tamaño Máximo (mm)	(ASTM D 422)		4.750
Límite Líquido	(MTC E 110 - 2016)	(%)	NP	Consistencia (s. fino)	(NTP 339.150 - 2001)	--
Índice Plástico	(MTC E 111 - 2016)	(%)	NP	Cementación (s. grueso)	(NTP 339.150 - 2001)	--

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO				
DESCRIPCIÓN		0.55 kg/cm ²	1.10 kg/cm ²	2.20 kg/cm ²
Lado promedio	(cm)	6.030	6.030	6.030
Área	(cm ²)	36.36	36.36	36.36
Altura Inicial	(cm)	1.90	1.90	1.90
Deformación vertical máxima	(cm)	0.171	0.202	0.244
Altura Final	(cm)	1.73	1.70	1.66
Volumen Inicial	(cm ³)	69.08	69.08	69.08
Volumen Final	(cm ³)	62.87	61.72	60.20
Relación Lado promedio / Altura		3.17	3.17	3.17
Condición de la Estructura del suelo		REMOLDEADO		
Peso Húmedo Inicial	(g)	107.4	107.4	107.4
Peso Húmedo Final	(g)	121.54	120.30	118.99
Peso Seco	(g)	94.0	94.0	94.0
Humedad Inicial	(MTC E 108 - 2016) (%)	14.3	14.3	14.3
Humedad Final	(MTC E 108 - 2016) (%)	29.3	28.0	26.6
Densidad Húmeda Inicial	(g/cm ³)	1.555	1.555	1.555
Densidad Húmeda Final	(g/cm ³)	1.933	1.949	1.977
Densidad Seca Inicial	(g/cm ³)	1.380	1.380	1.380
Densidad Seca Final	(g/cm ³)	1.495	1.522	1.561

CARACTERÍSTICAS DEL ANILLO DE CORTE DIRECTO			
Nombre	: DIGITAL DIRECT / RESIDUAL SHEAR APPARATUS		
N° Serie	: 78 - 0260 - 02046	Máxima capacidad (kgf)	: 453.92
Factor del Anillo de Corte (kgf)	: 0 X ² + 0.3439 X + 2.8814	Peso del Molde Tallador (g)	: 155.88

1/3

ERIC OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIPN° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR -1 / M - 1 / Prof. 2.00m DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada con limo y arena

ESFUERZO NORMAL	0.55 kg/cm ²		1.10 kg/cm ²		2.20 kg/cm ²	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Etapa						
Altura (cm)	1.90	1.73	1.90	1.70	1.90	1.66
Volumen (cm ³)	69.08	62.87	69.08	61.72	69.08	60.20
Humedad (%)	14.3	29.3	14.3	28.0	14.3	26.6
Densidad Seca (g/cm ³)	1.360	1.495	1.360	1.522	1.360	1.561
Esfuerzo Corte (kg/cm ²)	0.23		0.81		1.27	

Desplaz. Horizontal (mm)	ESFUERZO NORMAL 0.55 kg/cm ²				ESFUERZO NORMAL 1.10 kg/cm ²				ESFUERZO NORMAL 2.20 kg/cm ²			
	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)
0.00	1.076	0.0	0.0	0.00	1.397	0.0	0.0	0.00	1.732	0.0	0.0	0.00
0.25	1.130	4.0	4.3	0.12	1.430	10.0	6.3	0.17	1.756	15.0	8.0	0.22
0.50	1.204	8.0	5.6	0.15	1.490	23.0	10.8	0.30	1.814	38.0	15.9	0.44
0.75	1.260	9.0	6.0	0.16	1.554	32.0	13.9	0.38	1.888	54.0	21.5	0.59
1.00	1.284	9.0	6.0	0.16	1.598	41.0	17.0	0.47	1.950	70.0	27.0	0.74
1.50	1.324	9.0	6.0	0.16	1.663	45.0	18.4	0.50	2.036	80.0	30.4	0.84
2.00	1.374	10.0	6.3	0.17	1.715	49.0	19.7	0.54	2.094	85.0	32.1	0.88
2.50	1.408	11.0	6.7	0.18	1.760	52.0	20.8	0.57	2.150	92.0	34.5	0.95
3.00	1.440	11.0	6.7	0.18	1.805	57.0	22.5	0.62	2.208	100.0	37.3	1.03
3.50	1.468	13.0	7.4	0.20	1.853	61.0	23.9	0.66	2.272	108.0	40.0	1.10
4.00	1.490	13.0	7.4	0.20	1.875	62.0	24.2	0.67	2.298	112.0	41.4	1.14
4.50	1.506	13.0	7.4	0.20	1.901	65.0	25.2	0.69	2.332	116.0	42.8	1.18
5.00	1.528	13.0	7.4	0.20	1.931	68.0	26.3	0.72	2.370	120.0	44.1	1.21
5.50	1.546	14.0	7.7	0.21	1.961	70.0	27.0	0.74	2.410	125.0	45.9	1.26
6.00	1.570	14.0	7.7	0.21	1.984	71.0	27.3	0.75	2.436	126.0	46.2	1.27
6.50	1.582	15.0	8.0	0.22	1.991	73.0	28.0	0.77	2.440	125.0	45.9	1.26
7.00	1.600	15.0	8.0	0.22	1.998	74.0	28.3	0.78	2.442	124.0	45.5	1.25
7.50	1.612	15.0	8.0	0.22	2.004	77.0	29.4	0.81	2.444	121.0	44.5	1.22
8.00	1.634	15.0	8.0	0.22	2.012	76.0	29.0	0.80	2.444	119.0	43.8	1.20
8.50	1.648	15.0	8.0	0.22	2.016	75.0	28.7	0.79				
9.00	1.660	15.0	8.0	0.22	2.019	74.0	28.3	0.78				
9.50	1.670	16.0	8.4	0.23	2.024	74.0	28.3	0.78				
10.00	1.678	16.0	8.4	0.23								
10.50	1.692	15.0	8.0	0.22								
11.00	1.702	15.0	8.0	0.22								
11.50	1.710	15.0	8.0	0.22								
12.00												
12.50												
13.00												
13.50												
14.00												
14.50												
15.00												

2/3

ERICK OSWALDO ZEGARRA ARANDA
 Reg. OIP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

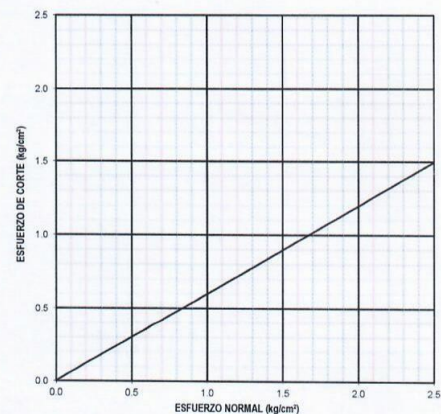
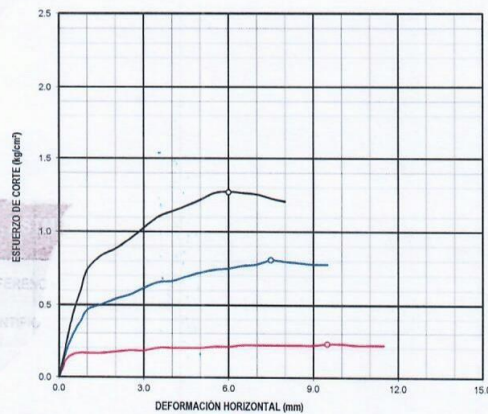
SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. de Propietarios la Floresta de Copacabana UBICACIÓN : Arequipa
 Lima - Lima - Puente Piedra
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR -1 / M - 1 / Prof. 2.00m

DESCRIPCIÓN : Arena pobremente gradada con limo y arena



RESULTADOS DE ENSAYO

COHESIÓN (kg/cm²)	0.002	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	30.9
COHESIÓN (kPa)	0.2		

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N° 4.
- Los especímenes de ensayo fueron moldeados con una "densidad seca" y "humedad" conservadoras.

3/3
 ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



OHL INGENIEROS

LABORATORIO DE MATERIALES - GEOTECNIA - CONSULTORÍA
www.ohlingenieros.pe / g.general@ohlingenieros.pe

EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

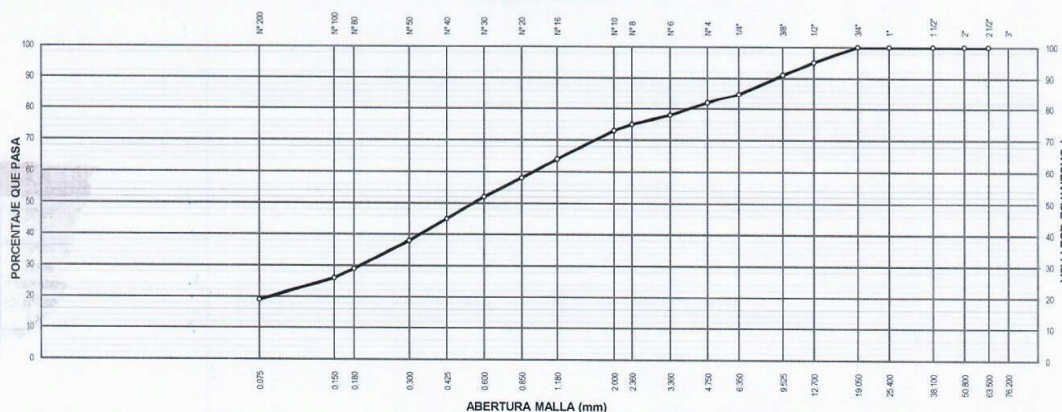
IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 2 / Prof.: 3.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 107 - 2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL			
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)				
3"	76.200				Limite líquido (%)	MTC E 110 - 2016	:	NP
2 1/2"	63.500				Limite plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
2"	50.800				Índice plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
1 1/2"	38.100				Clasificación SUCS	ASTM D 2487	:	SM
1"	25.400				Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	:	A-1-b (0)
3/4"	19.050			100	ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"			
1/2"	12.700	5	5	95	Grava (Pas. 3" y Ret. N°4) : 18.0 %			
3/8"	9.525	4	9	91	Arena (Pas. N°4 y Ret. N°200) : 63.0 %			
1/4"	6.350	6	15	85	Fino (Pas. N°200) : 19.0 %			
N° 4	4.750	3	18	82	Descripción de la muestra : Arena limosa con grava			
N° 6	3.360	4	22	78	Cont. de humedad (%) MTC E 108 - 2016 : 0.7			
N° 8	2.360	3	25	75	OBSERVACIONES:			
N° 10	2.000	2	27	73	- Muestra tomada e identificada por el solicitante.			
N° 16	1.180	9	36	64				
N° 20	0.850	6	42	58				
N° 30	0.600	6	48	52				
N° 40	0.425	7	55	45				
N° 50	0.300	7	62	38				
N° 80	0.180	9	71	29				
N° 100	0.150	3	74	26				
N° 200	0.075	7	81	19				
-200	< 0.075	19	100	-				

CURVA GRANULOMÉTRICA



Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507280 (28/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta UBICACIÓN : Arequipa
 de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 2 / Prof.: 3.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
 DESCRIPCIÓN : Arena limosa con grava CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 137 - 2016 DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 75 µm (N° 200) EN SUELOS

DENOMINACIÓN		MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 µm)
Tamaño máximo de la muestra de ensayo	(mm)	4.750
Tarro N°		220
Peso suelo seco + tarro - inicial	(g)	547.5
Peso suelo seco + tarro - final	(g)	441.0
Peso del material pasante por la Malla N° 200	(g)	106.5
Peso del tarro	(g)	96.0
Peso del suelo seco inicial	(g)	451.5
Material pasante por la malla N° 200	(%)	23.6
Porcentaje del material pasante la malla N°4, respecto del material global	(%)	82
MATERIAL PASANTE POR LA MALLA N° 200 RESPECTO AL "MATERIAL GLC	(%)	19.3

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°4.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
 Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 2 / Prof.: 3.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Arena limosa con grava CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 108 - 2016 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL GLOBAL
Tarro N°	77
Peso de tarro + suelo húmedo (g)	586.7
Peso de tarro + suelo seco (g)	583.3
Peso del Agua (g)	3.4
Peso del tarro (g)	97.5
Peso del suelo seco (g)	485.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.7

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material global.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIF N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta UBICACIÓN : Arequipa

de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

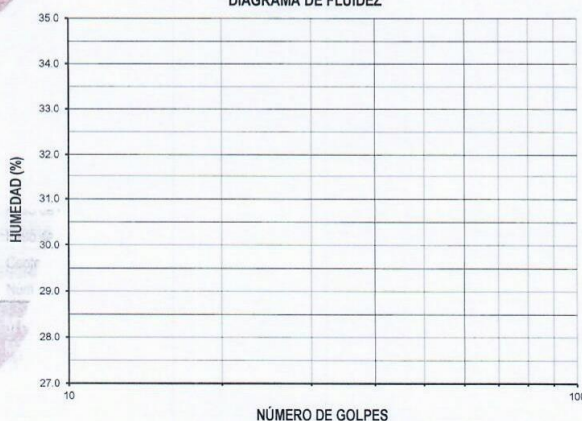
IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 2 / Prof.: 3.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Arena limosa con grava CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 110 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS
MTC E 111 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P), DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016)				LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°						
Cápsula N°	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del Agua (g)	--	--	--	--	--	--
Peso de la cápsula (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Contenido de humedad (%)	--	--	--	--	--	--
Número de golpes	--	--	--	--	--	--

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016) (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016) (%)	NP
ÍND. PLASTICIDAD (MTC E 111 - 2016) (%)	NP

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- La muestra se desliza en la copa de Casagrande.
- El Límite Líquido no se puede determinar.
- El Límite Plástico no se puede determinar.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 300 L / Serie N° 2104 / (29/12/2017)
Balanza: SPJ402 / Serie N° B22549023 / (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARIN AARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



OHL INGENIEROS

LABORATORIO DE MATERIALES - GEOTECNIA - CONSULTORÍA
www.ohl ingenieros.pe / g.general@ohl ingenieros.pe

EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - UBICACIÓN : Arequipa

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

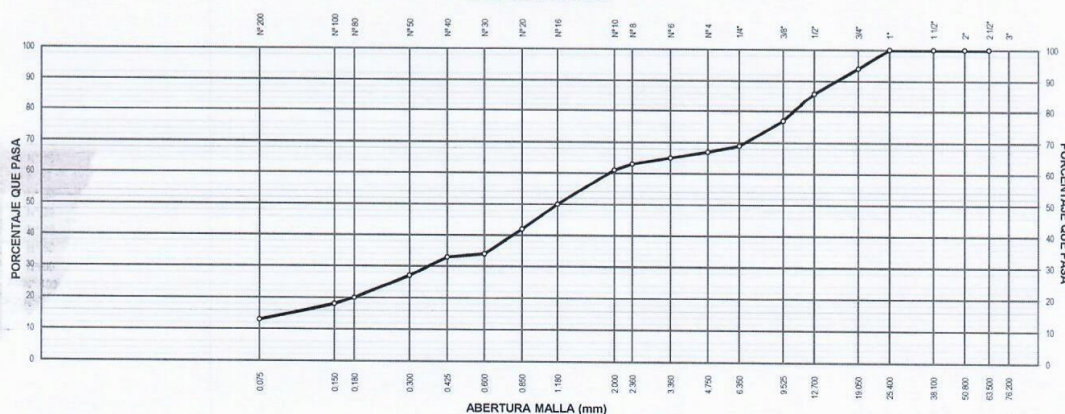
IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 3 / Prof.: 4.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 107 - 2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL			
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)				
3"	76.200				Limite liquido (%)	MTC E 110 - 2016	:	NP
2 1/2"	63.500				Limite plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
2"	50.800				Indice plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
1 1/2"	38.100				Clasificación SUCS	ASTM D 2487	:	SM
1"	25.400			100	Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	:	A-1-b (0)
3/4"	19.050	6	6	94	ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos"			
1/2"	12.700	8	14	86	Grava (Pas. 3" y Ret. N°4)	:	33.0 %	
3/8"	9.525	9	23	77	Arena (Pas. N°4 y Ret. N°200)	:	54.0 %	
1/4"	6.350	8	31	69	Fino (Pas. N°200)	:	13.0 %	
N° 4	4.750	2	33	67	Descripción de la muestra : Arena limosa con grava			
N° 6	3.360	2	35	65	Cont. de humedad (%)	MTC E 108 - 2016	:	0.8
N° 8	2.360	2	37	63	OBSERVACIONES:			
N° 10	2.000	2	39	61	- Muestra tomada e identificada por el solicitante.			
N° 16	1.180	11	50	50				
N° 20	0.850	8	58	42				
N° 30	0.600	8	66	34				
N° 40	0.425	1	67	33				
N° 50	0.300	6	73	27				
N° 80	0.180	7	80	20				
N° 100	0.150	2	82	18				
N° 200	0.075	5	87	13				
-200	< 0.075	13	100	-				

CURVA GRANULOMÉTRICA



Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)

Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 3 / Prof: 4.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
 DESCRIPCIÓN : Arena limosa con grava CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 137 - 2016 DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 75 µm (N° 200) EN SUELOS

DENOMINACIÓN		MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 µm)
Tamaño máximo de la muestra de ensayo	(mm)	4.750
Tarro N°		204
Peso suelo seco + tarro - inicial	(g)	629.7
Peso suelo seco + tarro - final	(g)	524.8
Peso del material pasante por la Malla N° 200	(g)	104.9
Peso del tarro	(g)	92.3
Peso del suelo seco inicial	(g)	537.4
Material pasante por la malla N° 200	(%)	19.5
Porcentaje del material pasante la malla N°4, respecto del material global	(%)	67
MATERIAL PASANTE POR LA MALLA N° 200 RESPECTO AL "MATERIAL GLC	(%)	13.1

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°4.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
 Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICH OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. de Propietarios la Floresta UBICACIÓN : Arequipa

de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 3 / Prof.: 4.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Arena limosa con grava CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 108 - 2016 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL GLOBAL
Tarro N°	243
Peso de tarro + suelo húmedo (g)	554.3
Peso de tarro + suelo seco (g)	550.6
Peso del Agua (g)	3.7
Peso del tarro (g)	96.1
Peso del suelo seco (g)	454.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.8

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material global.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERIC OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta UBICACIÓN : Arequipa
 de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

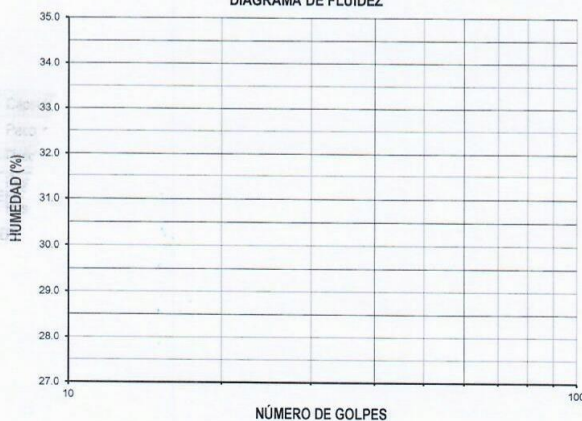
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 3 / Prof.: 4.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
 DESCRIPCIÓN : Arena limosa con grava CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 110 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS
 MTC E 111 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P), DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016)				LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	--	--	--	--	--	--
Cápsula N°	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del Agua (g)	--	--	--	--	--	--
Peso de la cápsula (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Contenido de humedad (%)	--	--	--	--	--	--
Número de golpes	--	--	--	--	--	--

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016) (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016) (%)	NP
ÍND. PLASTICIDAD (MTC E 111 - 2016) (%)	NP

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- La muestra se desliza en la copa de Casagrande.
- El Límite Líquido no se puede determinar.
- El Límite Plástico no se puede determinar.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (29/12/2017)
 Balanza: SPJ402 / Serie N° B225049023 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
DIRECCIÓN : Mza. D Lota. 18 Asc. Asoc. de Proprietarios la Floresta de Copacabana Lima - UBICACIÓN : Arequipa
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 3 / Prof.: 4.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 107 - 2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS				
MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)			
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.525			
1/4"	6.350			
N° 4	4.750			100
N° 6	3.360	3	3	97
N° 8	2.360	3	6	94
N° 10	2.000	3	9	91
N° 16	1.180	18	27	73
N° 20	0.850	13	40	60
N° 30	0.600	13	53	47
N° 40	0.425	1	54	46
N° 50	0.300	10	64	36
N° 80	0.180	11	75	25
N° 100	0.150	4	79	21
N° 200	0.075	8	87	13
-200	< 0.075	13	100	-

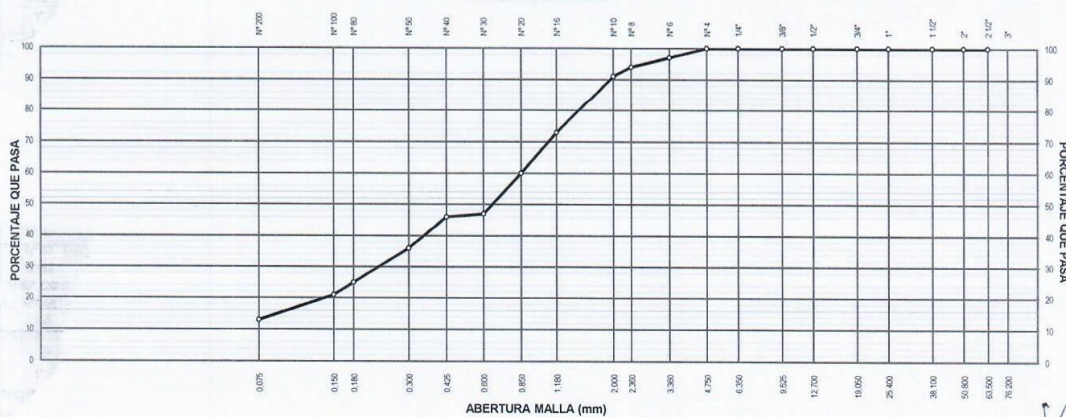
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL			
Limite líquido (%)	MTC E 110 - 2016	:	NP
Limite plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Índice plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Clasificación SUCS	ASTM D 2487	:	SM
Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	:	A-1-b (0)
ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"			
Grava (Pas. 3" y Ret. N°4)	:		--
Arena (Pas. N°4 y Ret. N°200)	:		87.0 %
Fino (Pas. N°200)	:		13.0 %

Descripción de la muestra : Arena limosa

Cont. de humedad (%) MTC E 108 - 2016 : --

OBSERVACIONES:
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Material pasante la malla N° 4, para el Ensayos de Corte Directo.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Equipos usados:
Escala: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
UBICACIÓN : Arequipa
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 3 / Prof. 4.00m
DESCRIPCIÓN : Arena limosa
PRESENTACIÓN : 4 cajas porta muestra
CANTIDAD : 20 metros lineales

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

MARCA : ELE INTERNATIONAL
CERT. DE CALIBRACIÓN : 003 - CF - 2017
N° DE SERIE DEL ANILLO : 78 - 0260 - 02046

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO						
Clasificación SUCS (ASTM D 2487)	SM	Mat. más Fino N° 200 (MTC E 202 - 2016)	(%)	13		
Clasificación Obras Viales (ASTM D 3282)	A-1-b (0)	Tamaño Máximo (mm) (ASTM D 422)	4.750			
Límite Líquido (MTC E 110 - 2016)	(%)	NP	Consistencia (s. fino) (NTP 339.150 - 2001)	--		
Índice Plástico (MTC E 111 - 2016)	(%)	NP	Cementación (s. grueso) (NTP 339.150 - 2001)	--		

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO				
DESCRIPCIÓN		0.55 kg/cm ²	1.10 kg/cm ²	2.20 kg/cm ²
Lado promedio (cm)		6.030	6.030	6.030
Área (cm ²)		36.36	36.36	36.36
Altura Inicial (cm)		1.90	1.90	1.90
Deformación vertical máxima (cm)		0.101	0.175	0.224
Altura Final (cm)		1.80	1.72	1.68
Volumen Inicial (cm ³)		69.08	69.08	69.08
Volumen Final (cm ³)		65.40	62.71	60.92
Relación Lado promedio / Altura		3.17	3.17	3.17
Condición de la Estructura del suelo		REMOLDEADO		
Peso Húmedo Inicial (g)		107.19	107.19	107.19
Peso Húmedo Final (g)		122.03	121.33	120.23
Peso Seco (g)		96.7	96.7	96.7
Humedad Inicial (MTC E 108 - 2016)	(%)	10.9	10.9	10.9
Humedad Final (MTC E 108 - 2016)	(%)	26.2	25.5	24.4
Densidad Húmeda Inicial (g/cm ³)		1.552	1.552	1.552
Densidad Húmeda Final (g/cm ³)		1.866	1.935	1.973
Densidad Seca Inicial (g/cm ³)		1.399	1.399	1.399
Densidad Seca Final (g/cm ³)		1.478	1.542	1.587

CARACTERÍSTICAS DEL ANILLO DE CORTE DIRECTO			
Nombre	: DIGITAL DIRECT / RESIDUAL SHEAR APPARATUS		
N° Serie	: 78 - 0260 - 02046	Máxima capacidad (kgf)	: 453.92
Factor del Anillo de Corte (kgf)	: 0 X ² + 0.3439 X + 2.8814	Peso del Molde Tallador (g)	: 155.88

1/3

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.U.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones
 Lima - Lima - Puente Piedra Acelerométricas del SENCICO
 UBICACION : Arequipa
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 3 / Prof. 4.00m DESCRIPCIÓN : Arena limosa

ESFUERZO NORMAL	0.55 kg/cm ²		1.10 kg/cm ²		2.20 kg/cm ²	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Etapas						
Altura (cm)	1.90	1.80	1.90	1.72	1.90	1.68
Volumen (cm ³)	69.08	65.40	69.08	62.71	69.08	60.92
Humedad (%)	10.9	26.2	10.9	25.5	10.9	24.4
Densidad Seca (g/cm ³)	1.399	1.478	1.399	1.542	1.399	1.587
Esfuerzo Corte (kg/cm ²)		0.29		0.78		1.34

Desplaz. Horizontal (mm)	ESFUERZO NORMAL 0.55 kg/cm ²				ESFUERZO NORMAL 1.10 kg/cm ²				ESFUERZO NORMAL 2.20 kg/cm ²			
	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)
0.00	0.818	0.0	0.0	0.00	1.289	0.0	0.0	0.00	1.636	0.0	0.0	0.00
0.25	0.848	6.0	4.9	0.14	1.338	21.0	10.1	0.28	1.698	32.0	13.9	0.38
0.50	0.906	9.0	6.0	0.16	1.403	31.0	13.5	0.37	1.770	58.0	22.8	0.63
0.75	0.956	10.0	6.3	0.17	1.456	40.0	16.6	0.46	1.828	72.0	27.6	0.75
1.00	0.956	11.0	6.7	0.18	1.484	47.0	19.0	0.52	1.874	82.0	31.1	0.85
1.50	0.960	15.0	8.0	0.22	1.527	55.0	21.8	0.60	1.942	92.0	34.5	0.95
2.00	0.970	17.0	8.7	0.24	1.563	58.0	22.8	0.63	1.996	98.0	36.6	1.01
2.50	0.990	18.0	9.1	0.25	1.599	60.0	23.5	0.65	2.042	102.0	38.0	1.04
3.00	0.992	19.0	9.4	0.26	1.631	61.0	23.9	0.66	2.094	105.0	39.0	1.07
3.50	0.992	19.0	9.4	0.26	1.646	63.0	24.5	0.68	2.120	108.0	40.0	1.10
4.00	0.992	21.0	10.1	0.28	1.661	66.0	25.6	0.70	2.144	110.0	40.7	1.12
4.50	0.994	22.0	10.4	0.29	1.680	68.0	26.3	0.72	2.174	114.0	42.1	1.16
5.00	1.002	22.0	10.4	0.29	1.699	71.0	27.3	0.75	2.202	118.0	43.5	1.20
5.50	1.006	22.0	10.4	0.29	1.709	72.0	27.6	0.76	2.216	120.0	45.2	1.24
6.00	1.010	22.0	10.4	0.29	1.720	74.0	28.3	0.78	2.230	126.0	46.2	1.27
6.50	1.014	22.0	10.4	0.29	1.729	74.0	28.3	0.78	2.242	130.0	47.6	1.31
7.00					1.734	73.0	28.0	0.77	2.244	132.0	48.3	1.33
7.50					1.742	73.0	28.0	0.77	2.244	133.0	48.6	1.34
8.00					1.750	73.0	28.0	0.77	2.244	132.0	48.3	1.33
8.50					1.754	72.0	27.6	0.76	2.244	131.0	47.9	1.32
9.00									2.244	131.0	47.9	1.32
9.50												
10.00												
10.50												
11.00												
11.50												
12.00												
12.50												
13.00												
13.50												
14.00												
14.50												
15.00												

2/3

ERICK OSWALDO
ZECARRA ARANDA
Reg. CIPN° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

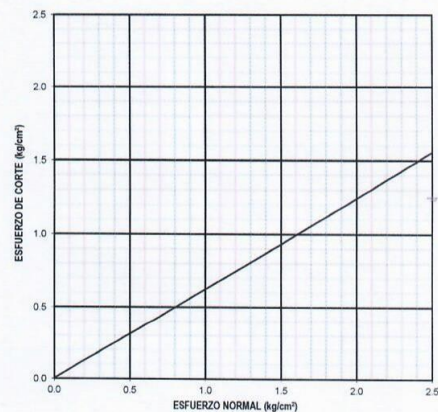
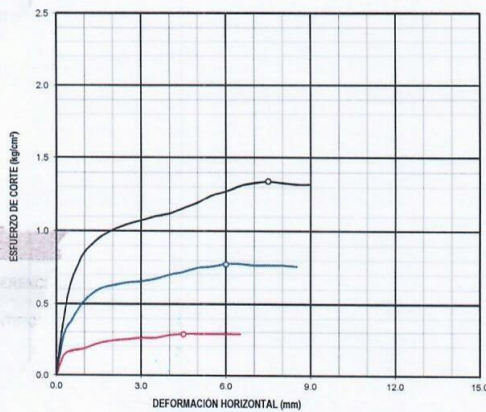
INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Proprietarios la Floresta de Copacabana Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 3 / Prof. 4.00m DESCRIPCIÓN : Arena limosa



RESULTADOS DE ENSAYO			
COHESIÓN (kg/cm ²)	0.003	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	31.8
COHESIÓN (kPa)	0.3		

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N° 4.
- Los especímenes de ensayo fueron moldeados con una "densidad seca" y "humedad" conservadoras.

3/3
 ERICK OSWALDO ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIPN° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
DIRECCIÓN : Mza. D Lota. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Ubicación : Arequipa
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 4 / Prof.: 5.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 107 - 2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS				
MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)			
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			100
3/4"	19.050		9	91
1/2"	12.700	15	24	76
3/8"	9.525	6	30	70
1/4"	6.350	5	35	65
N° 4	4.750	1	36	64
N° 6	3.360	2	38	62
N° 8	2.360	2	40	60
N° 10	2.000	2	42	58
N° 16	1.180	14	56	44
N° 20	0.850	9	65	35
N° 30	0.600	7	72	28
N° 40	0.425	5	77	23
N° 50	0.300	4	81	19
N° 80	0.180	5	86	14
N° 100	0.150	1	87	13
N° 200	0.075	3	90	10
< 200	< 0.075	10	100	-

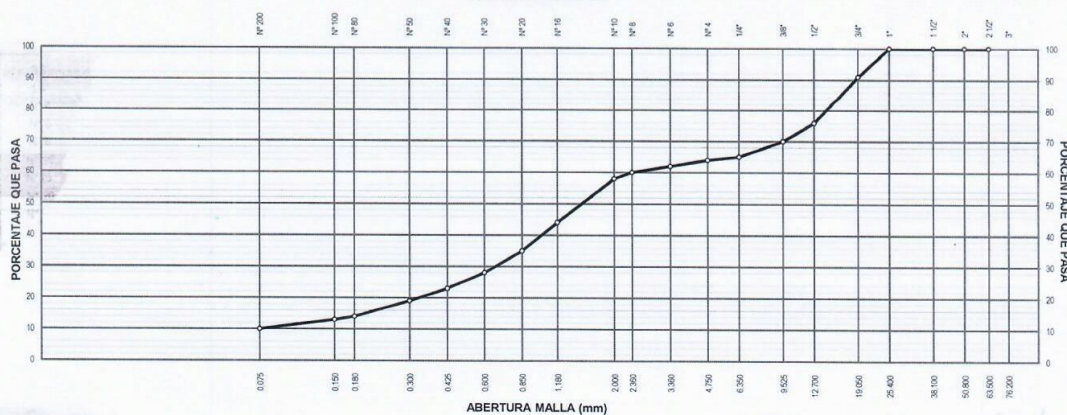
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL			
Limite líquido (%)	MTC E 110 - 2016	:	NP
Limite plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Índice plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Clasificación SUCS	ASTM D 2487	:	SW-SM
Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	:	A-1-b (0)
ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"			
Grava (Pas. 3" y Ret. N°4)	:		36.0 %
Arena (Pas. N°4 y Ret. N°200)	:		54.0 %
Fino (Pas. N°200)	:		10.0 %

Descripción de la muestra : Arena bien gradada con limo y grava

Cont. de humedad (%) MTC E 108 - 2016 : 0.9

OBSERVACIONES:
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Equipos usados:
Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 4 / Prof: 5.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
 DESCRIPCIÓN : Arena bien gradada con limo y grava CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 137 - 2016 DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 75 µm (N° 200) EN SUELOS

DENOMINACIÓN		MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 µm)
Tamaño máximo de la muestra de ensayo	(mm)	4.750
Tarro N°		207
Peso suelo seco + tarro - inicial	(g)	643.4
Peso suelo seco + tarro - final	(g)	553.6
Peso del material pasante por la Malla N° 200	(g)	89.8
Peso del tarro	(g)	92.9
Peso del suelo seco inicial	(g)	550.5
Material pasante por la malla N° 200	(%)	16.3
Porcentaje del material pasante la malla N°4, respecto del material global	(%)	64
MATERIAL PASANTE POR LA MALLA N° 200 RESPECTO AL "MATERIAL GLC	(%)	10.4

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°4.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
 Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
 ZEGARRAARANDA
 Reg. CIP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 4 / Prof.: 5.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Arena bien gradada con limo y grava CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 108 - 2016 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL GLOBAL
Tarro N°	129
Peso de tarro + suelo húmedo (g)	607.8
Peso de tarro + suelo seco (g)	603.1
Peso del Agua (g)	4.8
Peso del tarro (g)	93.0
Peso del suelo seco (g)	510.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.9

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material global.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. de Propietarios la Floresta UBICACIÓN : Arequipa

de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

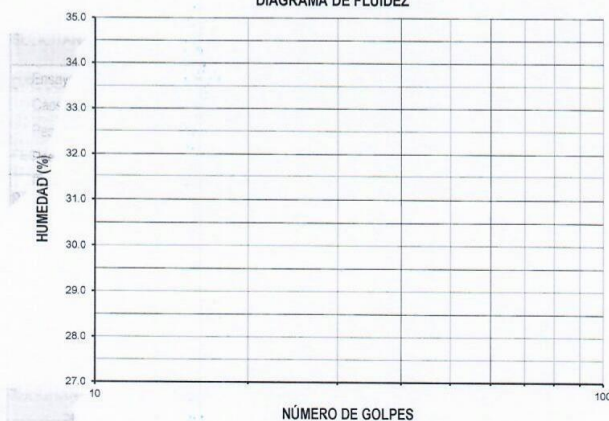
IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 4 / Prof.: 5.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Arena bien gradada con limo y grava CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 110 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS
MTC E 111 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.), DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016)				LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	--	--	--	--	--	--
Cápsula N°	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del Agua (g)	--	--	--	--	--	--
Peso de la cápsula (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Contenido de humedad (%)	--	--	--	--	--	--
Número de golpes	--	--	--	--	--	--

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016) (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016) (%)	NP
ÍND. PLASTICIDAD (MTC E 111 - 2016) (%)	NP

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- La muestra se desliza en la copa de Casagrande.
- El Límite Líquido no se puede determinar.
- El Límite Plástico no se puede determinar.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (29/12/2017)
Balanza: SPJ402 / Serie N° B225049023 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZECARRA ARANDA
Reg. DIF N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - UBICACIÓN : Arequipa
 Lima - Puente Piedra
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 5 / Prof.: 6.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
 CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 107 - 2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS				
MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)			
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			100
3/4"	19.050	12	12	88
1/2"	12.700	4	16	84
3/8"	9.525	2	18	82
1/4"	6.350	1	19	81
N° 4	4.750	-	19	81
N° 6	3.360	1	20	80
N° 8	2.360	2	22	78
N° 10	2.000	2	24	76
N° 16	1.180	20	44	56
N° 20	0.850	13	57	43
N° 30	0.600	9	66	34
N° 40	0.425	7	73	27
N° 50	0.300	4	77	23
N° 80	0.180	6	83	17
N° 100	0.150	1	84	16
N° 200	0.075	4	88	12
-200	< 0.075	12	100	-

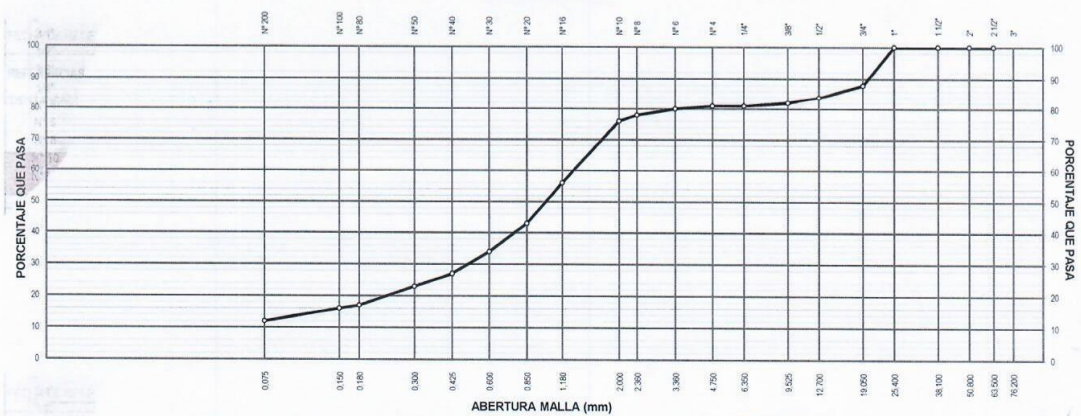
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL			
Límite líquido (%)	MTC E 110 - 2016	:	NP
Límite plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Índice plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Clasificación SUCS	ASTM D 2487	:	SW-SM
Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	:	A-1-b (0)
ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"			
Grava (Pas. 3" y Ret. N°4)	:		19.0 %
Arena (Pas. N°4 y Ret. N°200)	:		69.0 %
Fino (Pas. N°200)	:		12.0 %

Descripción de la muestra : Arena bien gradada con limo y grava

Cont. de humedad (%) MTC E 108 - 2016 : 3.4

OBSERVACIONES:
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Equipos usados:
Escala: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 5 / Prof.: 6.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
 DESCRIPCIÓN : Arena bien gradada con limo y grava CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 137 - 2016 DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 75 µm (N° 200) EN SUELOS

DENOMINACIÓN	MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 µm)
Tamaño máximo de la muestra de ensayo (mm)	4.750
Tarro N°	249
Peso suelo seco + tarro - inicial (g)	520.8
Peso suelo seco + tarro - final (g)	457.9
Peso del material pasante por la Malla N° 200 (g)	62.9
Peso del tarro (g)	94.6
Peso del suelo seco inicial (g)	426.2
Material pasante por la malla N° 200 (%)	14.8
Porcentaje del material pasante la malla N°4, respecto del material global (%)	81
MATERIAL PASANTE POR LA MALLA N° 200 RESPECTO AL "MATERIAL GLC (%)	12.0

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°4.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
 Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta UBICACIÓN : Arequipa

de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 5 / Prof.: 6.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Arena bien gradada con limo y grava CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 108 - 2016 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL GLOBAL
Tarro N°	427
Peso de tarro + suelo húmedo (g)	1,982.1
Peso de tarro + suelo seco (g)	1,922.1
Peso del Agua (g)	60.0
Peso del tarro (g)	144.5
Peso del suelo seco (g)	1,777.6
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.4

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material global.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

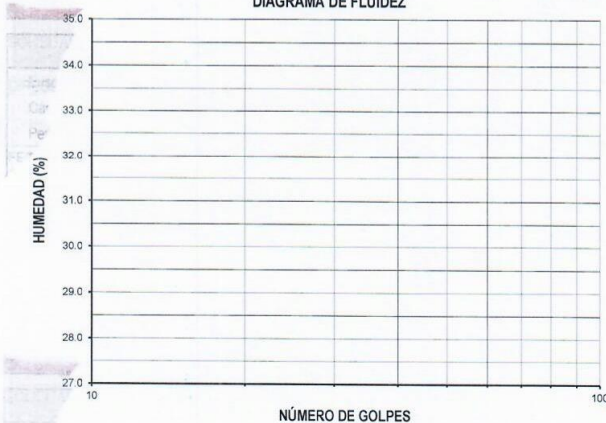
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 5 / Prof.: 6.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
 DESCRIPCIÓN : Arena bien gradada con limo y grava CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 110 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS
 MTC E 111 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.), DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016)				LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	--	--	--	--	--	--
Cápsula N°	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del Agua (g)	--	--	--	--	--	--
Peso de la cápsula (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Contenido de humedad (%)	--	--	--	--	--	--
Número de golpes	--	--	--	--	--	--

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016) (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016) (%)	NP
ÍND. PLASTICIDAD (MTC E 111 - 2016) (%)	NP

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- La muestra se desliza en la copa de Casagrande.
- El Límite Líquido no se puede determinar.
- El Límite Plástico no se puede determinar.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (29/12/2017)
 Balanza: SPJ402 / Serie N° B225049023 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
 ZEGARRA RAMA
 Reg. CIP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - UBICACIÓN : Arequipa

Lima - Puente Piedra

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

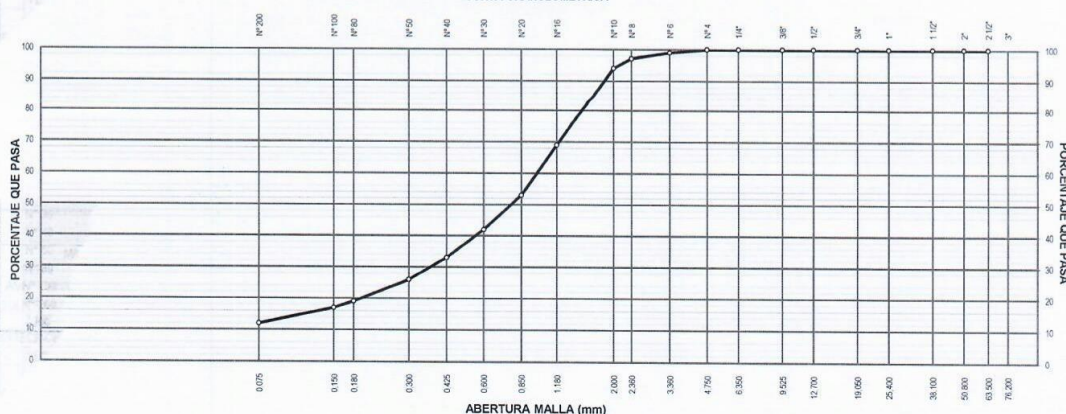
IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 5 / Prof.: 6.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 107 - 2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL			
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)	Limite líquido (%)	MTC E 110 - 2016	:	NP
3"	76.200				Limite plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
2 1/2"	63.500				Índice plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
2"	50.800				Clasificación SUCS	ASTM D 2487	:	SW-SM
1 1/2"	38.100				Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	:	A-1-b (0)
1"	25.400				ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"			
3/4"	19.050				Grava (Pas. 3" y Ret. N°4) : --			
1/2"	12.700				Arena (Pas. N°4 y Ret. N°200) : 88.0 %			
3/8"	9.525				Fino (Pas. N°200) : 12.0 %			
1/4"	6.350				Descripción de la muestra : Arena bien gradada con limo			
N° 4	4.750			100	Cont. de humedad (%)	MTC E 108 - 2016	:	--
N° 6	3.360	1	1	99	OBSERVACIONES:			
N° 8	2.360	2	3	97	- Muestra tomada e identificada por el solicitante.			
N° 10	2.000	3	6	94	- Material pasante la malla N° 4, para el Ensayos de Corte Directo.			
N° 16	1.180	25	31	69				
N° 20	0.850	16	47	53				
N° 30	0.600	11	58	42				
N° 40	0.425	9	67	33				
N° 50	0.300	7	74	26				
N° 80	0.180	7	81	19				
N° 100	0.150	2	83	17				
N° 200	0.075	5	88	12				
-200	< 0.075	12	100	-				

CURVA GRANULOMETRICA



Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SP-6001 / Serie N° B327507290 (23/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112650
OHL INGENIEROS S.A.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
UBICACIÓN : Arequipa
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO
IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 5 / Prof. 6.00m MARCA : ELE INTERNATIONAL
DESCRIPCIÓN : Arena bien gradada con limo y arena CERT. DE CALIBRACIÓN : 003 - CF - 2017
PRESENTACIÓN : 4 cajas porta muestra N° DE SERIE DEL ANILLO : 78 - 0260 - 02046
CANTIDAD : 20 metros lineales

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO					
Clasificación SUCS (ASTM D 2487)	SW-SM	Mat. más Fino N° 200 (MTC E 202 - 2016)	(%)		12
Clasificación Obras Viales (ASTM D 3282)	A-1-b (0)	Tamaño Máximo (mm) (ASTM D 422)			4.750
Límite Líquido (MTC E 110 - 2016)	(%)	NP	Consistencia (s. fino) (NTP 339.150 - 2001)		--
Índice Plástico (MTC E 111 - 2016)	(%)	NP	Cementación (s. grueso) (NTP 339.150 - 2001)		--

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPÉCIMENES DE ENSAYO				
DESCRIPCIÓN		0.55 kg/cm²	1.10 kg/cm²	2.20 kg/cm²
Lado promedio (cm)		6.030	6.030	6.030
Área (cm²)		36.36	36.36	36.36
Altura Inicial (cm)		1.90	1.90	1.90
Deformación vertical máxima (cm)		0.100	0.172	0.234
Altura Final (cm)		1.80	1.73	1.67
Volumen Inicial (cm³)		69.08	69.08	69.08
Volumen Final (cm³)		65.46	62.84	60.56
Relación Lado promedio / Altura		3.17	3.17	3.17
Condición de la Estructura del suelo		REMOLDEADO		
Peso Húmedo Inicial (g)		106.06	106.06	106.06
Peso Húmedo Final (g)		120.57	120.99	121.80
Peso Seco (g)		97.5	97.5	97.5
Humedad Inicial (MTC E 108 - 2016) (%)		8.8	8.8	8.8
Humedad Final (MTC E 108 - 2016) (%)		23.7	24.1	24.9
Densidad Húmeda Inicial (g/cm³)		1.535	1.535	1.535
Densidad Húmeda Final (g/cm³)		1.842	1.925	2.011
Densidad Seca Inicial (g/cm³)		1.411	1.411	1.411
Densidad Seca Final (g/cm³)		1.490	1.552	1.610

CARACTERÍSTICAS DEL ANILLO DE CORTE DIRECTO			
Nombre	: DIGITAL DIRECT / RESIDUAL SHEAR APPARATUS		
N° Serie	: 78 - 0260 - 02046	Máxima capacidad (kgf)	: 453.92
Factor del Anillo de Corte (kgf)	: 0 X² + 0.3439 X + 2.8814	Peso del Molde Tallador (g)	: 155.88

1/3

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



LABORATORIO DE MATERIALES - GEOTECNIA - CONSULTORÍA
www.ohl ingenieros.pe / g.general@ohl ingenieros.pe

EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones
Lima - Lima - Puente Piedra Acelerométricas del SENCICO
UBICACIÓN : Arequipa
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 5 / Prof. 6.00m DESCRIPCIÓN : Arena bien gradada con limo y arena

ESFUERZO NORMAL	0.55 kg/cm ²		1.10 kg/cm ²		2.20 kg/cm ²	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Etapas						
Altura (cm)	1.90	1.80	1.90	1.73	1.90	1.67
Volumen (cm ³)	69.08	65.46	69.08	62.84	69.08	60.56
Humedad (%)	8.8	23.7	8.8	24.1	8.8	24.9
Densidad Seca (g/cm ³)	1.411	1.490	1.411	1.552	1.411	1.610
Esfuerzo Corte (kg/cm ²)	0.26		0.80		1.31	

Desplaz. Horizontal (mm)	ESFUERZO NORMAL 0.55 kg/cm ²				ESFUERZO NORMAL 1.10 kg/cm ²				ESFUERZO NORMAL 2.20 kg/cm ²			
	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)
0.00	0.602	0.0	0.0	0.00	1.237	0.0	0.0	0.00	1.744	0.0	0.0	0.00
0.25	0.640	4.0	4.3	0.12	1.288	19.0	9.4	0.26	1.808	30.0	13.2	0.36
0.50	0.670	8.0	5.6	0.15	1.339	29.0	12.9	0.35	1.876	44.0	18.0	0.50
0.75	0.706	9.0	6.0	0.16	1.387	35.0	14.9	0.41	1.936	62.0	24.2	0.67
1.00	0.728	9.0	6.0	0.16	1.437	42.0	17.3	0.48	2.010	71.0	27.3	0.75
1.50	0.772	10.0	6.3	0.17	1.482	46.0	18.7	0.51	2.060	80.0	30.4	0.84
2.00	0.820	10.0	6.3	0.17	1.526	54.0	21.5	0.59	2.104	87.0	32.8	0.90
2.50	0.854	11.0	6.7	0.18	1.569	62.0	24.2	0.67	2.158	96.0	35.9	0.99
3.00	0.884	12.0	7.0	0.19	1.605	67.0	25.9	0.71	2.200	102.0	38.0	1.04
3.50	0.900	13.0	7.4	0.20	1.626	70.0	27.0	0.74	2.228	107.0	39.7	1.09
4.00	0.940	15.0	8.0	0.22	1.660	71.0	27.3	0.75	2.262	114.0	42.1	1.16
4.50	0.958	15.0	8.0	0.22	1.676	72.0	27.6	0.76	2.278	118.0	43.5	1.20
5.00	0.970	16.0	8.4	0.23	1.685	73.0	28.0	0.77	2.286	121.0	44.5	1.22
5.50	0.990	17.0	8.7	0.24	1.697	73.0	28.0	0.77	2.294	123.0	45.2	1.24
6.00	0.994	18.0	9.1	0.25	1.700	73.0	28.0	0.77	2.298	125.0	45.9	1.26
6.50	0.998	19.0	9.4	0.26	1.705	73.0	28.0	0.77	2.304	127.0	46.6	1.28
7.00	0.996	19.0	9.4	0.26	1.707	74.0	28.3	0.78	2.308	129.0	47.2	1.30
7.50	0.994	19.0	9.4	0.26	1.708	74.0	28.3	0.78	2.310	130.0	47.6	1.31
8.00	0.986	19.0	9.4	0.26	1.705	76.0	29.0	0.80	2.310	129.0	47.2	1.30
8.50	0.982	19.0	9.4	0.26	1.703	74.0	28.3	0.78	2.310	127.0	46.6	1.28
9.00	0.974	19.0	9.4	0.26	1.700	74.0	28.3	0.78	2.310	127.0	46.6	1.28
9.50	0.970	19.0	9.4	0.26	1.705	74.0	28.3	0.78	2.320	127.0	46.6	1.28
10.00	0.968	19.0	9.4	0.26	1.718	73.0	28.0	0.77	2.344	127.0	46.6	1.28
10.50												
11.00												
11.50												
12.00												
12.50												
13.00												
13.50												
14.00												
14.50												
15.00												

2/3

ERIC OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112630
OHL INGENIEROS

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

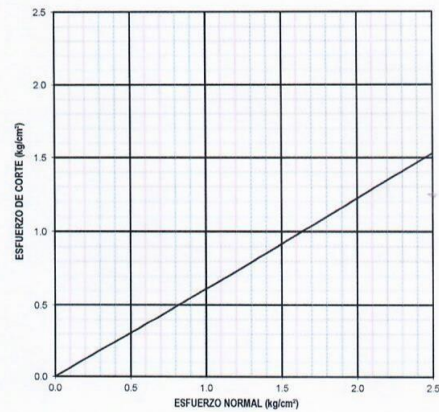
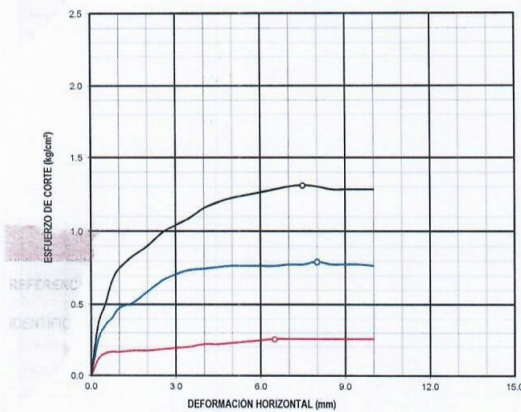
SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana UBICACIÓN : Arequipa
 Lima - Lima - Puente Piedra
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 5 / Prof. 6.00m

DESCRIPCIÓN : Arena bien gradada con limo y arena



RESULTADOS DE ENSAYO			
COHESIÓN (kg/cm ²)	0.001	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	31.4
COHESIÓN (kPa)	0.1		

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N° 4.
- Los especímenes de ensayo fueron moldeados con una "densidad seca" y "humedad" conservadoras.

3/3

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112633
OHL INGENIEROS

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Proprietarios la Floresta de Copacabana Lima - UBICACIÓN : Arequipa

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

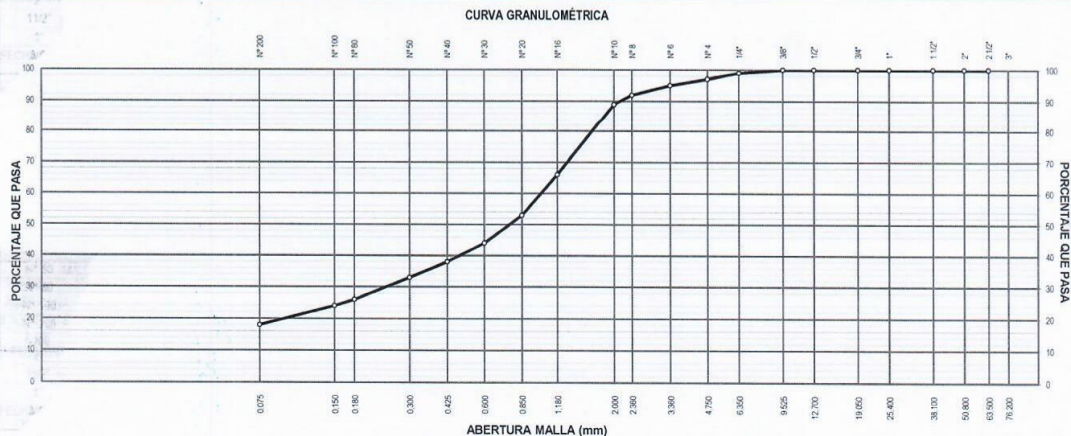
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 6 / Prof.: 7.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 107 - 2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL			
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)				
3"	76.200				Limite líquido (%)	MTC E 110 - 2016	:	NP
2 1/2"	63.500				Limite plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
2"	50.800				Índice plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
1 1/2"	38.100				Clasificación SUCS	ASTM D 2487	:	SM
1"	25.400				Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	:	A-1-b (0)
3/4"	19.050				ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"			
1/2"	12.700				Grava (Pas. 3" y Ret. N°4)	:	3.0 %	
3/8"	9.525			100	Arena (Pas. N°4 y Ret. N°200)	:	79.0 %	
1/4"	6.350	1	1	99	Fino (Pas. N°200)	:	18.0 %	
N° 4	4.750	2	3	97	Descripción de la muestra : Arena limosa			
N° 6	3.360	2	5	95	Cont. de humedad (%)	MTC E 108 - 2016	:	5.7
N° 8	2.360	3	8	92	OBSERVACIONES:			
N° 10	2.000	3	11	89	- Muestra tomada e identificada por el solicitante.			
N° 16	1.180	23	34	66				
N° 20	0.850	13	47	53				
N° 30	0.600	9	56	44				
N° 40	0.425	6	62	38				
N° 50	0.300	5	67	33				
N° 80	0.180	7	74	26				
N° 100	0.150	2	76	24				
N° 200	0.075	6	82	18				
< 200	< 0.075	18	100	-				



Equipos usados:
Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICH OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CHN N° 112600
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 6 / Prof.: 7.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
 DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 137 - 2016 DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 75 µm (N° 200) EN SUELOS

DENOMINACIÓN	MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 µm)
Tamaño máximo de la muestra de ensayo (mm)	4.750
Tarro N°	216
Peso suelo seco + tarro - inicial (g)	653.8
Peso suelo seco + tarro - final (g)	548.9
Peso del material pasante por la Malla N° 200 (g)	104.9
Peso del tarro (g)	92.2
Peso del suelo seco inicial (g)	561.6
Material pasante por la malla N° 200 (%)	18.7

Porcentaje del material pasante la malla N°4, respecto del material global (%)	97
MATERIAL PASANTE POR LA MALLA N° 200 RESPECTO AL "MATERIAL GLC" (%)	18.1

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°4.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
 Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

[Handwritten Signature]
 RYCH OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112833
 OHL INGENIEROS S.A.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 6 / Prof.: 7.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 108 - 2016 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL GLOBAL
Tarro N°	102
Peso de tarro + suelo húmedo (g)	603.6
Peso de tarro + suelo seco (g)	576.1
Peso del Agua (g)	27.5
Peso del tarro (g)	94.3
Peso del suelo seco (g)	481.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.7

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material global.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICH OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. D.F.N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta UBICACIÓN : Arequipa

de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

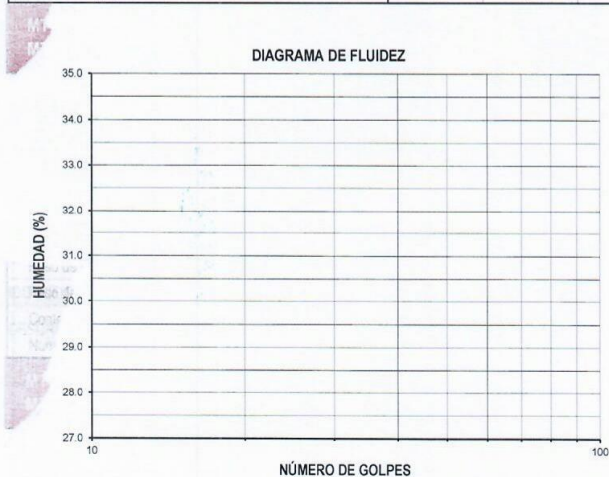
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 6 / Prof.: 7.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 110 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS
MTC E 111 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P), DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016)				LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°						
Cápsula N°	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del Agua (g)	--	--	--	--	--	--
Peso de la cápsula (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Contenido de humedad (%)	--	--	--	--	--	--
Número de golpes	--	--	--	--	--	--



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016) (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016) (%)	NP
ÍND. PLASTICIDAD (MTC E 111 - 2016) (%)	NP

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- La muestra se desliza en la copa de Casagrande.
- El Límite Líquido no se puede determinar.
- El Límite Plástico no se puede determinar.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:
Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (29/12/2017)
Balanza: SPJ402 / Serie N° B225049023 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Proprietarios la Floresta de Copacabana Lima - UBICACIÓN : Arequipa
Lima - Puente Piedra
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 7 / Prof.: 8.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 107 - 2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS				
MALLAS AMERICANA		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE	ABERTURA (mm)			
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.525			
1/4"	6.350			
N° 4	4.750			
N° 6	3.360			
N° 8	2.360			
N° 10	2.000			100
N° 16	1.180	3	3	97
N° 20	0.850	3	6	94
N° 30	0.600	5	11	89
N° 40	0.425	8	19	81
N° 50	0.300	9	28	72
N° 60	0.250	15	43	57
N° 100	0.150	6	49	51
N° 200	0.075	15	64	36
< 200	< 0.075	36	100	-

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL			
Límite líquido (%)	MTC E 110 - 2016	:	NP
Límite plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Índice plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Clasificación SUCS	ASTM D 2487	:	SM
Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	:	A-4 (0)
ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"			
Grava (Pas. 3" y Ret. N°4)	:		--
Arena (Pas. N°4 y Ret. N°200)	:		64.0 %
Fino (Pas. N°200)	:		36.0 %

Descripción de la muestra : Arena limosa
Cont. de humedad (%) MTC E 108 - 2016 : 5.9

OBSERVACIONES:
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Equipos usados:
Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SP36001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 7 / Prof.: 8.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 137 - 2016 DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 75 µm (N° 200) EN SUELOS

DENOMINACIÓN	MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 µm)
Tamaño máximo de la muestra de ensayo (mm)	4.750
Tarro N°	135
Peso suelo seco + tarro - inicial (g)	621.1
Peso suelo seco + tarro - final (g)	429.5
Peso del material pasante por la Malla N° 200 (g)	191.6
Peso del tarro (g)	93.9
Peso del suelo seco inicial (g)	527.2
Material pasante por la malla N° 200 (%)	36.3

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°4.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020916 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA APANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 7 / Prof.: 8.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 108 - 2016 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL GLOBAL
Tarro N°	62
Peso de tarro + suelo húmedo (g)	667.6
Peso de tarro + suelo seco (g)	635.7
Peso del Agua (g)	31.9
Peso del tarro (g)	92.3
Peso del suelo seco (g)	543.4
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.9

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material global.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA PARRANDA
Reg. OIR N° 112839
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta UBICACIÓN : Arequipa

de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

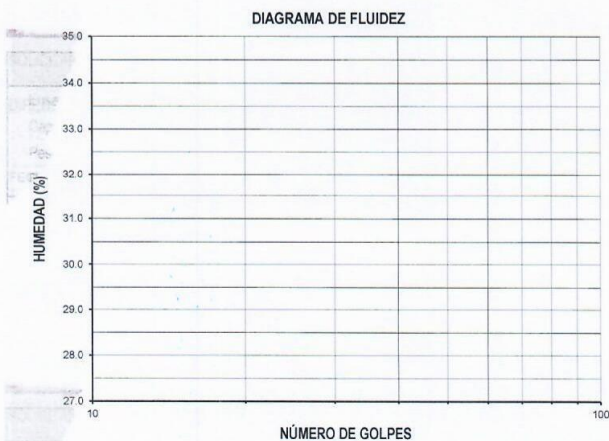
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 7 / Prof.: 8.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 110 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS
MTC E 111 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P), DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016)				LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	--	--	--	--	--	--
Cápsula N°	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del Agua (g)	--	--	--	--	--	--
Peso de la cápsula (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Contenido de humedad (%)	--	--	--	--	--	--
Número de golpes	--	--	--	--	--	--



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016) (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016) (%)	NP
ÍND. PLASTICIDAD (MTC E 111 - 2016) (%)	NP

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- La muestra se desliza en la copa de Casagrande.
- El Limite Líquido no se puede determinar.
- El Limite Plástico no se puede determinar.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:
Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (29/12/2017)
Balanza: SPJ402 / Serie N° B225049023 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra CARACTERIZACIÓN Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 7 / Prof. 8.00m
 DESCRIPCIÓN : Arena limosa
 PRESENTACIÓN : 4 cajas porta muestra
 CANTIDAD : 20 metros lineales

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

MARCA : ELE INTERNATIONAL
 CERT. DE CALIBRACIÓN : 003 - CF - 2017
 N° DE SERIE DEL ANILLO : 78 - 0260 - 02046

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO						
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487)	SM	Mat. más Fino N° 200	(MTC E 202 - 2016)	(%)	36
Clasificación Obras Viales	(ASTM D 3282)	A-4 (0)	Tamaño Máximo (mm)	(ASTM D 422)		2.000
Límite Líquido	(MTC E 110 - 2016)	(%)	NP	Consistencia (s. fino)	(NTP 339.150 - 2001)	--
Índice Plástico	(MTC E 111 - 2016)	(%)	NP	Cementación (s. grueso)	(NTP 339.150 - 2001)	--

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECIMENES DE ENSAYO						
REF.	DESCRIPCIÓN		0.55 kg/cm ²	1.10 kg/cm ²	2.20 kg/cm ²	
	Lado promedio	(cm)	6.030	6.030	6.030	
	Área	(cm ²)	36.36	36.36	36.36	
	Altura Inicial	(cm)	1.90	1.90	1.90	
	Deformación vertical máxima	(cm)	0.177	0.212	0.267	
	Altura Final	(cm)	1.72	1.69	1.63	
	Volumen Inicial	(cm ³)	69.08	69.08	69.08	
	Volumen Final	(cm ³)	62.66	61.37	59.39	
	Relación Lado promedio / Altura		3.17	3.17	3.17	
	Condición de la Estructura del suelo		REMOLDEADO			
	Peso Húmedo Inicial	(g)	94.92	94.92	94.92	
	Peso Húmedo Final	(g)	112.48	111.43	110.89	
	Peso Seco	(g)	81.6	81.6	81.6	
	Humedad Inicial	(MTC E 108 - 2016)	(%)	16.3	16.3	16.3
	Humedad Final	(MTC E 108 - 2016)	(%)	37.8	36.5	35.9
	Densidad Húmeda Inicial	(g/cm ³)	1.374	1.374	1.374	
	Densidad Húmeda Final	(g/cm ³)	1.795	1.816	1.867	
	Densidad Seca Inicial	(g/cm ³)	1.181	1.181	1.181	
	Densidad Seca Final	(g/cm ³)	1.302	1.330	1.374	

CARACTERÍSTICAS DEL ANILLO DE CORTE DIRECTO			
Nombre	: DIGITAL DIRECT / RESIDUAL SHEAR APPARATUS		
N° Serie	: 78 - 0260 - 02046	Máxima capacidad (kgf)	: 453.92
Factor del Anillo de Corte (kgf)	: 0 X ² + 0.3439 X + 2.8814	Peso del Molde Tallador (g)	: 155.88

1/3
 ERIC OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones
 Lima - Lima - Puente Piedra Acelerométricas del SENCICO
 UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 7 / Prof. 8.00m DESCRIPCIÓN : Arena limosa

ESFUERZO NORMAL	0.55 kg/cm ²		1.10 kg/cm ²		2.20 kg/cm ²	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Etapas						
Altura (cm)	1.90	1.72	1.90	1.69	1.90	1.63
Volumen (cm ³)	69.08	62.66	69.08	61.37	69.08	59.39
Humedad (%)	16.3	37.8	16.3	36.5	16.3	35.9
Densidad Seca (g/cm ³)	1.181	1.302	1.181	1.330	1.181	1.374
Esfuerzo Corte (kg/cm ²)	0.26		0.75		1.24	

Desplaz. Horizontal (mm)	ESFUERZO NORMAL 0.55 kg/cm ²				ESFUERZO NORMAL 1.10 kg/cm ²				ESFUERZO NORMAL 2.20 kg/cm ²			
	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)
0.00	0.972	0.0	0.0	0.00	1.493	0.0	0.0	0.00	1.932	0.0	0.0	0.00
0.25	1.026	6.0	4.9	0.14	1.544	13.0	7.4	0.20	1.984	19.0	9.4	0.26
0.50	1.094	9.0	6.0	0.16	1.619	26.0	11.8	0.33	2.070	43.0	17.7	0.49
0.75	1.174	10.0	6.3	0.17	1.698	34.0	14.6	0.40	2.154	58.0	22.8	0.63
1.00	1.208	12.0	7.0	0.19	1.750	37.0	15.6	0.43	2.222	63.0	24.5	0.68
1.50	1.284	14.0	7.7	0.21	1.833	41.0	17.0	0.47	2.316	72.0	27.6	0.76
2.00	1.342	15.0	8.0	0.22	1.892	47.0	19.0	0.52	2.382	81.0	30.7	0.85
2.50	1.400	15.0	8.0	0.22	1.967	51.0	20.4	0.56	2.472	89.0	33.5	0.92
3.00	1.420	16.0	8.4	0.23	1.999	54.0	21.5	0.59	2.514	93.0	34.9	0.96
3.50	1.444	17.0	8.7	0.24	2.035	56.0	22.1	0.61	2.560	96.0	35.9	0.99
4.00	1.470	17.0	8.7	0.24	2.062	58.0	22.8	0.63	2.590	99.0	36.9	1.02
4.50	1.490	18.0	9.1	0.25	2.085	60.0	23.5	0.65	2.618	102.0	38.0	1.04
5.00	1.510	18.0	9.1	0.25	2.107	61.0	23.9	0.66	2.642	105.0	39.0	1.07
5.50	1.514	18.0	9.1	0.25	2.122	62.0	24.2	0.67	2.666	106.0	39.3	1.08
6.00	1.528	18.0	9.1	0.25	1.912	64.0	24.9	0.68	2.304	110.0	40.7	1.12
6.50	1.548	18.0	9.1	0.25	1.937	65.0	25.2	0.69	2.334	113.0	41.7	1.15
7.00	1.564	18.0	9.1	0.25	1.964	67.0	25.9	0.71	2.368	117.0	43.1	1.19
7.50	1.582	19.0	9.4	0.26	1.984	68.0	26.3	0.72	2.392	118.0	43.5	1.20
8.00	1.590	19.0	9.4	0.26	2.000	69.0	26.6	0.73	2.414	120.0	44.1	1.21
8.50	1.602	19.0	9.4	0.26	2.024	70.0	27.0	0.74	2.448	122.0	44.8	1.23
9.00	1.614	19.0	9.4	0.26	2.036	71.0	27.3	0.75	2.460	123.0	45.2	1.24
9.50	1.786	19.0	9.4	0.26	2.041	70.0	27.0	0.74	2.484	122.0	44.8	1.23
10.00					2.048	69.0	26.6	0.73	2.502	121.0	44.5	1.22
10.50					2.054	68.0	26.3	0.72	2.512	120.0	44.1	1.21
11.00					2.067	68.0	26.3	0.72	2.530	117.0	43.1	1.19
11.50					2.072	68.0	26.3	0.72				
12.00												
12.50												
13.00												
13.50												
14.00												
14.50												
15.00												

2/3

ERICK OSVALDO
ZECARRA RAMANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

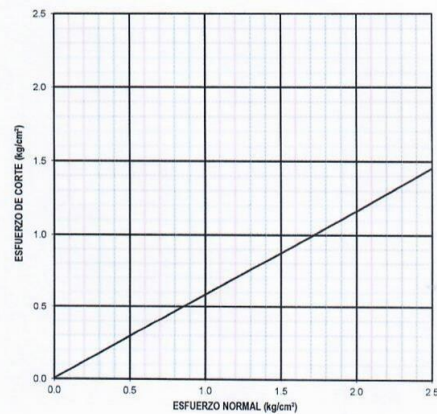
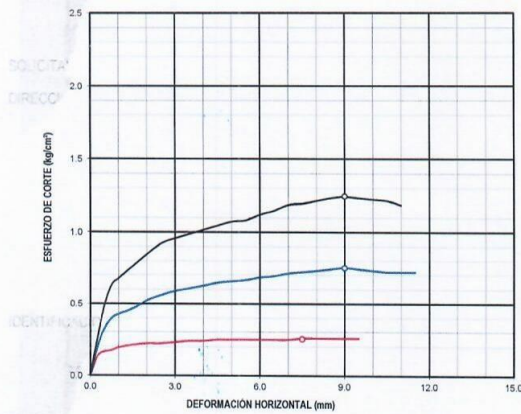
SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Proprietarios la Floresta de Copacabana Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 7 / Prof. 8.00m

DESCRIPCIÓN : Arena limosa



RESULTADOS DE ENSAYO			
COHESIÓN (kg/cm ²)	0.005	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	30.1
COHESIÓN (kPa)	0.5		

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N° 4.
- Los especímenes de ensayo fueron moldeados con una "densidad seca" y "humedad" conservadora.

3/3

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - UBICACIÓN : Arequipa

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 8 / Prof.: 10.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 107 - 2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS				
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.525			
1/4"	6.350			
N° 4	4.750			
N° 6	3.360			100
N° 8	2.360	1	1	99
N° 10	2.000	1	2	98
N° 16	1.180	2	4	96
N° 20	0.850	1	5	95
N° 30	0.600	3	8	92
N° 40	0.425	4	12	88
N° 50	0.300	6	18	82
N° 80	0.180	13	31	69
N° 100	0.150	7	38	62
N° 200	0.075	19	57	43
-200	< 0.075	43	100	-

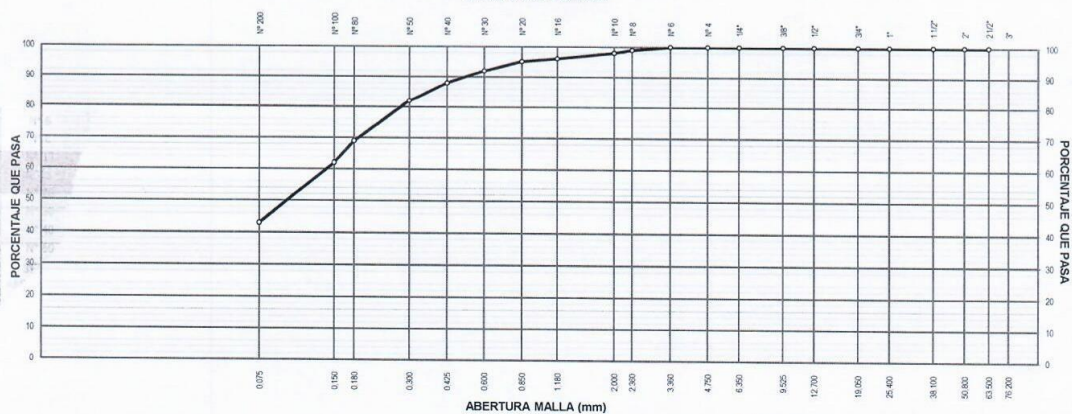
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL			
Limite líquido (%)	MTC E 110 - 2016	:	NP
Limite plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Índice plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Clasificación SUCS	ASTM D 2487	:	SM
Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	:	A-4 (0)
ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos"			
Grava (Pas. 3" y Ret. N°4)	:		--
Arena (Pas. N°4 y Ret. N°200)	:		57.0 %
Fino (Pas. N°200)	:		43.0 %

Descripción de la muestra : Arena limosa

Cont. de humedad (%) MTC E 108 - 2016 : 15.1

OBSERVACIONES:
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Equipos usados:
Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SP-6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. OIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 8 / Prof.: 10.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
DESCRIPCIÓN : / M - 8 / Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 137 - 2016 DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 75 µm (N° 200) EN SUELOS

DENOMINACIÓN	MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 µm)
Tamaño máximo de la muestra de ensayo (mm)	4.750
Tarro N°	102
Peso suelo seco + tarro - inicial (g)	576.1
Peso suelo seco + tarro - final (g)	368.8
Peso del material pasante por la Malla N° 200 (g)	207.3
Peso del tarro (g)	94.3
Peso del suelo seco inicial (g)	481.8
Material pasante por la malla N° 200 (%)	43.0

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°4.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SP-J6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA RAMANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 8 / Prof.: 10.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
DESCRIPCIÓN : / M - 8 / Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 108 - 2016 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL GLOBAL
Tarro N°	264
Peso de tarro + suelo húmedo (g)	544.7
Peso de tarro + suelo seco (g)	485.8
Peso del Agua (g)	59.0
Peso del tarro (g)	94.9
Peso del suelo seco (g)	390.9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.1

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material global.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112630
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta UBICACIÓN : Arequipa
 de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

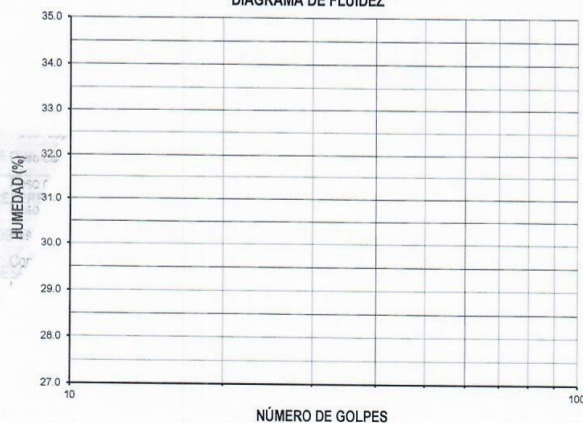
REFERENCIAS DE LA MI PAR - 1 / M - 8 / Prof.: 10.00m

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 8 / Prof.: 10.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
 DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 110 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS
 MTC E 111 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P), DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016)				LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	--	--	--	--	--	--
Cápsula N°	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del Agua (g)	--	--	--	--	--	--
Peso de la cápsula (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Contenido de humedad (%)	--	--	--	--	--	--
Número de golpes	--	--	--	--	--	--

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016) (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016) (%)	NP
IND. PLASTICIDAD (MTC E 111 - 2016) (%)	NP

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- La muestra se desliza en la copa de Casagrande.
- El Límite Líquido no se puede determinar.
- El Límite Plástico no se puede determinar.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (29/12/2017)
 Balanza: SPJ402 / Serie N° B225049023 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
 ZEGARRA MARANDA
 Reg. CIP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones
Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra Acelerométricas del SENCICO
UBICACIÓN : Arequipa
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 8 / Prof. 10.00m
DESCRIPCIÓN : Arena limosa
PRESENTACIÓN : 4 cajas porta muestra
CANTIDAD : 20 metros lineales

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

MARCA : ELE INTERNATIONAL
CERT. DE CALIBRACIÓN : 003 - CF - 2017
N° DE SERIE DEL ANILLO : 78 - 0260 - 02046

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO					
Clasificación SUCS (ASTM D 2487)	SM	Mat. más Fino N° 200 (MTC E 202 - 2016)	(%)		43
Clasificación Obras Viales (ASTM D 3282)	A-4 (0)	Tamaño Máximo (mm) (ASTM D 422)			3.360
Límite Líquido (MTC E 110 - 2016)	(%)	NP	Consistencia (s. fino) (NTP 339.150 - 2001)		--
Índice Plástico (MTC E 111 - 2016)	(%)	NP	Cementación (s. grueso) (NTP 339.150 - 2001)		--

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO				
DESCRIPCIÓN		0.55 kg/cm²	1.10 kg/cm²	2.20 kg/cm²
Lado promedio (cm)		6.030	6.030	6.030
Área (cm²)		36.36	36.36	36.36
Altura Inicial (cm)		1.90	1.90	1.90
Deformación vertical máxima (cm)		0.043	0.106	0.172
Altura Final (cm)		1.86	1.79	1.73
Volumen Inicial (cm³)		69.08	69.08	69.08
Volumen Final (cm³)		67.52	65.24	62.84
Relación Lado promedio / Altura		3.17	3.17	3.17
Condición de la Estructura del suelo		REMOLDEADO		
Peso Húmedo Inicial (g)		102.87	102.87	102.87
Peso Húmedo Final (g)		109.39	109.28	109.18
Peso Seco (g)		76.3	76.3	76.3
Humedad Inicial (MTC E 108 - 2016) (%)		34.8	34.8	34.8
Humedad Final (MTC E 108 - 2016) (%)		43.3	43.2	43.0
Densidad Húmeda Inicial (g/cm³)		1.489	1.489	1.489
Densidad Húmeda Final (g/cm³)		1.620	1.675	1.737
Densidad Seca Inicial (g/cm³)		1.105	1.105	1.105
Densidad Seca Final (g/cm³)		1.131	1.170	1.215

CARACTERÍSTICAS DEL ANILLO DE CORTE DIRECTO			
Nombre	: DIGITAL DIRECT / RESIDUAL SHEAR APPARATUS		
N° Serie	: 78 - 0260 - 02046	Máxima capacidad (kgf)	: 453.92
Factor del Anillo de Corte (kgf)	: $0 X^2 + 0.3439 X + 2.8814$	Peso del Molde Tallador (g)	: 155.88

1/3

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones
 Lima - Lima - Puente Piedra Acelerométricas del SENCICO
 UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 8 / Prof. 10.00m DESCRIPCIÓN : Arena limosa

ESFUERZO NORMAL	0.55 kg/cm ²		1.10 kg/cm ²		2.20 kg/cm ²	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Etapa						
Altura (cm)	1.90	1.86	1.90	1.79	1.90	1.73
Volumen (cm ³)	69.08	67.52	69.08	65.24	69.08	62.84
Humedad (%)	34.8	43.3	34.8	43.2	34.8	43.0
Densidad Seca (g/cm ³)	1.105	1.131	1.105	1.170	1.105	1.215
Esfuerzo Corte (kg/cm ²)	0.27		0.67		1.18	

Desplaz. Horizontal (mm)	ESFUERZO NORMAL 0.55 kg/cm ²				ESFUERZO NORMAL 1.10 kg/cm ²				ESFUERZO NORMAL 2.20 kg/cm ²			
	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)
0.00	0.372	0.0	0.0	0.00	0.791	0.0	0.0	0.00	1.110	0.0	0.0	0.00
0.25	0.394	4.0	4.3	0.12	0.817	16.0	8.4	0.23	1.140	21.0	10.1	0.28
0.50	0.424	10.0	6.3	0.17	0.865	25.0	11.5	0.32	1.202	59.0	23.2	0.64
0.75	0.426	12.0	7.0	0.19	0.884	34.0	14.6	0.40	1.232	70.0	27.0	0.74
1.00	0.428	13.0	7.4	0.20	0.899	37.0	15.6	0.43	1.256	77.0	29.4	0.81
1.50	0.430	15.0	8.0	0.22	0.920	42.0	17.3	0.48	1.290	84.0	31.8	0.87
2.00	0.428	16.0	8.4	0.23	0.932	44.0	18.0	0.50	1.312	89.0	33.5	0.92
2.50	0.426	17.0	8.7	0.24	0.946	47.0	19.0	0.52	1.338	93.0	34.9	0.96
3.00	0.422	18.0	9.1	0.25	0.957	52.0	20.8	0.57	1.358	96.0	35.9	0.99
3.50	0.426	19.0	9.4	0.26	0.989	55.0	21.8	0.60	1.410	102.0	38.0	1.04
4.00	0.408	20.0	9.8	0.27	0.990	58.0	22.8	0.63	1.422	105.0	39.0	1.07
4.50	0.404	20.0	9.8	0.27	0.996	58.0	22.8	0.63	1.434	106.0	39.3	1.08
5.00	0.402	20.0	9.8	0.27	0.998	59.0	23.2	0.64	1.440	107.0	39.7	1.09
5.50	0.402	20.0	9.8	0.27	1.005	60.0	23.5	0.65	1.452	109.0	40.4	1.11
6.00	0.402	20.0	9.8	0.27	1.014	61.0	23.9	0.66	1.466	109.0	40.4	1.11
6.50	0.402	19.0	9.4	0.26	1.021	62.0	24.2	0.67	1.478	110.0	40.7	1.12
7.00	0.400	19.0	9.4	0.26	1.035	60.0	23.5	0.65	1.502	113.0	41.7	1.15
7.50					1.038	59.0	23.2	0.64	1.518	114.0	42.1	1.16
8.00					1.043	58.0	22.8	0.63	1.540	114.0	42.1	1.16
8.50					1.050	58.0	22.8	0.63	1.550	114.0	42.1	1.16
9.00					1.054	57.0	22.5	0.62	1.574	115.0	42.4	1.17
9.50					1.056	55.0	21.8	0.60	1.592	115.0	42.4	1.17
10.00									1.610	115.0	42.4	1.17
10.50									1.634	116.0	42.8	1.18
11.00									1.656	115.0	42.4	1.17
11.50									1.670	114.0	42.1	1.16
12.00									1.684	113.0	41.7	1.15
12.50									1.702	111.0	41.1	1.13
13.00									1.718	110.0	40.7	1.12
13.50												
14.00												
14.50												
15.00												

2/3

ERICK SWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CH N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

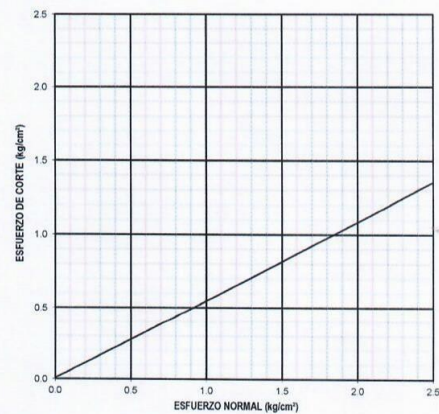
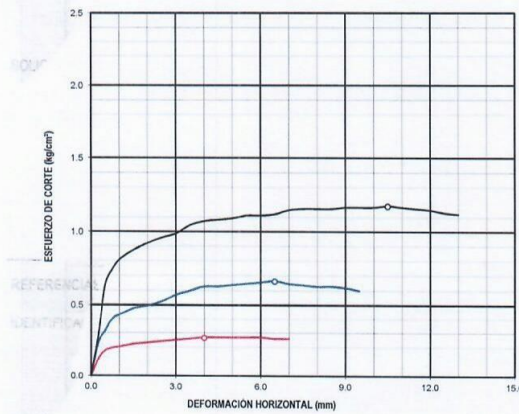
INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 8 / Prof. 10.00m DESCRIPCIÓN : Arena limosa



RESULTADOS DE ENSAYO			
COHESIÓN (kg/cm ²)	0.008	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	28.3
COHESIÓN (kPa)	0.7		

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N° 4.
- Los especímenes de ensayo fueron moldeados con una "densidad seca" y "humedad" conservadoras.

3/3

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.U.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - UBICACIÓN : Arequipa

Lima - Puente Piedra

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

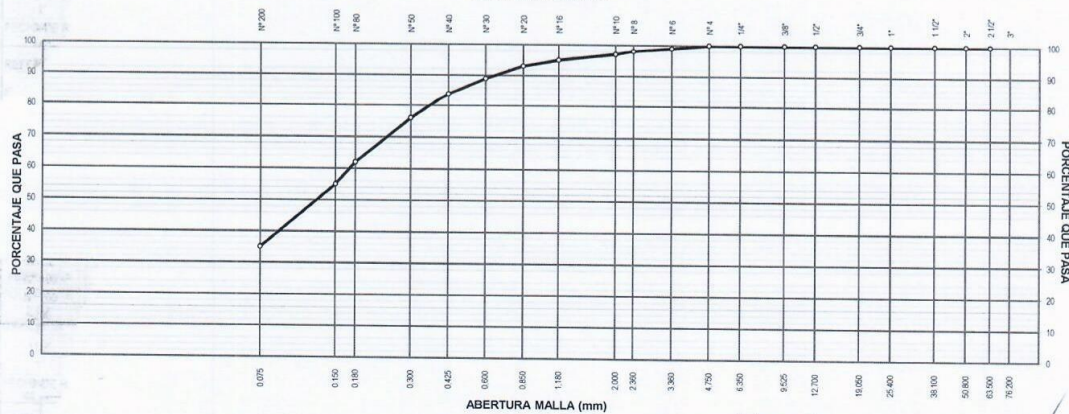
IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 9 / Prof.: 12.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 107 - 2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS					CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL			
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)	Limite líquido (%)	MTC E 110 - 2016	:	NP
3"	76.200				Limite plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
2 1/2"	63.500				Índice plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
2"	50.800				Clasificación SUCS	ASTM D 2487	:	SM
1 1/2"	38.100				Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	:	A-2-4 (0)
1"	25.400				ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"			
3/4"	19.050				Grava (Pas. 3" y Ret. N°4)	:		
1/2"	12.700				Arena (Pas. N°4 y Ret. N°200)	:	65.0 %	
3/8"	9.525				Fino (Pas. N°200)	:	35.0 %	
1/4"	6.350				Descripción de la muestra : Arena limosa			
N° 4	4.750			100	Cont. de humedad (%)	MTC E 108 - 2016	:	1.7
N° 6	3.360	1	1	99	OBSERVACIONES:			
N° 8	2.360	1	2	98	- Muestra tomada e identificada por el solicitante.			
N° 10	2.000	1	3	97				
N° 16	1.180	2	5	95				
N° 20	0.850	2	7	93				
N° 30	0.600	4	11	89				
N° 40	0.425	5	16	84				
N° 50	0.300	8	24	76				
N° 80	0.180	14	38	62				
N° 100	0.150	7	45	55				
N° 200	0.075	20	65	35				
< 200	< 0.075	35	100	-				

CURVA GRANULOMÉTRICA



Equipos usados:
Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SP.6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 9 / Prof.: 12.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 137 - 2016 DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 75 µm (N° 200) EN SUELOS

DENOMINACIÓN	MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 µm)
Tamaño máximo de la muestra de ensayo (mm)	4.750
Tarro N°	147
Peso suelo seco + tarro - inicial (g)	623.0
Peso suelo seco + tarro - final (g)	438.9
Peso del material pasante por la Malla N° 200 (g)	184.1
Peso del tarro (g)	93.8
Peso del suelo seco inicial (g)	529.2
Material pasante por la malla N° 200 (%)	34.8

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°4.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 9 / Prof.: 12.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
 DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 108 - 2016 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL GLOBAL
Tarro N°	10
Peso de tarro + suelo húmedo (g)	485.9
Peso de tarro + suelo seco (g)	479.6
Peso del Agua (g)	6.3
Peso del tarro (g)	96.8
Peso del suelo seco (g)	382.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.7

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material global.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
 Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

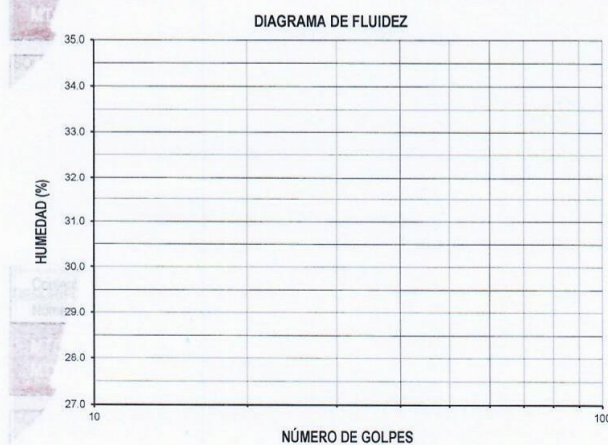
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 9 / Prof.: 12.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 110 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS
MTC E 111 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P), DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016)				LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	--	--	--	--	--	--
Cápsula N°	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del Agua (g)	--	--	--	--	--	--
Peso de la cápsula (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Contenido de humedad (%)	--	--	--	--	--	--
Número de golpes	--	--	--	--	--	--



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016) (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016) (%)	NP
IND. PLASTICIDAD (MTC E 111 - 2016) (%)	NP

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- La muestra se desliza en la copa de Casagrande.
- El Limite Liquido no se puede determinar.
- El Limite Plástico no se puede determinar.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:
Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (29/12/2017)
Balanza: SPJ402 / Serie N° B225049023 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. OHL N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PR - 1 / M - 9 / Prof. 12.00m
 DESCRIPCIÓN : Arena limosa
 PRESENTACIÓN : 4 cajas porta muestra
 CANTIDAD : 20 metros lineales

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

MARCA : ELE INTERNATIONAL
 CERT. DE CALIBRACIÓN : 003 - CF - 2017
 N° DE SERIE DEL ANILLO : 78 - 0260 - 02046

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO					
Clasificación SUCS (ASTM D 2487)	SM	Mat. más Fino N° 200 (MTC E 202 - 2016)	(%)		35
Clasificación Obras Viales (ASTM D 3282)	A-2-4 (0)	Tamaño Máximo (mm) (ASTM D 422)			4.750
Límite Líquido (MTC E 110 - 2016)	(%)	NP	Consistencia (s. fino) (NTP 339.150 - 2001)		--
Índice Plástico (MTC E 111 - 2016)	(%)	NP	Cementación (s. grueso) (NTP 339.150 - 2001)		--

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECIMENES DE ENSAYO				
DESCRIPCIÓN		0.55 kg/cm ²	1.10 kg/cm ²	2.20 kg/cm ²
Lado promedio (cm)		6.030	6.030	6.030
Área (cm ²)		36.36	36.36	36.36
Altura Inicial (cm)		1.90	1.90	1.90
Deformación vertical máxima (cm)		0.064	0.141	0.204
Altura Final (cm)		1.84	1.76	1.70
Volumen Inicial (cm ³)		69.08	69.08	69.08
Volumen Final (cm ³)		66.74	63.96	61.68
Relación Lado promedio / Altura		3.17	3.17	3.17
Condición de la Estructura del suelo		REMOLDEADO		
Peso Húmedo Inicial (g)		97.17	97.17	97.17
Peso Húmedo Final (g)		105.14	105.29	105.46
Peso Seco (g)		73.6	73.6	73.6
Humedad Inicial (MTC E 108 - 2016) (%)		32.1	32.1	32.1
Humedad Final (MTC E 108 - 2016) (%)		42.9	43.1	43.3
Densidad Húmeda Inicial (g/cm ³)		1.407	1.407	1.407
Densidad Húmeda Final (g/cm ³)		1.575	1.646	1.710
Densidad Seca Inicial (g/cm ³)		1.065	1.065	1.065
Densidad Seca Final (g/cm ³)		1.102	1.150	1.193

CARACTERÍSTICAS DEL ANILLO DE CORTE DIRECTO			
Nombre	: DIGITAL DIRECT / RESIDUAL SHEAR APPARATUS		
N° Serie	: 78 - 0260 - 02046	Máxima capacidad (kgf)	: 453.92
Factor del Anillo de Corte (kgf)	: $0 X^2 + 0.3439 X + 2.8814$	Peso del Molde Tallador (g)	: 155.88

1/3
 ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones
 Lima - Lima - Puente Piedra Acelerométricas del SENCICO
 UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PR - 1 / M - 9 / Prof. 12.00m DESCRIPCIÓN : Arena limosa

ESFUERZO NORMAL	0.55 kg/cm ²		1.10 kg/cm ²		2.20 kg/cm ²	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Etapas						
Altura (cm)	1.90	1.84	1.90	1.76	1.90	1.70
Volumen (cm ³)	69.08	66.74	69.08	63.96	69.08	61.68
Humedad (%)	32.1	42.9	32.1	43.1	32.1	43.3
Densidad Seca (g/cm ³)	1.065	1.102	1.065	1.150	1.065	1.193
Esfuerzo Corte (kg/cm ²)	0.27		0.70		1.22	

Desplaz. Horizontal (mm)	ESFUERZO NORMAL 0.55 kg/cm ²				ESFUERZO NORMAL 1.10 kg/cm ²				ESFUERZO NORMAL 2.20 kg/cm ²			
	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)
0.00	0.524	0.0	0.0	0.00	0.974	0.0	0.0	0.00	1.292	0.0	0.0	0.00
0.25	0.554	7.0	5.3	0.15	0.999	8.0	5.6	0.15	1.316	12.0	7.0	0.19
0.50	0.580	11.0	6.7	0.18	1.037	22.0	10.4	0.29	1.362	33.0	14.2	0.39
0.75	0.600	13.0	7.4	0.20	1.077	32.0	13.9	0.38	1.416	51.0	20.4	0.56
1.00	0.616	14.0	7.7	0.21	1.103	37.0	15.6	0.43	1.450	59.0	23.2	0.64
1.50	0.624	16.0	8.4	0.23	1.138	43.0	17.7	0.49	1.502	69.0	26.6	0.73
2.00	0.628	17.0	8.7	0.24	1.166	45.0	18.4	0.50	1.546	77.0	29.4	0.81
2.50	0.634	18.0	9.1	0.25	1.191	48.0	19.4	0.53	1.584	81.0	30.7	0.85
3.00	0.634	19.0	9.4	0.26	1.219	53.0	21.1	0.58	1.630	87.0	32.8	0.90
3.50	0.638	19.0	9.4	0.26	1.250	54.0	21.5	0.59	1.680	91.0	34.2	0.94
4.00	0.642	20.0	9.8	0.27	1.272	58.0	22.8	0.63	1.712	96.0	35.9	0.99
4.50	0.642	20.0	9.8	0.27	1.295	61.0	23.9	0.66	1.750	101.0	37.6	1.03
5.00	0.642	20.0	9.8	0.27	1.319	63.0	24.5	0.68	1.790	107.0	39.7	1.09
5.50	0.644	20.0	9.8	0.27	1.338	66.0	25.6	0.70	1.820	110.0	40.7	1.12
6.00					1.345	65.0	25.2	0.69	1.852	114.0	42.1	1.16
6.50					1.367	64.0	24.9	0.68	1.874	116.0	42.8	1.18
7.00					1.378	63.0	24.5	0.68	1.900	117.0	43.1	1.19
7.50					1.385	63.0	24.5	0.68	1.924	120.0	44.1	1.21
8.00					1.396	62.0	24.2	0.67	1.942	121.0	44.5	1.22
8.50					1.402	62.0	24.2	0.67	1.956	121.0	44.5	1.22
9.00					1.409	62.0	24.2	0.67	1.974	119.0	43.8	1.20
9.50									1.988	118.0	43.5	1.20
10.00									2.010	117.0	43.1	1.19
10.50									2.036	117.0	43.1	1.19
11.00												
11.50												
12.00												
12.50												
13.00												
13.50												
14.00												
14.50												
15.00												

2/3

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

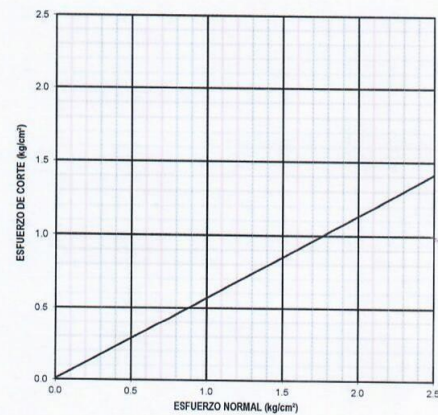
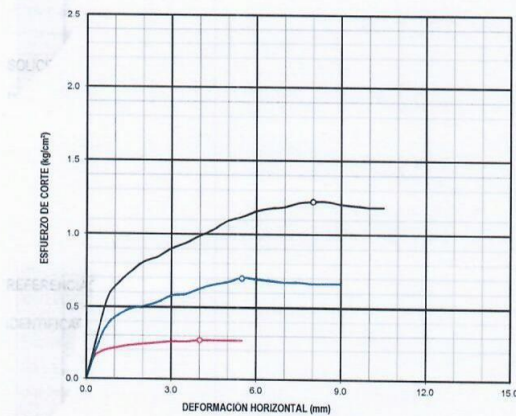
SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PR - 1 / M - 9 / Prof. 12.00m

DESCRIPCIÓN : Arena limosa



RESULTADOS DE ENSAYO			
COHESIÓN (kg/cm²)	0.006	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	29.4
COHESIÓN (kPa)	0.6		

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N° 4.
- Los especímenes de ensayo fueron moldeados con una "densidad seca" y "humedad" conservadora.

3/3
 ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoria para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - UBICACIÓN : Arequipa

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 10 / Prof.: 13.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 107 - 2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS				
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
	3"			
	2 1/2"			
	2"			
	1 1/2"			
	1"			
	3/4"			
	1/2"			
	3/8"			100
	1/4"	1	1	99
	N° 4	-	1	99
	N° 6	1	2	98
	N° 8	1	3	97
	N° 10	-	3	97
	N° 16	2	5	95
	N° 20	2	7	93
	N° 30	4	11	89
	N° 40	5	16	84
	N° 50	9	25	75
	N° 80	16	41	59
	N° 100	7	48	52
	N° 200	20	68	32
	-200	< 0.075	32	100

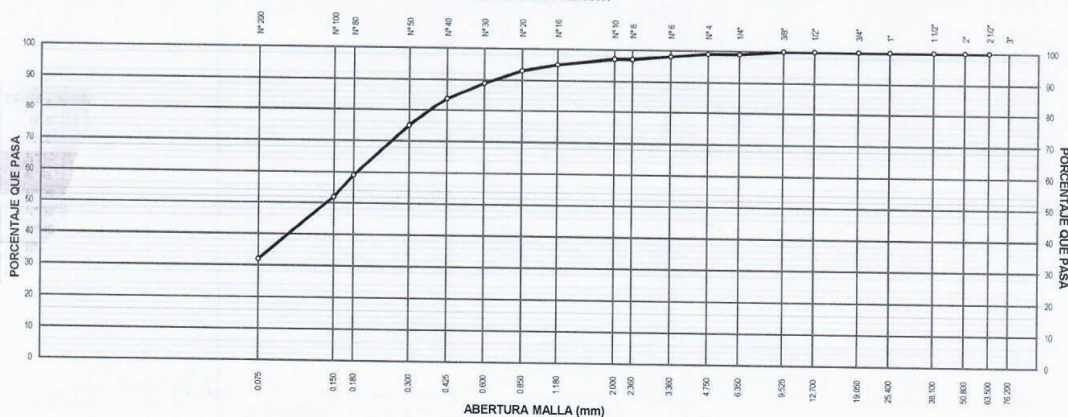
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL			
Limite líquido (%)	MTC E 110 - 2016	:	NP
Limite plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Índice plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Clasificación SUCS	ASTM D 2487	:	SM
Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	:	A-2-4 (0)
ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"			
Grava (Pas. 3" y Ret. N°4)	:		1.0 %
Arena (Pas. N°4 y Ret. N°200)	:		67.0 %
Fino (Pas. N°200)	:		32.0 %

Descripción de la muestra : Arena limosa

Cont. de humedad (%) MTC E 108 - 2016 : 1.5

OBSERVACIONES:
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Equipos usados:
Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO ZEGARRA ARANDA
Reg. OIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta UBIACIÓN : Arequipa
 de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 10 / Prof.: 13.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
 DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 137 - 2016 DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 75 µm (N° 200) EN SUELOS

DENOMINACIÓN	MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 µm)
Tamaño máximo de la muestra de ensayo (mm)	4.750
Tarro N°	27
Peso suelo seco + tarro - inicial (g)	684.2
Peso suelo seco + tarro - final (g)	492.5
Peso del material pasante por la Malla N° 200 (g)	191.7
Peso del tarro (g)	92.4
Peso del suelo seco inicial (g)	591.8
Material pasante por la malla N° 200 (%)	32.4
Porcentaje del material pasante la malla N°4, respecto del material global (%)	99
MATERIAL PASANTE POR LA MALLA N° 200 RESPECTO AL "MATERIAL GLC (%)	32.1

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°4.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
 Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK CASALDO
 ZECARFA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 10 / Prof.: 4000... PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 108 - 2016 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL GLOBAL
Tarro N°	114
Peso de tarro + suelo húmedo (g)	494.9
Peso de tarro + suelo seco (g)	488.9
Peso del Agua (g)	6.0
Peso del tarro (g)	93.0
Peso del suelo seco (g)	395.9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.5

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material global.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSVALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. C/P N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta UBICACIÓN : Arequipa

de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

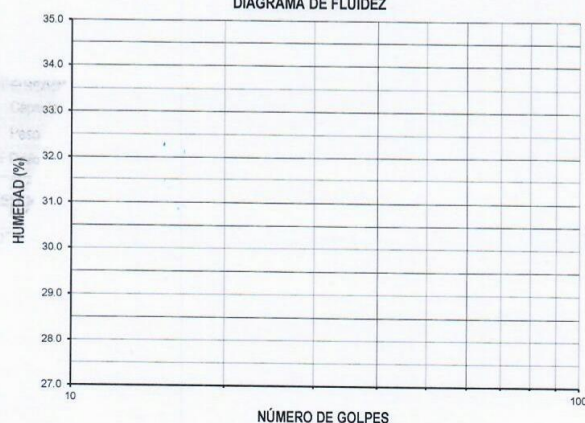
IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 10 / Prof.: 13.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 110 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS
MTC E 111 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P), DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016)				LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	--	--	--	--	--	--
Cápsula N°	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del Agua (g)	--	--	--	--	--	--
Peso de la cápsula (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Contenido de humedad (%)	--	--	--	--	--	--
Número de golpes	--	--	--	--	--	--

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016) (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016) (%)	NP
ÍND. PLASTICIDAD (MTC E 111 - 2016) (%)	NP

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- La muestra se desliza en la copa de Casagrande.
- El Límite Líquido no se puede determinar.
- El Límite Plástico no se puede determinar.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (29/12/2017)
Balanza: SPJ402 / Serie N° B225049023 (29/12/2017)

ERICK SWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lota. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - UBICACIÓN : Arequipa

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 11 / Prof.: 14.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 107 - 2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

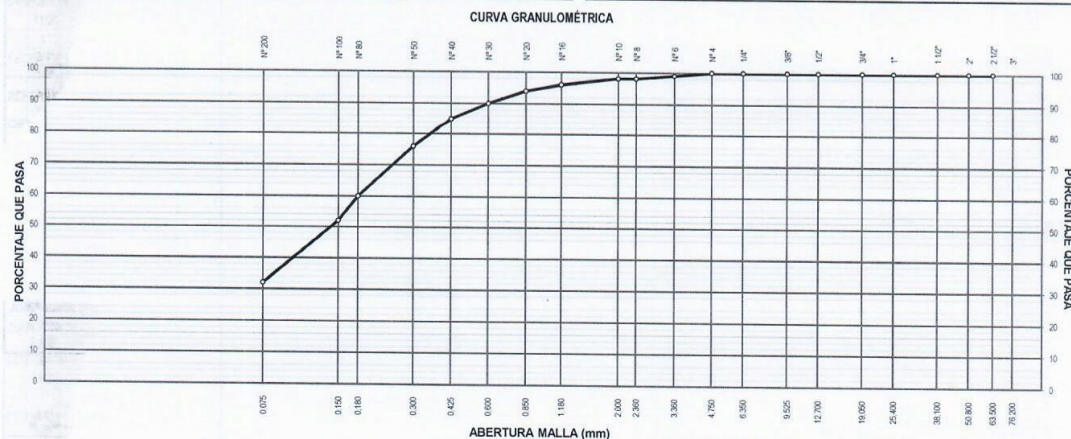
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS				
MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)			
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.525			
1/4"	6.350			
N° 4	4.750			100
N° 6	3.360	1	1	99
N° 8	2.360	1	2	98
N° 10	2.000	-	2	98
N° 16	1.180	2	4	96
N° 20	0.850	2	6	94
N° 30	0.600	4	10	90
N° 40	0.425	5	15	85
N° 50	0.300	9	24	76
N° 80	0.180	16	40	60
N° 100	0.150	8	48	52
N° 200	0.075	20	68	32
-200	< 0.075	32	100	-

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL				
Límite líquido (%)	MTC E 110 - 2016	:	NP	
Límite plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP	
Índice plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP	
Clasificación SUCS	ASTM D 2487	:	SM	
Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	:	A-2.4 (0)	
ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos"				
Grava (Pas. 3" y Ret. N°4)		:	--	
Arena (Pas. N°4 y Ret. N°200)		:	68.0 %	
Fino (Pas. N°200)		:	32.0 %	

Descripción de la muestra : Arena limosa

Cont. de humedad (%) MTC E 108 - 2016 : 6.6

OBSERVACIONES:
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.



Equipos usados:
Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO ZEGARRA ARANDA
Reg. C/P N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 11 / Prof.: 14.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
 DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 137 - 2016 DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 75 µm (N° 200) EN SUELOS

DENOMINACIÓN	MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 µm)
Tamaño máximo de la muestra de ensayo (mm)	4.750
Tarro N°	74
Peso suelo seco + tarro - inicial (g)	489.7
Peso suelo seco + tarro - final (g)	362.9
Peso del material pasante por la Malla N° 200 (g)	126.8
Peso del tarro (g)	94.8
Peso del suelo seco inicial (g)	394.9
Material pasante por la malla N° 200 (%)	32.1

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°4.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
 Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK CARVALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 11 / Prof.: PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 108 - 2016 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL GLOBAL
Tarro N°	135
Peso de tarro + suelo húmedo (g)	655.9
Peso de tarro + suelo seco (g)	621.1
Peso del Agua (g)	34.8
Peso del tarro (g)	93.9
Peso del suelo seco (g)	527.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.6

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material global.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CPA N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta UBICACIÓN : Arequipa

de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

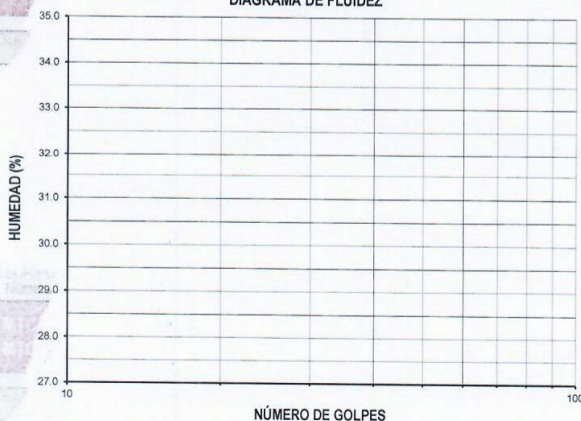
IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 11 / Prof.: 14.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 110 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS
MTC E 111 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P), DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016)				LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	--	--	--	--	--	--
Cápsula N°	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del Agua (g)	--	--	--	--	--	--
Peso de la cápsula (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Contenido de humedad (%)	--	--	--	--	--	--
Número de golpes	--	--	--	--	--	--

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016) (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016) (%)	NP
ÍND. PLASTICIDAD (MTC E 111 - 2016) (%)	NP

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- La muestra se desliza en la copa de Casagrande.
- El Límite Líquido no se puede determinar.
- El Límite Plástico no se puede determinar.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (29/12/2017)
Balanza: SPJ402 / Serie N° B225049023 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CHIN° 112639
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra CARACTERIZACIÓN Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 11 / Prof. 14.00m
 DESCRIPCIÓN : Arena limosa
 PRESENTACIÓN : 4 cajas porta muestra
 CANTIDAD : 20 metros lineales

CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO

MARCA : ELE INTERNATIONAL
 CERT. DE CALIBRACIÓN : 003 - CF - 2017
 N° DE SERIE DEL ANILLO : 78 - 0260 - 02046

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO						
Clasificación SUCS	(ASTM D 2487)	SM	Mat. más Fino N° 200	(MTC E 202 - 2016)	(%)	32
Clasificación Obras Viales	(ASTM D 3282)	A-2-4 (0)	Tamaño Máximo (mm)	(ASTM D 422)		4.750
Límite Líquido	(MTC E 110 - 2016)	(%)	NP	Consistencia (s. fino)	(NTP 339.150 - 2001)	--
Índice Plástico	(MTC E 111 - 2016)	(%)	NP	Cementación (s. grueso)	(NTP 339.150 - 2001)	--

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECIMENES DE ENSAYO				
DESCRIPCIÓN		0.55 kg/cm²	1.10 kg/cm²	2.20 kg/cm²
Lado promedio	(cm)	6.030	6.030	6.030
Área	(cm²)	36.36	36.36	36.36
Altura Inicial	(cm)	1.90	1.90	1.90
Deformación vertical máxima	(cm)	0.138	0.191	0.267
Altura Final	(cm)	1.76	1.71	1.63
Volumen Inicial	(cm³)	69.08	69.08	69.08
Volumen Final	(cm³)	64.07	62.14	59.36
Relación Lado promedio / Altura		3.17	3.17	3.17
Condición de la Estructura del suelo		REMOLDEADO		
Peso Húmedo Inicial	(g)	90.26	90.26	90.26
Peso Húmedo Final	(g)	101.93	102.25	102.70
Peso Seco	(g)	72.8	72.8	72.8
Humedad Inicial	(MTC E 108 - 2016) (%)	23.9	23.9	23.9
Humedad Final	(MTC E 108 - 2016) (%)	39.9	40.4	41.0
Densidad Húmeda Inicial	(g/cm³)	1.307	1.307	1.307
Densidad Húmeda Final	(g/cm³)	1.591	1.645	1.730
Densidad Seca Inicial	(g/cm³)	1.054	1.054	1.054
Densidad Seca Final	(g/cm³)	1.137	1.172	1.227

CARACTERÍSTICAS DEL ANILLO DE CORTE DIRECTO			
Nombre	: DIGITAL DIRECT / RESIDUAL SHEAR APPARATUS		
N° Serie	: 78 - 0260 - 02046	Máxima capacidad (kgf)	: 453.92
Factor del Anillo de Corte (kgf)	: $0 X^2 + 0.3439 X + 2.8814$	Peso del Molde Tallador (g)	: 155.88

1/3
 ERICK OSVALDO ZEGARZA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones
Lima - Lima - Puente Piedra Acelerométricas del SENCICO
UBICACIÓN : Arequipa
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 11 / Prof. 14.00m DESCRIPCIÓN : Arena limosa

ESFUERZO NORMAL	0.55 kg/cm ²		1.10 kg/cm ²		2.20 kg/cm ²	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Etapa						
Altura (cm)	1.90	1.76	1.90	1.71	1.90	1.63
Volumen (cm ³)	69.08	64.07	69.08	62.14	69.08	59.36
Humedad (%)	23.9	39.9	23.9	40.4	23.9	41.0
Densidad Seca (g/cm ³)	1.054	1.137	1.054	1.172	1.054	1.227
Esfuerzo Corte (kg/cm ²)	0.27		0.71		1.24	

Desplaz. Horizontal (mm)	ESFUERZO NORMAL 0.55 kg/cm ²				ESFUERZO NORMAL 1.10 kg/cm ²				ESFUERZO NORMAL 2.20 kg/cm ²			
	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)	Desplaz. Vertical (mm)	Lectura Dial Fuerza	Fuerza (kg)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)
0.00	0.820	0.0	0.0	0.00	1.173	0.0	0.0	0.00	1.526	0.0	0.0	0.00
0.25	0.906	6.0	4.9	0.14	1.232	13.0	7.4	0.20	1.576	20.0	9.8	0.27
0.50	0.942	9.0	6.0	0.16	1.293	23.0	10.8	0.30	1.658	39.0	16.3	0.45
0.75	1.004	11.0	6.7	0.18	1.358	30.0	13.2	0.36	1.734	51.0	20.4	0.56
1.00	1.036	13.0	7.4	0.20	1.402	37.0	15.6	0.43	1.790	58.0	22.8	0.63
1.50	1.104	16.0	8.4	0.23	1.465	42.0	17.3	0.48	1.858	67.0	25.9	0.71
2.00	1.204	17.0	8.7	0.24	1.535	48.0	19.4	0.53	1.918	76.0	29.0	0.80
2.50	1.234	19.0	9.4	0.26	1.593	51.0	20.4	0.56	2.000	82.0	31.1	0.85
3.00	1.252	19.0	9.4	0.26	1.628	53.0	21.1	0.58	2.048	91.0	34.2	0.94
3.50	1.264	19.0	9.4	0.26	1.657	57.0	22.5	0.62	2.062	97.0	36.2	1.00
4.00	1.280	19.0	9.4	0.26	1.689	59.0	23.2	0.64	2.138	102.0	38.0	1.04
4.50	1.292	19.0	9.4	0.26	1.713	61.0	23.9	0.66	2.172	104.0	38.6	1.06
5.00	1.304	19.0	9.4	0.26	1.733	62.0	24.2	0.67	2.198	105.0	39.0	1.07
5.50	1.318	20.0	9.8	0.27	1.760	64.0	24.9	0.68	2.236	108.0	40.0	1.10
6.00	1.328	20.0	9.8	0.27	1.779	65.0	25.2	0.69	2.264	109.0	40.4	1.11
6.50	1.336	20.0	9.8	0.27	1.799	67.0	25.9	0.71	2.292	113.0	41.7	1.15
7.00	1.346	20.0	9.8	0.27	1.806	67.0	25.9	0.71	2.300	114.0	42.1	1.16
7.50	1.362	20.0	9.8	0.27	1.819	66.0	25.6	0.70	2.312	115.0	42.4	1.17
8.00	1.378	20.0	9.8	0.27	1.856	66.0	25.6	0.70	2.366	116.0	42.8	1.18
8.50					1.874	66.0	25.6	0.70	2.398	118.0	43.5	1.20
9.00					1.896	65.0	25.2	0.69	2.414	119.0	43.8	1.20
9.50					1.909	65.0	25.2	0.69	2.436	119.0	43.8	1.20
10.00									2.462	119.0	43.8	1.20
10.50									2.484	120.0	44.1	1.21
11.00									2.412	121.0	44.5	1.22
11.50									2.536	122.0	44.8	1.23
12.00									2.564	123.0	45.2	1.24
12.50									2.590	122.0	44.8	1.23
13.00									2.612	119.0	43.8	1.20
13.50									2.640	118.0	43.5	1.20
14.00									2.674	118.0	43.5	1.20
14.50												
15.00												

2/3

ERICK OSWALDO ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018 / OHL

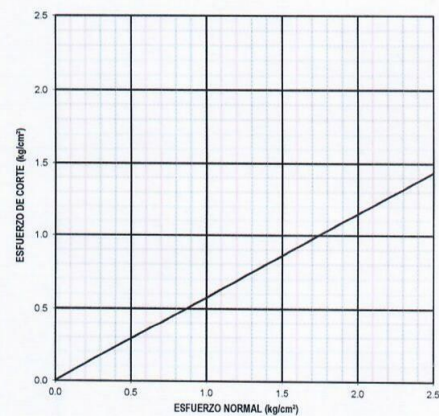
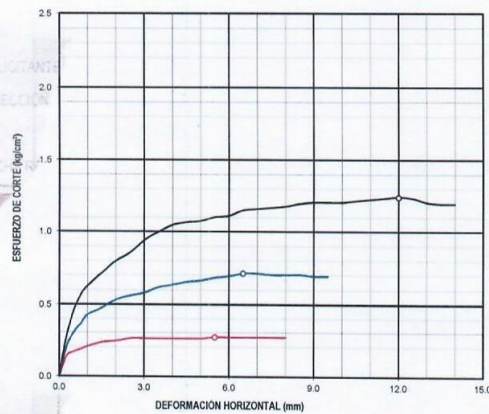
INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana UBICACIÓN : Arequipa
Lima - Lima - Puente Piedra
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

ASTM D 3080 CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 11 / Prof. 14.00m DESCRIPCIÓN : Arena limosa



RESULTADOS DE ENSAYO			
COHESIÓN (kg/cm ²)	0.004	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	29.8
COHESIÓN (kPa)	0.4		

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N° 4.
- Los especímenes de ensayo fueron moldeados con una "densidad seca" y "humedad" conservadora.

3/3

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. OIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoria para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Proprietarios la Floresta de Copacabana Lima - UBICACIÓN : Arequipa

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : PAR - 1 / M - 12 / Prof: 15.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 107 - 2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS				
MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)			
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.525			
1/4"	6.350			
N° 4	4.750			
N° 6	3.360			
N° 8	2.360			
N° 10	2.000			100
N° 16	1.180	1	1	99
N° 20	0.850	-	1	99
N° 30	0.600	1	2	98
N° 40	0.425	1	3	97
N° 50	0.300	2	5	95
N° 80	0.180	8	13	87
N° 100	0.150	5	18	82
N° 200	0.075	14	32	68
< 200	< 0.075	68	100	-

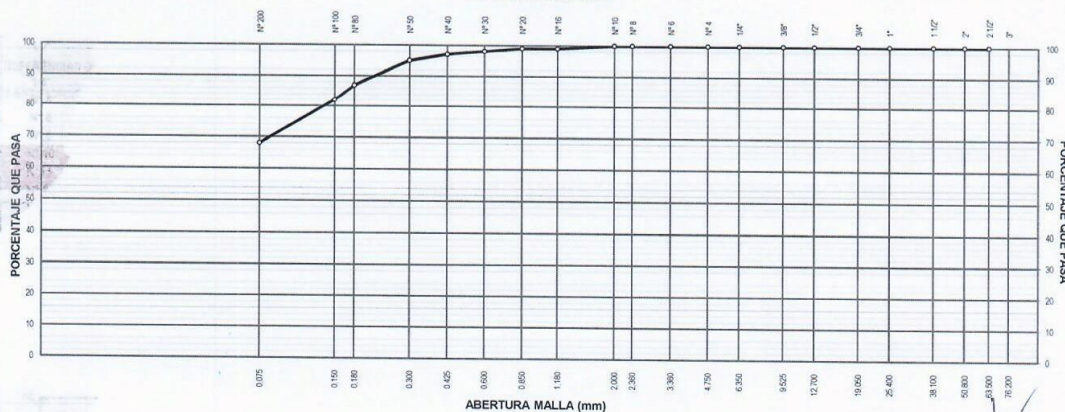
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL			
Limite líquido (%)	MTC E 110 - 2016	:	NP
Limite plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Índice plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Clasificación SUCS	ASTM D 2487	:	ML
Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	:	A-4 (0)
ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"			
Grava (Pas. 3" y Ret. N°4)	:		--
Arena (Pas. N°4 y Ret. N°200)	:		32.0 %
Fino (Pas. N°200)	:		68.0 %

Descripción de la muestra : Limo arenoso

Cont. de humedad (%) MTC E 108 - 2016 : 11.8

OBSERVACIONES:
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

CURVA GRANULOMÉTRICA



Equipos usados:
Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIPN° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Assoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 12 / Prof.: 15.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
 DESCRIPCIÓN : Limo arenoso CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 137 - 2016 DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 75 µm (N° 200) EN SUELOS

DENOMINACIÓN	MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 µm)
Tamaño máximo de la muestra de ensayo (mm)	4.750
Tarro N°	136
Peso suelo seco + tarro - inicial (g)	631.8
Peso suelo seco + tarro - final (g)	263.7
Peso del material pasante por la Malla N° 200 (g)	368.1
Peso del tarro (g)	90.5
Peso del suelo seco inicial (g)	541.3
Material pasante por la malla N° 200 (%)	68.0

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°4.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
 Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIV N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa

FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 12 / Prof.: 4500... PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Limo arenoso CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 108 - 2016 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL GLOBAL
Tarro N°	228
Peso de tarro + suelo húmedo (g)	644.0
Peso de tarro + suelo seco (g)	585.7
Peso del Agua (g)	58.3
Peso del tarro (g)	92.8
Peso del suelo seco (g)	492.9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.8

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material global.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° 8327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO

DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta UBICACIÓN : Arequipa

de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra

FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 12 / Prof.: 15.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra

DESCRIPCIÓN : Limo arenoso CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 110 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS
MTC E 111 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P.), DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016)				LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°						
Cápsula N°	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del Agua (g)	--	--	--	--	--	--
Peso de la cápsula (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Contenido de humedad (%)	--	--	--	--	--	--
Número de golpes	--	--	--	--	--	--

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016) (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016) (%)	NP
ÍND. PLASTICIDAD (MTC E 111 - 2016) (%)	NP

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- La muestra se desliza en la copa de Casagrande.
- El Límite Líquido no se puede determinar.
- El Límite Plástico no se puede determinar.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (29/12/2017)
Balanza: SPJ402 / Serie N° B225049026 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. C.R. N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. de Proprietarios la Floresta de Copacabana Lima - UBICACIÓN : Arequipa
Lima - Puente Piedra
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 13 / Prof: 16.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 107 - 2016 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

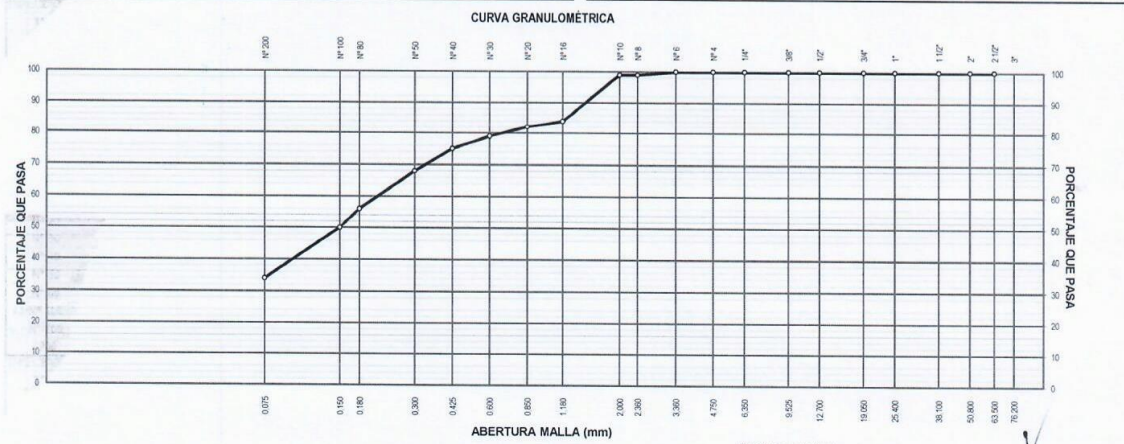
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS				
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.525			
1/4"	6.350			
N° 4	4.750			
N° 6	3.360			100
N° 8	2.360	1	1	99
N° 10	2.000	-	1	99
N° 16	1.180	15	16	84
N° 20	0.850	2	18	82
N° 30	0.600	3	21	79
N° 40	0.425	4	25	75
N° 50	0.300	7	32	68
N° 80	0.180	12	44	56
N° 100	0.150	6	50	50
N° 200	0.075	16	66	34
-200	< 0.075	34	100	-

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL			
Limite líquido (%)	MTC E 110 - 2016	:	NP
Limite plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Índice plástico (%)	MTC E 111 - 2016	:	NP
Clasificación SUCS	ASTM D 2487	:	SM
Clasificación AASHTO	ASTM D 3282	:	A-2-4 (0)
ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"			
Grava (Pas. 3" y Ret. N°4)	:		-
Arena (Pas. N°4 y Ret. N°200)	:		66.0 %
Fino (Pas. N°200)	:		34.0 %

Descripción de la muestra : Arena limosa

Cont. de humedad (%) MTC E 108 - 2016 : 1.5

OBSERVACIONES:
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.



Equipos usados:
Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SP:6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 13 / Prof.: 16.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 137 - 2016 DETERMINACIÓN DE MATERIAL MAS FINO QUE EL TAMIZ 75 μm (N° 200) EN SUELOS

DENOMINACIÓN	MATERIAL PASANTE QUE EL TAMIZ N° 200 (75 μm)
Tamaño máximo de la muestra de ensayo (mm)	4.750
Tarro N°	234
Peso suelo seco + tarro - inicial (g)	567.5
Peso suelo seco + tarro - final (g)	408.2
Peso del material pasante por la Malla N° 200 (g)	159.3
Peso del tarro (g)	94.8
Peso del suelo seco inicial (g)	472.7
Material pasante por la malla N° 200 (%)	33.7

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°4.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK DONALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
FECHA RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 13 / Prof.: PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 108 - 2016 DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL GLOBAL
Tarro N°	201
Peso de tarro + suelo húmedo (g)	633.6
Peso de tarro + suelo seco (g)	625.5
Peso del Agua (g)	8.2
Peso del tarro (g)	95.2
Peso del suelo seco (g)	530.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.5

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo realizado al material global.

Equipos usados:

Estufa: ER 400 L / Serie N° 020816 (28/12/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B327507290 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.S.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 22 de Diciembre del 2018

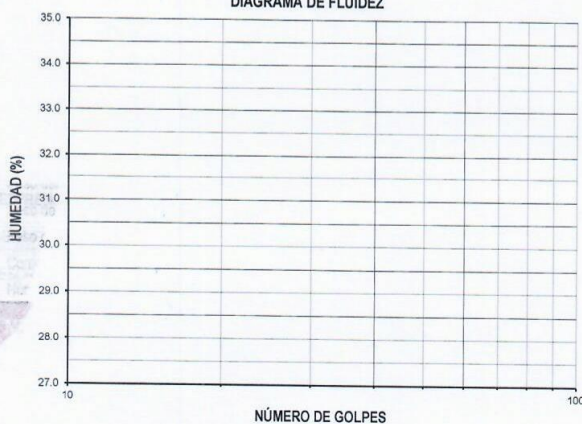
REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : PAR - 1 / M - 13 / Prof.: 16.00m PRESENTACIÓN : 04 cajas porta muestra
 DESCRIPCIÓN : Arena limosa CANTIDAD : 20 metros lineales

MTC E 110 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS
 MTC E 111 - 2016 DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO (L.P), DE LOS SUELOS E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016)				LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016)	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	--	--	--	--	--	--
Cápsula N°	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del Agua (g)	--	--	--	--	--	--
Peso de la cápsula (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Contenido de humedad (%)	--	--	--	--	--	--
Número de golpes	--	--	--	--	--	--

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO (MTC E 110 - 2016) (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (MTC E 111 - 2016) (%)	NP
IND. PLASTICIDAD (MTC E 111 - 2016) (%)	NP

OBSERVACIONES:

- Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40.
- La muestra se desliza en la copa de Casagrande.
- El Límite Líquido no se puede determinar.
- El Límite Plástico no se puede determinar.
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (29/12/2017)
 Balanza: SPJ402 / Serie N° B225049023 (29/12/2017)

ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639
 OHL INGENIEROS

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima 26 de Diciembre del 2018

ASTM D 5731 - 08

ENSAYO DE CARGA PUNTUAL EN ROCA

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

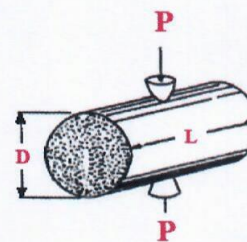
IDENTIFICACIÓN : Sondeo / Prof.: 17.00 m DESCRIPCIÓN : Bloques de roca

MUESTRA N°	GEOMETRÍA DE LA MUESTRA		De ² (mm ²)	PRESIÓN HIDRÁULICA (kN)	I _s CALCULADO (Mpa)	F FACTOR DE CORRECCIÓN	I _{s(60)} CORREGIDO (Mpa)	σ _c CALCULADO (Mpa)
	DIÁMETRO (mm)	LARGO (mm)						
01	64.1	68.9	4,107.5	2.257	0.55	1.12	0.61	14.13

INDICE DE CARGA PUNTUAL [I _s] (MPa)	
I _s (Máx.) :	0.61
I _s (Min.) :	0.61
I _s (Prom.) :	0.61

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)	
σ _c (Máx.) :	14.13
σ _c (Min.) :	14.13
σ _c (Prom.) :	14.13

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	
σ _c (Prom.) :	144.14



OBSERVACIONES :

- Muestra tomada e identificada por el solicitante
- El número de testigos ensayados fue el máximo que se pudo obtener, teniendo en cuenta el tamaño y el grado de alteración, de la muestra recepcionada.

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANBA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima 26 de Diciembre del 2018

ASTM D 5731 - 08 ENSAYO DE CARGA PUNTUAL EN ROCA

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

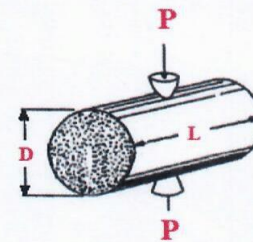
IDENTIFICACIÓN : Sondeo / Prof.: 20.00 m DESCRIPCIÓN : Bloques de roca

MUESTRA N°	GEOMETRÍA DE LA MUESTRA		De ² (mm ²)	PRESIÓN HIDRÁULICA (kN)	I _s CALCULADO (Mpa)	F FACTOR DE CORRECCIÓN	I _{s(80)} CORREGIDO (Mpa)	σ _c CALCULADO (Mpa)
	DIÁMETRO (mm)	LARGO (mm)						
01	64.1	65.6	4,107.5	1.870	0.46	1.12	0.51	11.71
02	64.1	67.8	4,107.5	1.672	0.41	1.12	0.46	10.47
03	64.1	66.1	4,107.5	1.809	0.44	1.12	0.49	11.33

ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL [I _s] (MPa)	
I _s (Máx.)	: 0.51
I _s (Min.)	: 0.46
I _s (Prom.)	: 0.49

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)	
σ _c (Máx.)	: 11.71
σ _c (Min.)	: 10.47
σ _c (Prom.)	: 11.17

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	
σ _c (Prom.)	: 113.91



OBSERVACIONES :

- Muestra tomada e identificada por el solicitante
- El número de testigos ensayados fue el máximo que se pudo obtener, teniendo en cuenta el tamaño y el grado de alteración, de la muestra recepcionada.

ERICK OSWALDO
ZEGARRAARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima 26 de Diciembre del 2018

ASTM D 5731 - 08

ENSAYO DE CARGA PUNTUAL EN ROCA

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

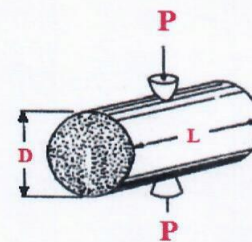
IDENTIFICACIÓN : Sondeo / Prof.: 23.00 m DESCRIPCIÓN : Bloques de roca

MUESTRA N°	GEOMETRÍA DE LA MUESTRA		De ² (mm ²)	PRESIÓN HIDRÁULICA (kN)	I _s CALCULADO (Mpa)	F FACTOR DE CORRECCIÓN	I _{s(50)} CORREGIDO (Mpa)	σ _c CALCULADO (Mpa)
	DIÁMETRO (mm)	LARGO (mm)						
01	64.1	64.2	4,107.5	1.881	0.46	1.12	0.51	11.78
02	64.1	64.1	4,107.5	1.379	0.34	1.12	0.38	8.63
03	64.1	69.3	4,107.5	1.316	0.32	1.12	0.36	8.24

ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL [I _s] (MPa)	
I _s (Máx.) :	0.51
I _s (Min.) :	0.36
I _s (Prom.) :	0.42

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)	
σ _c (Máx.) :	11.78
σ _c (Min.) :	8.24
σ _c (Prom.) :	9.55

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	
σ _c (Prom.) :	97.41



OBSERVACIONES :

- Muestra tomada e identificada por el solicitante
- El número de testigos ensayados fue el máximo que se pudo obtener, teniendo en cuenta el tamaño y el grado de alteración, de la muestra recepcionada.

ERICK OSWALDO
ZEGARRAARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima 26 de Diciembre del 2018

ASTM D 5731 - 08

ENSAYO DE CARGA PUNTUAL EN ROCA

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

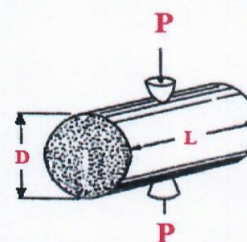
IDENTIFICACIÓN : Sondeo / Prof.: 26.00 m DESCRIPCIÓN : Bloques de roca

MUESTRA N°	GEOMETRÍA DE LA MUESTRA		De ² (mm ²)	PRESIÓN HIDRÁULICA (kN)	I _s CALCULADO (Mpa)	F FACTOR DE CORRECCIÓN	I _{s(50)} CORREGIDO (Mpa)	σ _c CALCULADO (Mpa)
	DIÁMETRO (mm)	LARGO (mm)						
01	64.1	71.3	4,107.5	1.041	0.25	1.12	0.28	6.52
02	64.1	70.9	4,107.5	0.482	0.12	1.12	0.13	3.02
03	64.1	64.9	4,107.5	1.493	0.36	1.12	0.41	9.35

ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL [I _s] (MPa)	
I _s (Máx.) :	0.41
I _s (Min.) :	0.13
I _s (Prom.) :	0.27

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)	
σ _c (Máx.) :	9.35
σ _c (Min.) :	3.02
σ _c (Prom.) :	6.29

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	
σ _c (Prom.) :	64.19



OBSERVACIONES :

- Muestra tomada e identificada por el solicitante
- El número de testigos ensayados fue el máximo que se pudo obtener, teniendo en cuenta el tamaño y el grado de alteración, de la muestra recepcionada.

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Proprietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima 26 de Diciembre del 2018

ASTM D 5731 - 08 ENSAYO DE CARGA PUNTUAL EN ROCA

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

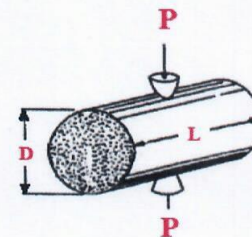
IDENTIFICACIÓN : Sondeo / Prof.: 30.00 m DESCRIPCIÓN : Bloques de roca

MUESTRA N°	GEOMETRÍA DE LA MUESTRA		De ² (mm ²)	PRESIÓN HIDRÁULICA (kN)	I _s CALCULADO (Mpa)	F FACTOR DE CORRECCIÓN	I _{s(50)} CORREGIDO (Mpa)	σ _c CALCULADO (Mpa)
	DIÁMETRO (mm)	LARGO (mm)						
01	64.1	71.9	4,107.5	1.826	0.44	1.12	0.50	11.43
02	64.1	72.7	4,107.5	1.701	0.41	1.12	0.46	10.65
03	64.1	75.9	4,107.5	1.912	0.47	1.12	0.52	11.97

ÍNDICE DE CARGA PUNTUAL [I _s] (MPa)	
I _s (Máx.) :	0.52
I _s (Min.) :	0.46
I _s (Prom.) :	0.49

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (MPa)	
σ _c (Máx.) :	11.97
σ _c (Min.) :	10.65
σ _c (Prom.) :	11.35

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	
σ _c (Prom.) :	115.79



OBSERVACIONES :

- Muestra tomada e identificada por el solicitante
- El número de testigos ensayados fue el máximo que se pudo obtener, teniendo en cuenta el tamaño y el grado de alteración, de la muestra recepcionada.

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. OIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A. S



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones
de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra Acelerométricas del SENCICO
UBICACIÓN : Arequipa
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 26 de Diciembre del 2018

ASTM C97-18 PROPIEDADES FÍSICAS DE ROCAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Sondeo / Prof.: 17.00 m DESCRIPCIÓN : Bloques de Roca

IDENTIFICACIÓN	DENSIDAD (g/cm ³)	ABSORCIÓN (%)	POROSIDAD APARENTE (%)	PESO ESPECÍFICO APARENTE (KN/m ³)
Sondeo / Prof.: 17.00 m	1.373	29.35	40.32	13.474

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (3/04/2017)
Balanza: SPJ6001 / Serie N° B345959097 (1/04/2017)

ÉRIK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. OIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones
 de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra Acelerométricas del SENCICO
 UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 26 de Diciembre del 2018

ASTM C97-18 PROPIEDADES FÍSICAS DE ROCAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Sondeo / Prof.: 20.00 m DESCRIPCIÓN : Bloques de Roca

IDENTIFICACIÓN	DENSIDAD (g/cm ³)	ABSORCIÓN (%)	POROSIDAD APARENTE (%)	PESO ESPECÍFICO APARENTE (KN/m ³)
Sondeo / Prof.: 20.00 m	1.345	31.91	42.92	13.195

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (3/04/2017)
 Balanza: SPJ6001 / Serie N° B345959097 (1/04/2017)

**ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA**
 Reg. CIP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Assoc. de Proprietarios la Floresta Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones
de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra Acelerométricas del SENCICO
UBICACIÓN : Arequipa
FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 26 de Diciembre del 2018

ASTM C97-18 PROPIEDADES FÍSICAS DE ROCAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Sondeo / Prof.: 23.00 m DESCRIPCIÓN : Bloques de Roca

IDENTIFICACIÓN	DENSIDAD (g/cm ³)	ABSORCIÓN (%)	POROSIDAD APARENTE (%)	PESO ESPECÍFICO APARENTE (KN/m ³)
Sondeo / Prof.: 23.00 m	1.319	31.92	42.08	12.935

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (3/04/2017)

Balanza: SPJ6001 / Serie N° B345959097 (1/04/2017)

ERICK OSWALDO
ZEGARRA ARANDA
Reg. CIP N° 112639
OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Proprietarios la Floresta Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones
 de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra Acelerométricas del SENCICO
 UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 26 de Diciembre del 2018

ASTM C97-18 PROPIEDADES FÍSICAS DE ROCAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Sondeo / Prof.: 26.00 m DESCRIPCIÓN : Bloques de Roca

IDENTIFICACIÓN	DENSIDAD (g/cm ³)	ABSORCIÓN (%)	POROSIDAD APARENTE (%)	PESO ESPECÍFICO APARENTE (KN/m ³)
Sondeo / Prof.: 26.00 m	1.314	33.77	44.37	12.890

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (3/04/2017)
 Balanza: SPJ6001 / Serie N° B345959097 (1/04/2017)

ERICK OSWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.C.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



EXPEDIENTE N° 255-2018/OHL

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : TERRASOLUTIONS PERU E.I.R.L. PROYECTO : Servicio de Consultoría para Ejecución del Estudio
 DIRECCIÓN : Mza. D Lote. 18 Asc. Asoc. de Propietarios la Floresta de Copacabana Lima - Lima - Puente Piedra
 Caracterización Geotécnica y Geofísica de Estaciones Acelerométricas del SENCICO
 UBICACIÓN : Arequipa
 FECHA DE RECEPCIÓN : Lima, 07 de Diciembre del 2018 FECHA DE EMISIÓN : Lima, 26 de Diciembre del 2018

ASTM C97-18 PROPIEDADES FÍSICAS DE ROCAS

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Sondeo / Prof.: 30.00 m DESCRIPCIÓN : Bloques de Roca

IDENTIFICACIÓN	DENSIDAD (g/cm ³)	ABSORCIÓN (%)	POROSIDAD APARENTE (%)	PESO ESPECÍFICO APARENTE (KN/m ³)
Sondeo / Prof.: 30.00 m	1.378	27.59	38.01	13.515

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.

Equipos usados:

Estufa: ER 300 L / Serie N° 210414 (3/04/2017)
 Balanza: SPJ6001 / Serie N° B345959097 (1/04/2017)

ENICA USWALDO
 ZEGARRA ARANDA
 Reg. CIP N° 112639
 OHL INGENIEROS S.A.C.

B: ENSAYOS GEOFÍSICOS MAM

4. RESULTADOS:

ESTRATIGRAFÍA

CAPA 01: Relleno y material removido no consolidado. Grava pobremente gradada con limos en la base, compacidad media, no plástica GP-GM, con $V_s = 186 - 187$ m/s, profundidad aprox. de 0 - 2 m. Espesor estimado de 2 m.

CAPA 02: Arena limosa, compacidad alta, no plástica SM / SW-SM, con $V_s = 231 - 370$ m/s, profundidad aprox. de 2 - 6.5 m. Espesor estimado de 4.5 m.

CAPA 03: Arena limosa, naturaleza tufacea blanquecina, presencia de gravas y gravillas asidadas, no plástica, compacidad alta. SM, con $V_s = 403$ m/s, profundidad aprox. de 6.5 - 16.6 m. Espesor estimado de 10.1 m.

CAPA 04: Roca tufo volcánica fragmentada, de naturaleza volcánica (tillar), en fractura fresca, dureza débil, levemente intertemperada, aumento de compacidad hacia la base. ROCA VOLCANICA, con $V_s = 1482 - 546$ m/s, profundidad aprox. de 16.1 - 70 m. Espesor estimado de 53.9 m.

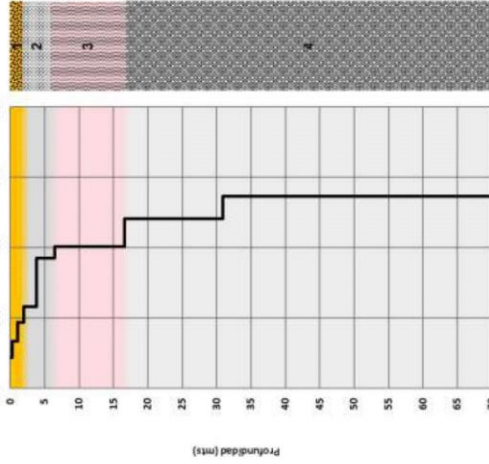


Tabla 1. Clasificación de suelos de acuerdo a la NEHRP*

Tipo de suelo	Clasificación Roca/Suelo	F_{18} (m/s)
A	Roca dura	>1500
B	Roca	760-1500
C	Suelo muy denso o roca suave	360-760
D	Suelo denso	180-360
E	Suelo suare	<180
F	Suelos especiales que requieren evaluación específica de sitio	

*NEHRP: National Earthquake Hazard Reduction Program

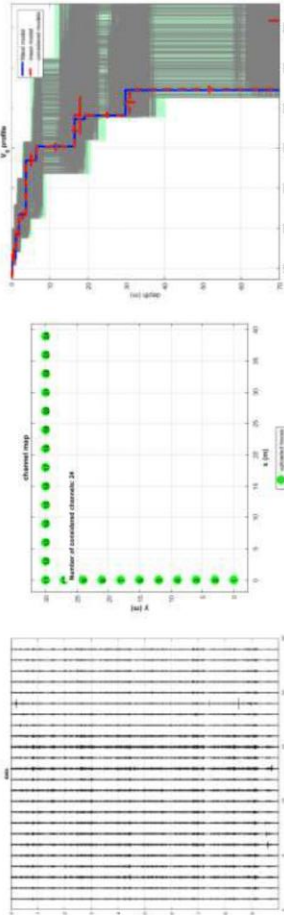
Tabla N° 3
CLASIFICACIÓN DE LOS PERFILES DE SUELO

Perfil	F_v	F_h
S ₁	≥ 1500 m/s	≥ 1
S ₂	500 m/s a 1500 m/s	≥ 50
S ₃	180 m/s a 500 m/s	15 a 50
S ₄	< 180 m/s	< 15

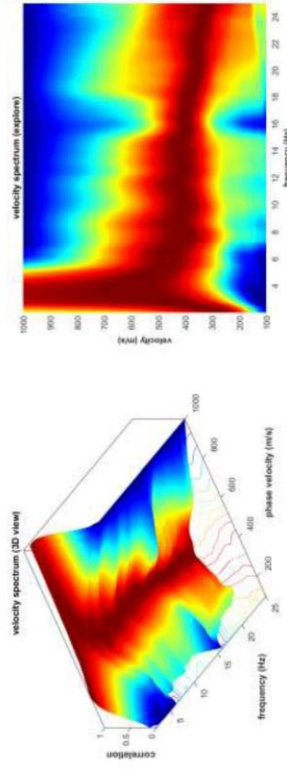
Clasificación basada en el EMS

Capa	V_s (m/s)	V_p (m/s)	Espesor	Profundidad (mts)
1	86	210	0.3	0
2	134	315	0.8	0.3
3	187	376	0.9	1.1
4	231	488	1.8	2
5	370	747	2.7	3.8
6	403	806	10.1	6.5
7	482	874	17.7	16.6
8	482	892	31.6	26.3
9	546	975	33.7	30.3

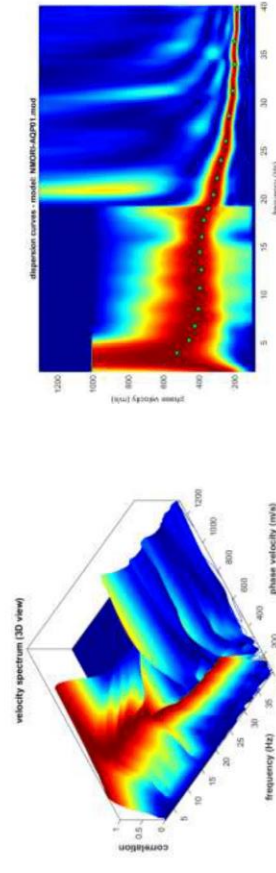
1. TRAZAS SISMICAS, GEOMETRIA E INVERSIÓN:



2. ESPECTRO DE VELOCIDADES MAM:



3. ESPECTRO DE VELOCIDADES MAM + MASW:



CLIENTE:

CONTRATISTA:

REVISIONES:

PROYECTO:

TITULO:



REVISIÓN N° A
 DISEÑO: L.H.V.
 DIBUJO: L.H.V.
 REVISADO:
 APROBADO:

SERVICIO DE CONSULTORIA PARA EJECUCION DEL ESTUDIO CARACTERIZACION GEOTECNICA Y GEOFISICA DE ESTACIONES ACCELEROMETRICAS DEL SENCICO

MAM 01
 SEDE AREQUIPA
 ESCALA: SIN ESCALA
 FECHA: 17-12-18
 CODIGO: NM-MM01-WIN-1218
 REV: 0

C: COLUMNA ESTATIGRÁFICA

REGISTRO PERFORACION - 1 - AREQUIPA

N° DE MUESTRA	PROF.	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA	SUCS	DESCRIPCION DEL SUELO	PROF.
M-01	0.00 - 1.00	<p>ESC: 1/150</p>	RELLENO	Relleno y material removido no consolidado compuesto por limo arenoso con gravas, no plástico, seco, consistencia media, color beige claro en estado húmedo, naturaleza ignea, heterométrica, tonalidades de gris a gris blanquecino.	0.00 - 1.00
M-02	1.00 - 2.00		GP-GM	Grava pobremente graduada con limos, compacidad media, no plástica, color gris claro en estado seco y gris intenso en estado húmedo, sub angulosa, angulosa, naturaleza volcánica a sub volcánica, coloración de gris a blanco grisáceo, heterométrica, sin presencia de materia orgánica ni óxidos, no efervesce al HCl. Contiene 49% de grava, 39% de arena y 12% de fmo.	1.00 - 2.00
M-03	2.00 - 3.00		SM	Arena limosa, compacta, no plástica, color gris claro en estado seco y gris intenso en estado húmedo, sub angulosa, angulosa, sub redondeada, naturaleza volcánica, coloración de gris a gris blanquecino, sin presencia de materia orgánica, no efervesce al HCl. Contiene 18% de grava, 63% de arena y 19% de fmo.	2.00 - 3.00
M-04	3.00 - 4.00			Arena limosa, compacta, no plástica, color gris claro en estado seco y gris intenso en estado húmedo, sub angulosa, angulosa, sub redondeada, naturaleza volcánica, coloración de gris a gris blanquecino, sin presencia de materia orgánica, no efervesce al HCl. Contiene 33% de grava, 54% de arena y 13% de fmo.	3.00 - 4.00
M-05	4.00 - 6.00		SW-SM	Arena limosa bien graduada, compacidad alta, no plástica, color gris claro en estado seco y gris intenso en estado húmedo, sub angulosa, angulosa, sub redondeada, naturaleza volcánica, coloración de gris a gris blanquecino, heterométrica, sin presencia de materia orgánica, no efervesce al HCl. Contiene 36% de grava, 54% de arena y 10% de fmo.	4.00 - 6.00
M-06	6.00 - 7.00			Arena limosa con gravas aisladas, compacidad, no plástica, color gris claro en estado seco y gris intenso en estado húmedo, sub angulosa, angulosa, sub redondeada, naturaleza volcánica, coloración de gris a gris blanquecino, heterométrica, sin presencia de materia orgánica, no efervesce al HCl. Contiene 36% de grava, 54% de arena y 10% de fmo.	6.00 - 7.00
M-07	7.00 - 8.00		SM	Arena limosa con gravas aisladas menores (mayormente sillar), no plástica, color rosáceo. Contiene 0% de grava, 64% de arena y 36% de fmo.	7.00 - 8.00
M-08	8.00 - 9.00			Arena limosa, de grano medio a fino, compacta, color rosado a marrón rojizo en estado húmedo, no plástica. Presencia aislada de gravas. T _{max} G 1/2", sub angulosa y sub redondeada, naturaleza tufácea, coloración rosado y blanquecino. El p.e. del tufo rosado > p.e. al tufo blanco, sin presencia de materia orgánica, no efervesce al HCl. Contiene 0% de grava, 57% de arena y 43% de fmo.	8.00 - 9.00
M-09	9.00 - 11.00		SM	Arena limosa de grano fino a medio con gravillas aisladas, compacidad media, color rosado a marrón rojizo en estado húmedo, no plástica, p.e. bajo, sub angulosa, sub redondeada, naturaleza tufácea blanquecina (sillar), heterométrica. Contiene 0% de grava, 65% de arena y 35% de fmo.	9.00 - 11.00
M-10	11.00 - 12.00			Arena limosa de grano fino a medio con gravillas aisladas, compacidad media, color rosado a marrón rojizo en estado húmedo, no plástica, p.e. bajo, sub angulosa, sub redondeada, naturaleza tufácea blanquecina (sillar), heterométrica. Contiene 13% de grava, 32% e arena y 67% de fmo.	11.00 - 12.00
M-11	12.00 - 14.00		ROCA VOLCANICA	Arena limosa de grano fino a medio con gravillas aisladas, compacidad media, color rosado a marrón rojizo en estado húmedo, no plástica, p.e. bajo, sub angulosa, sub redondeada, naturaleza tufácea blanquecina (sillar), heterométrica. Contiene 14% de grava, 32% e arena y 68% de fmo.	12.00 - 14.00
M-12	14.00 - 16.00			Arena limosa de grano fino a medio con gravillas aisladas, compacidad media, color rosado a marrón rojizo en estado húmedo, no plástica, p.e. bajo, sub angulosa, sub redondeada, naturaleza tufácea blanquecina (sillar), heterométrica. Contiene 15% de grava, 32% e arena y 68% de fmo.	14.00 - 16.00
M-13	16.00 - 31.00				Roca volcánica fragmentada y en coes, de naturaleza volcánica (sillar) de color gris blanquecino a blanco grisáceo, resistencia débil, medianamente impermeabilizada, p.e bajo, sin presencia de materia orgánica, no efervesce al HCl.

CONFIDENCIAL

ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA SON PROPIEDAD DE TERRESOLUTIONS S.A. SIN PERMISO AUTORIZADO SIN PODER SER REPRODUCIDOS NI UTILIZADOS EN NINGUN RESPONABILIDAD LEGAL. POR PARTE DE TERRESOLUTIONS S.A.

NOTAS:

- LA INFORMACION CONTENIDA EN ESTE PLANO ESTÁ EN UN WGS84, ZONA 19 SUR. DIMENSIONES EN METROS. SALVO ERROR DE TIPOGRAFIA, SE REQUIERE LO CONTRARIO, CONSULTAR FUENTE DE INFORMACION.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA		REVISIONES			
REV.	DESCRIPCION	REV.	FECHA	EMITIDO PARA REGION	DESCRIPCION
A		A		L-SERVAJ	

CLIENTE:		AUTORIZO	
DIBUJO	PREPARO	APROBO	
L-SERVAJ	L-SERVAJ	N. MORI	N. MORI

CONSULTOR:

Terresolutions S.A.
CONSULTORIA EN INGENIERIA

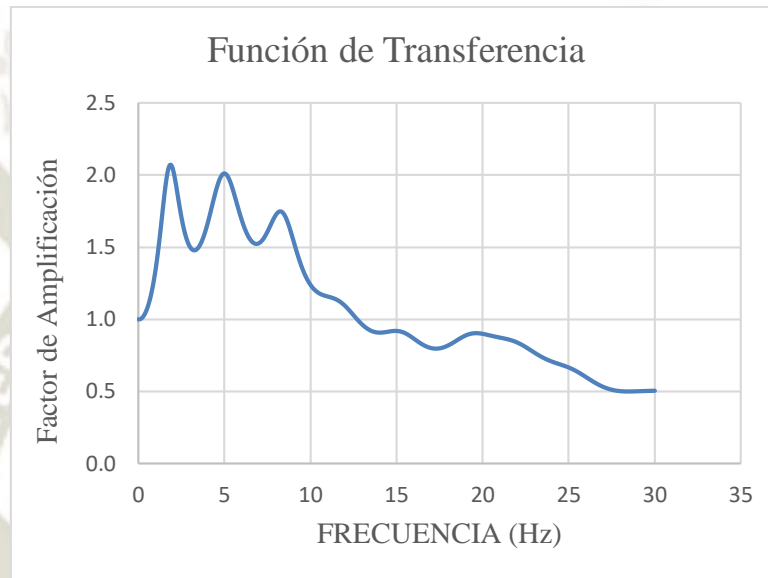
PROYECTO: Servicio de consultoría para ejecución del estudio caracterización Geotécnica y Geofísica de estaciones acelerométricas del SENCICO

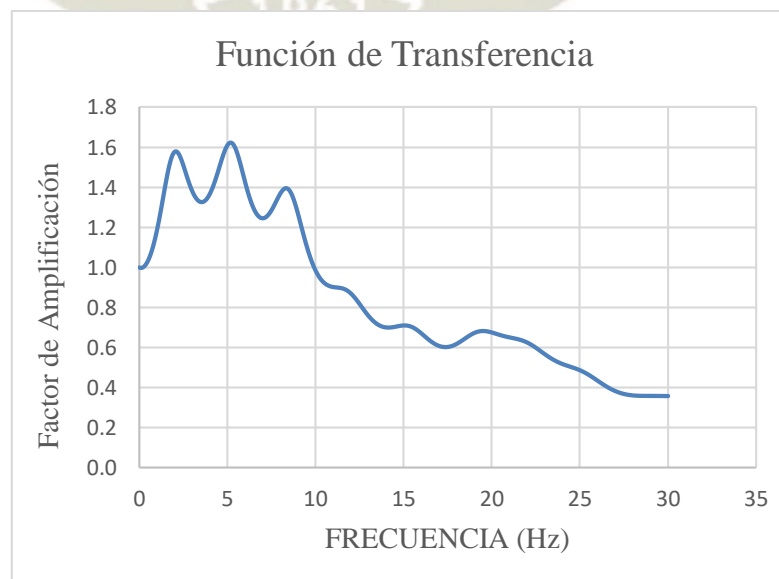
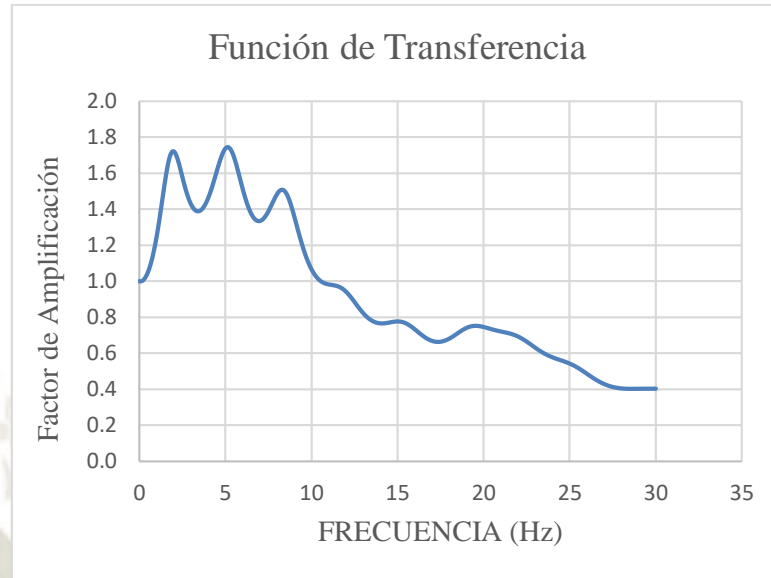
TITULO: PLANO DE COLUMNA ESTRATIGRÁFICA- AREQUIPA

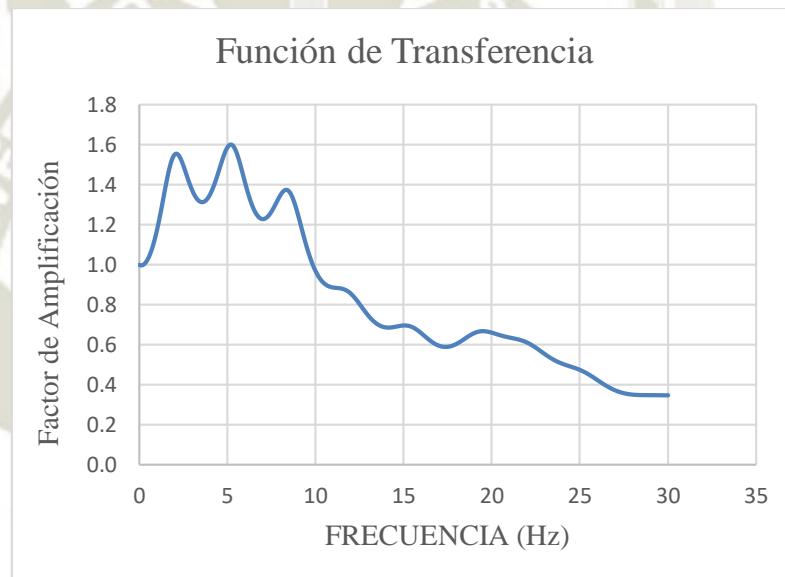
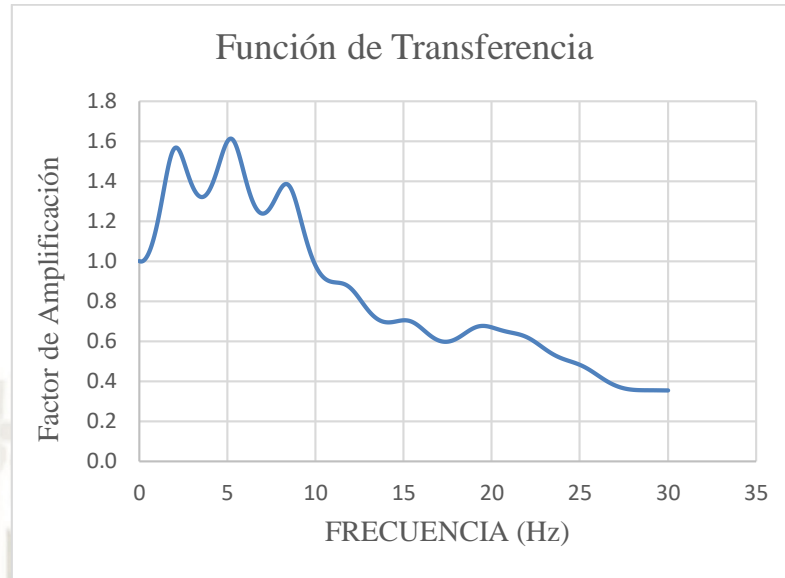
ESCALA: S/E PLANO N°: A

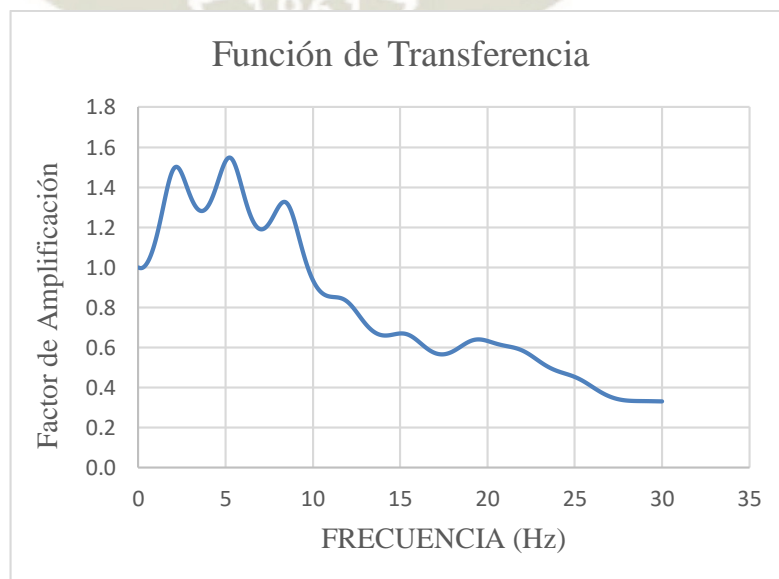
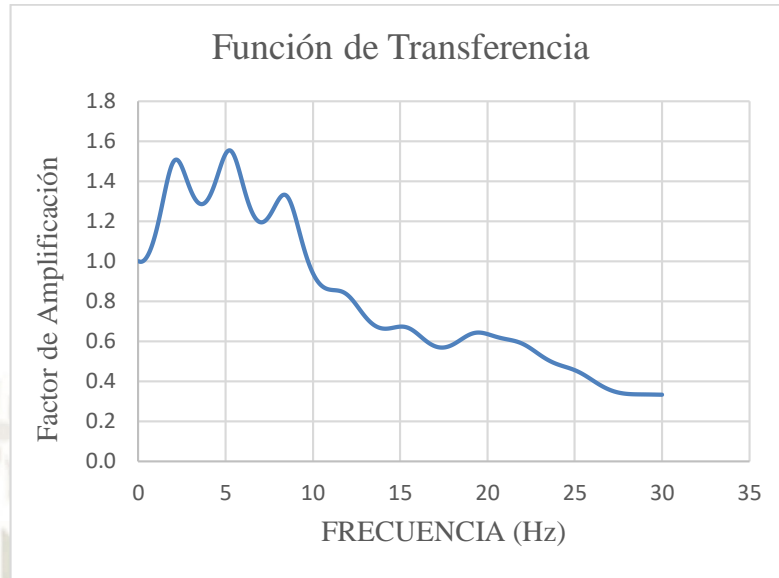
D: FUNCIONES DE TRANSFERENCIA OBTENIDAS DE LOS PERFILES ESTIMADOS

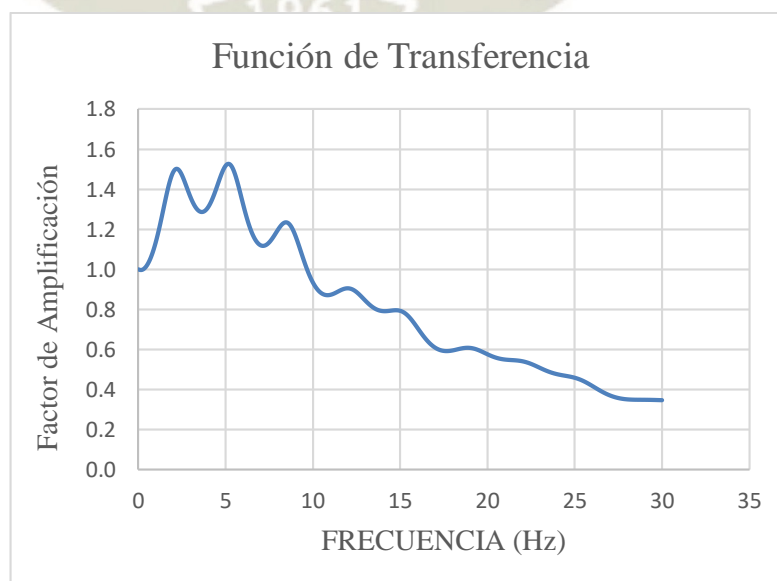
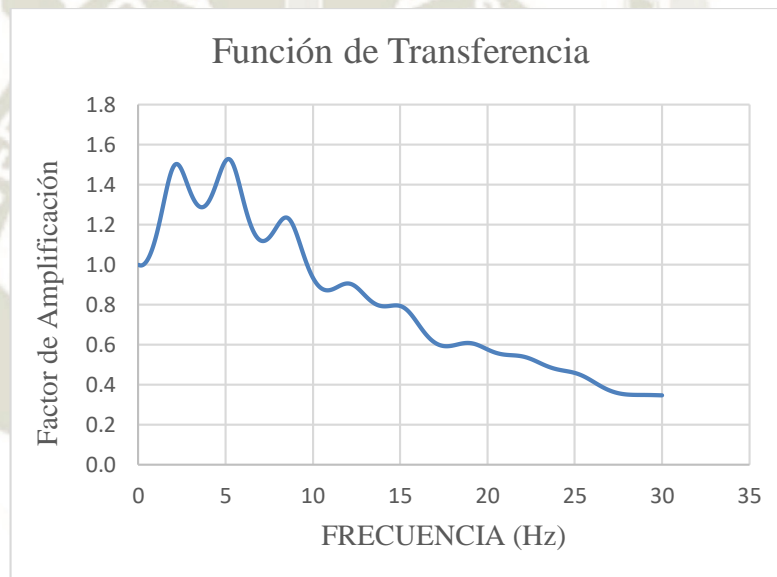
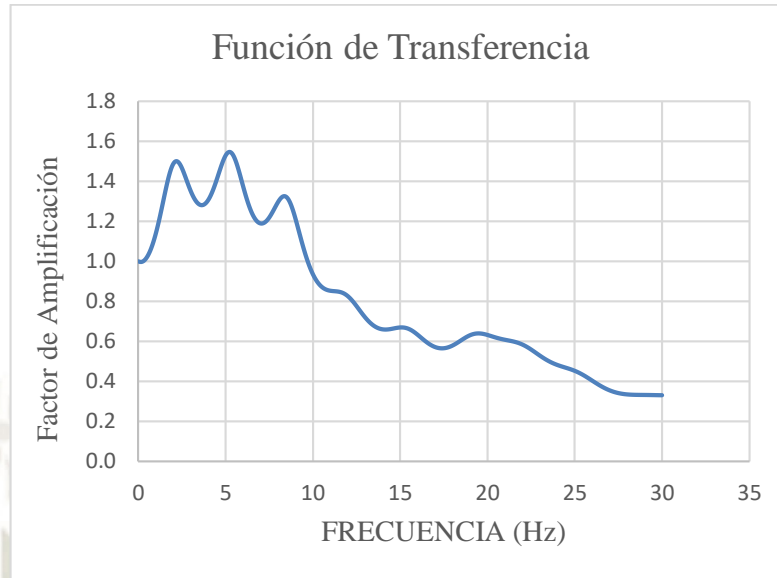
Cada 10 metros

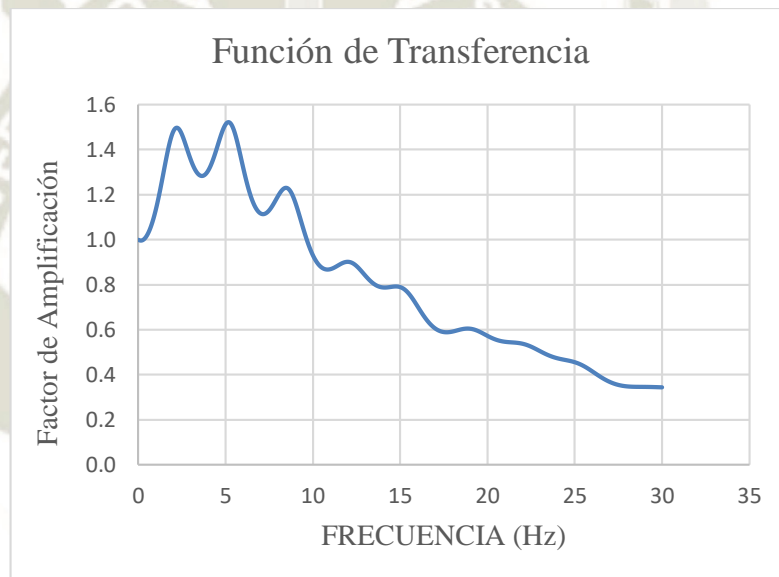
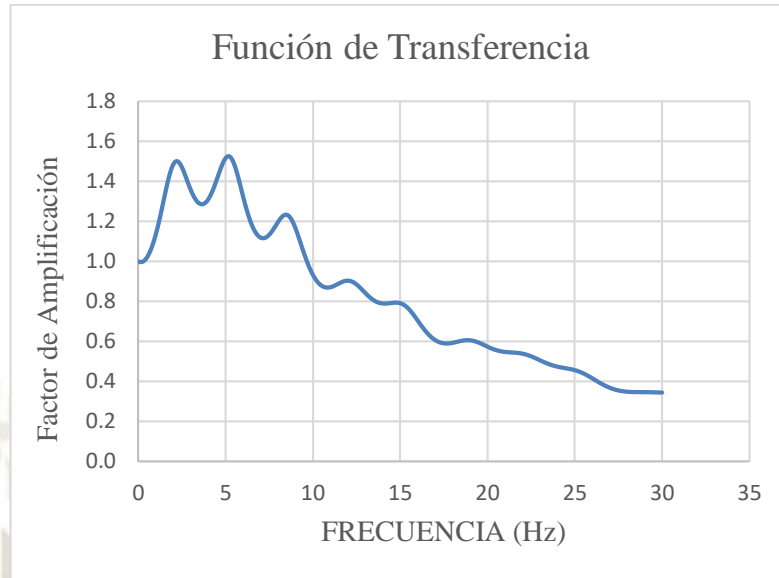


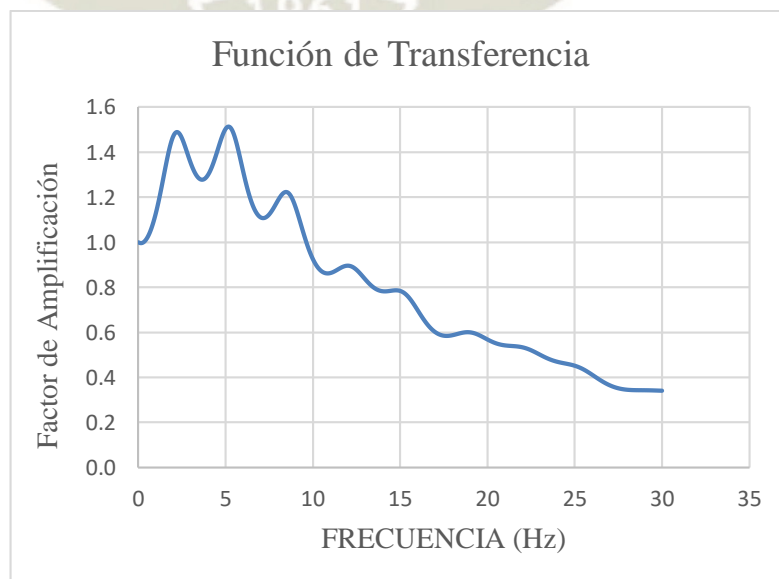
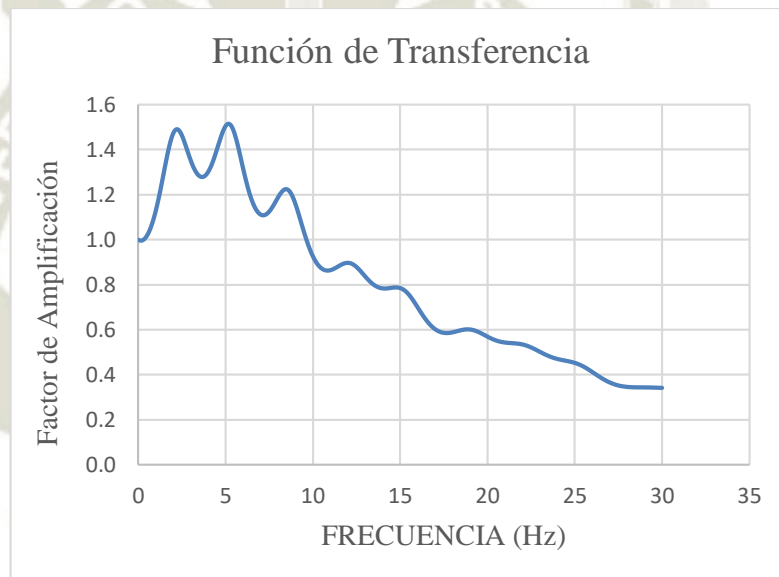
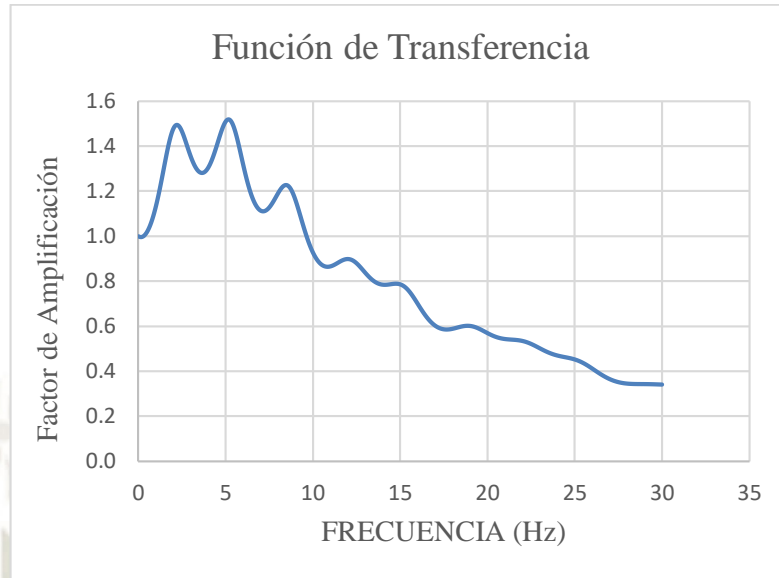


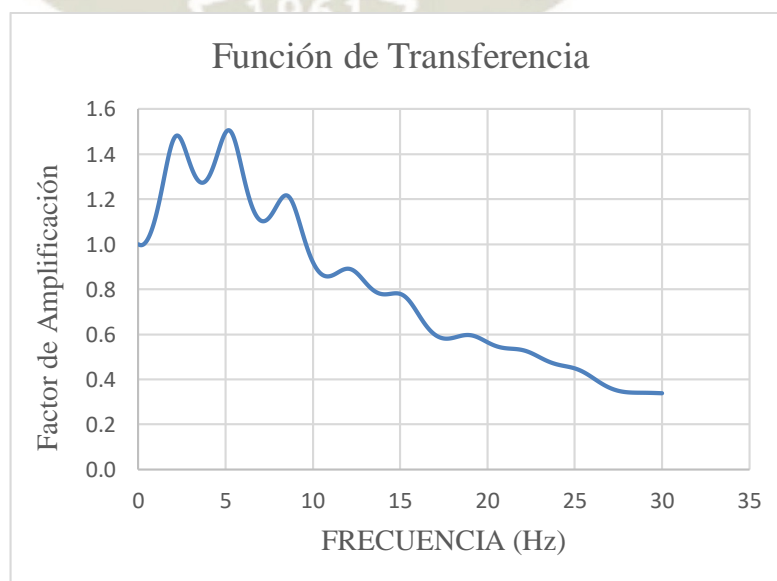
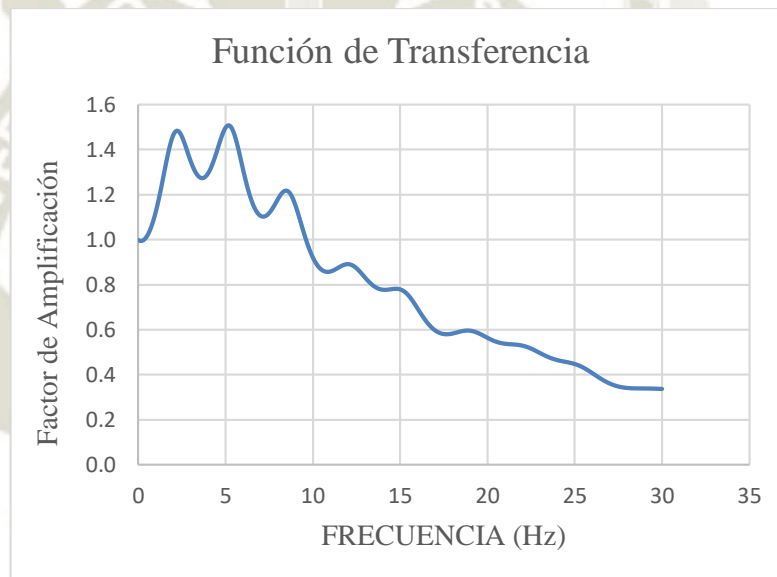
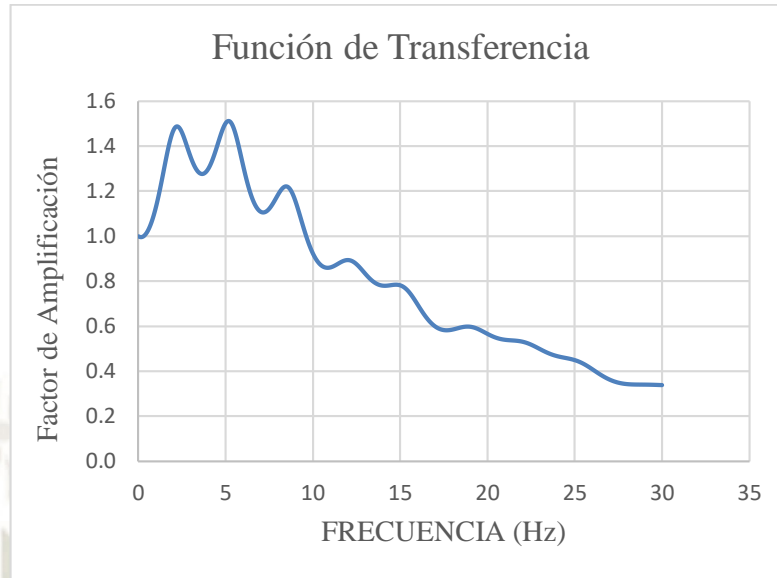


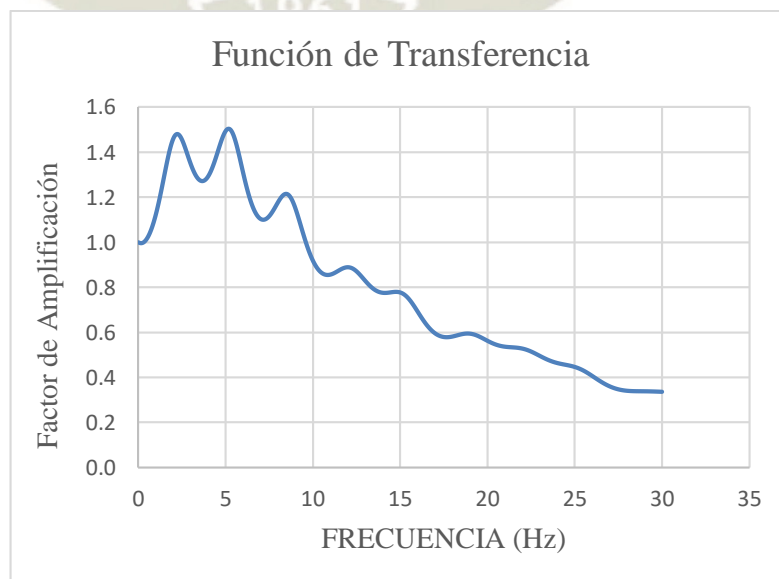
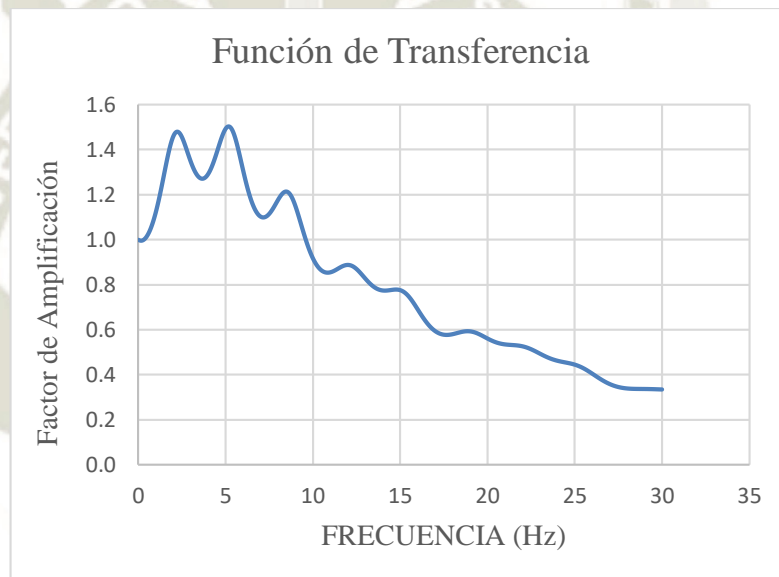
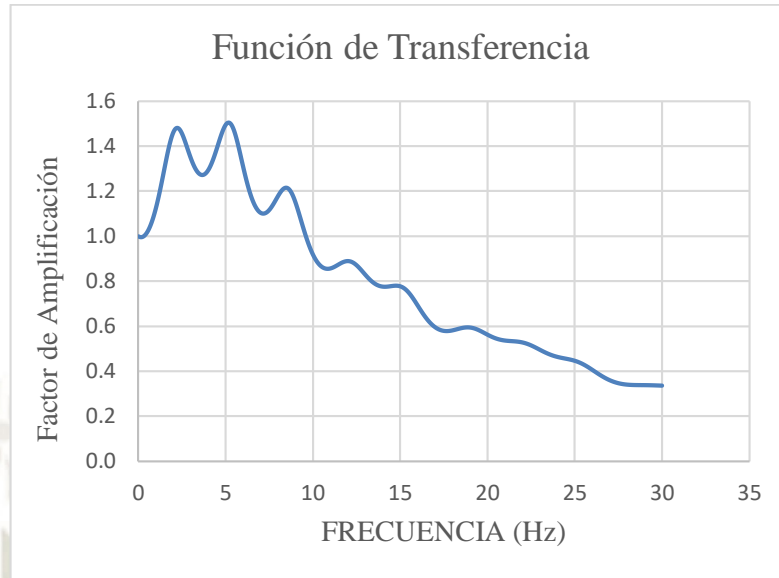


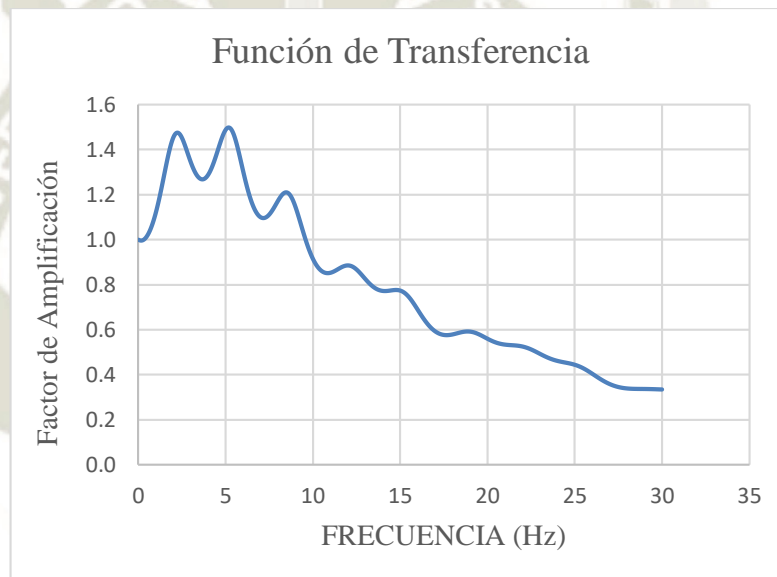
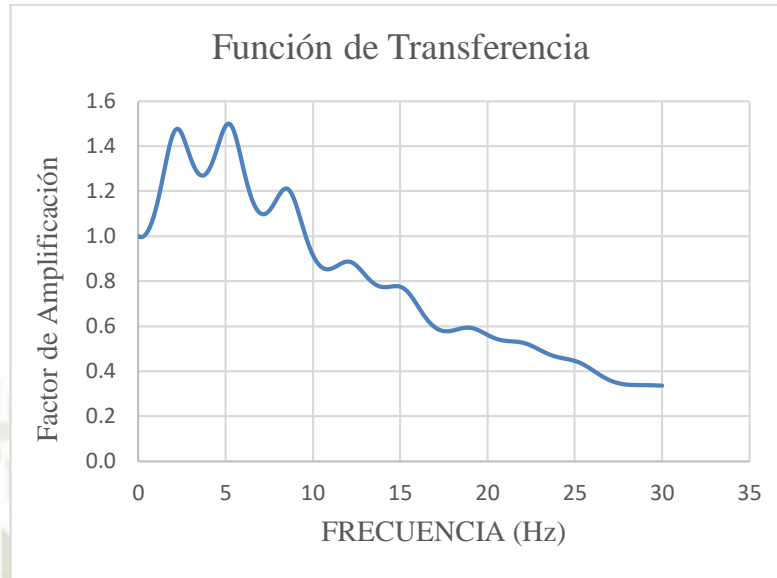




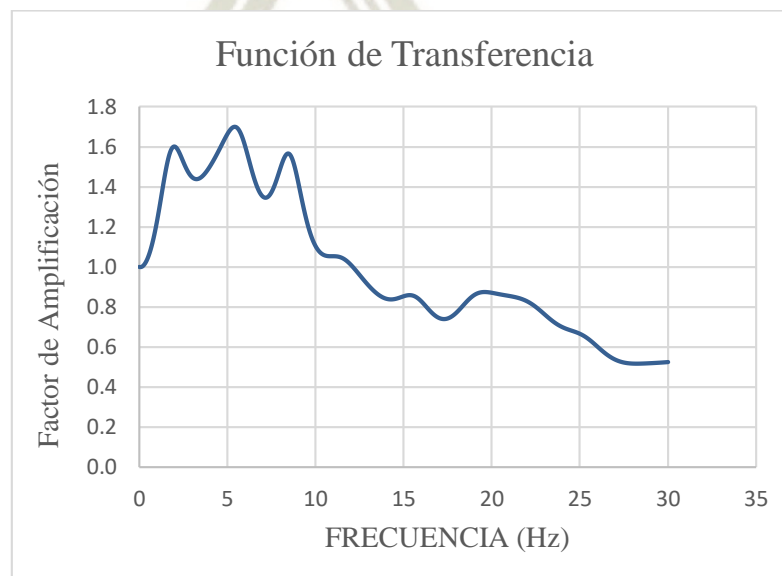


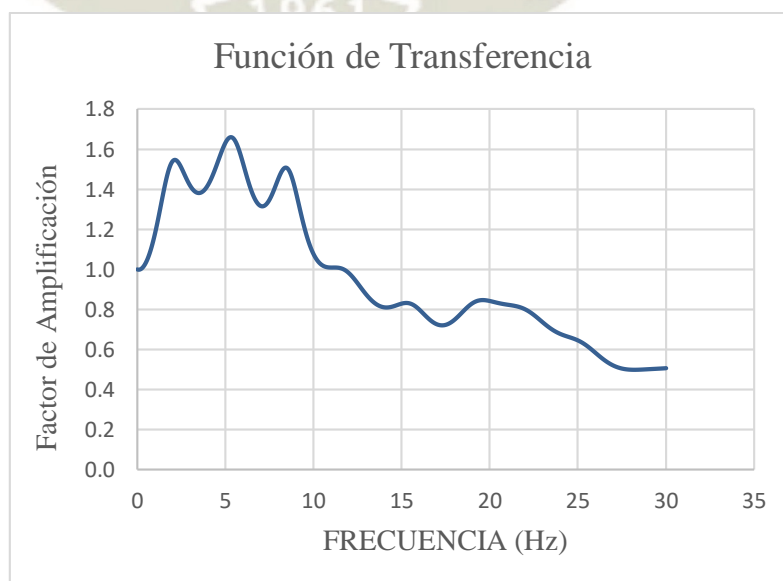
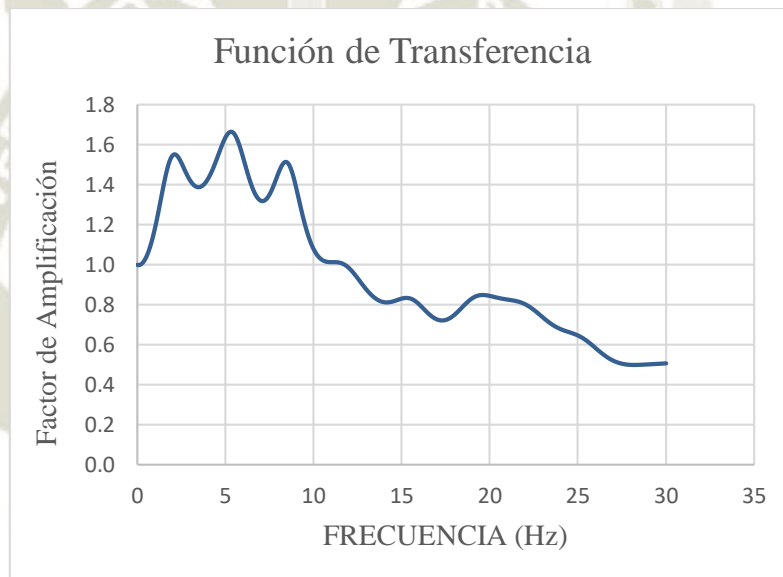
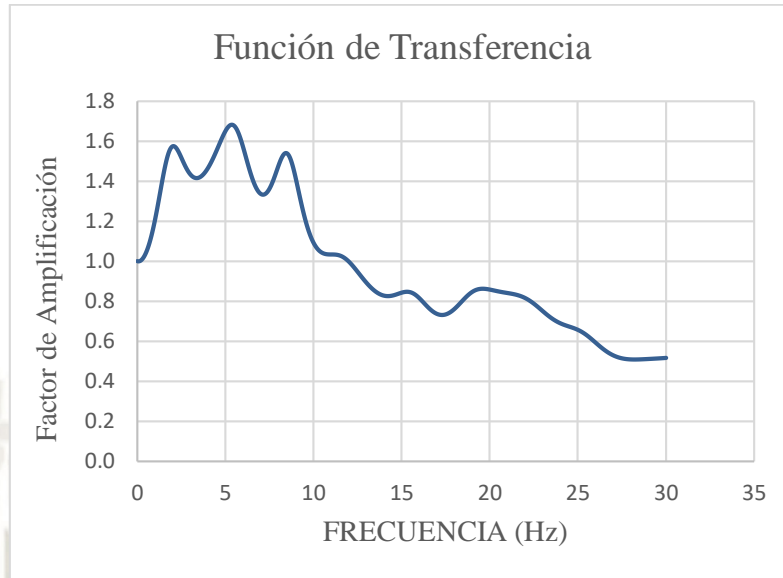


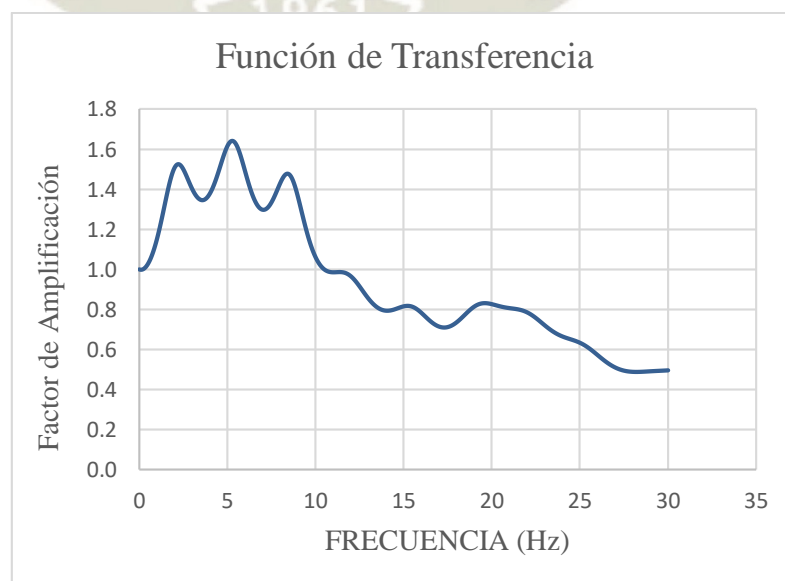
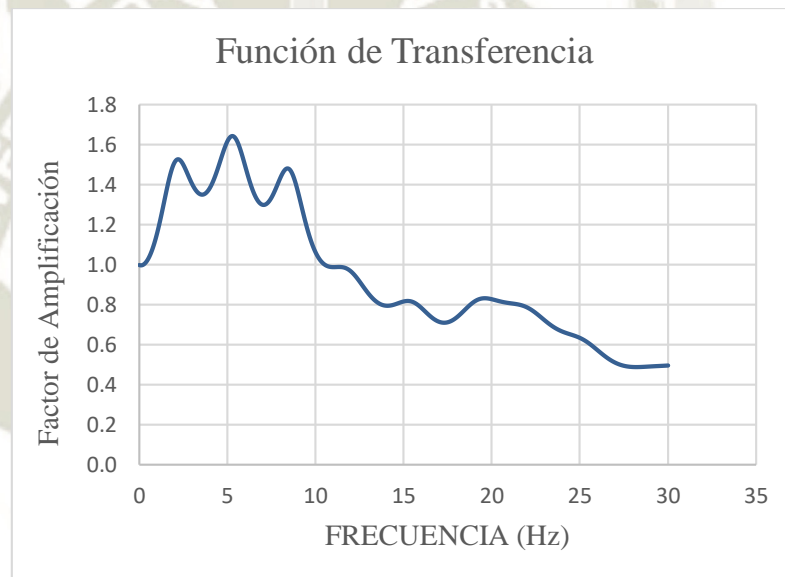
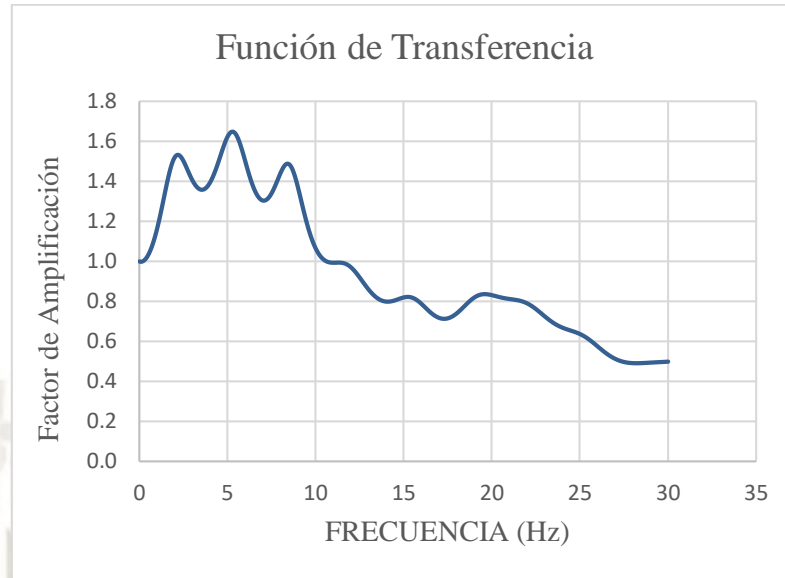


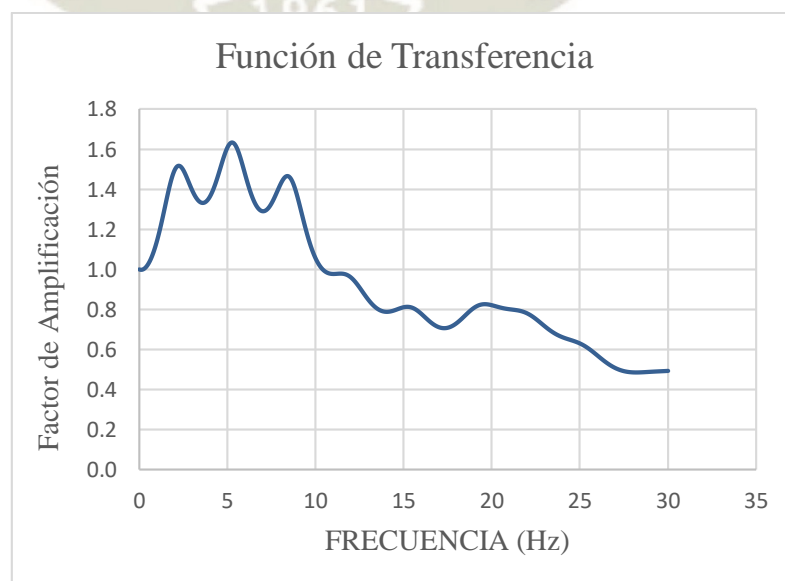
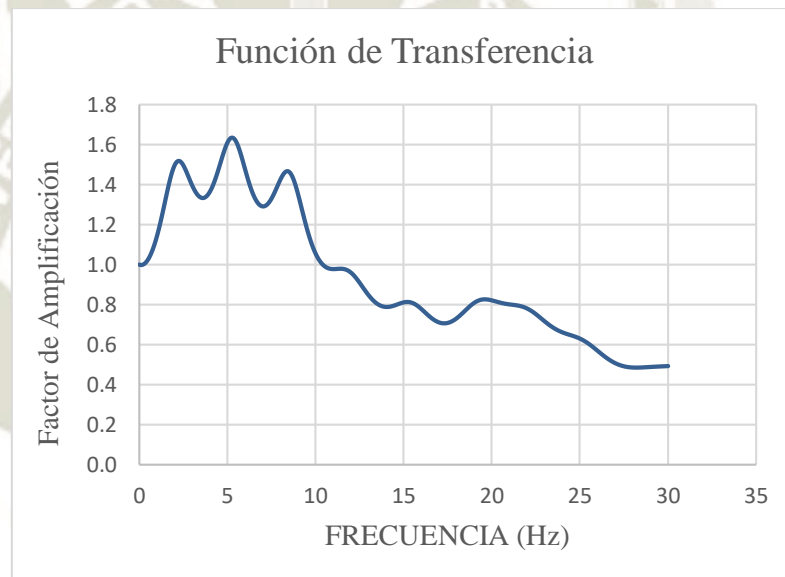
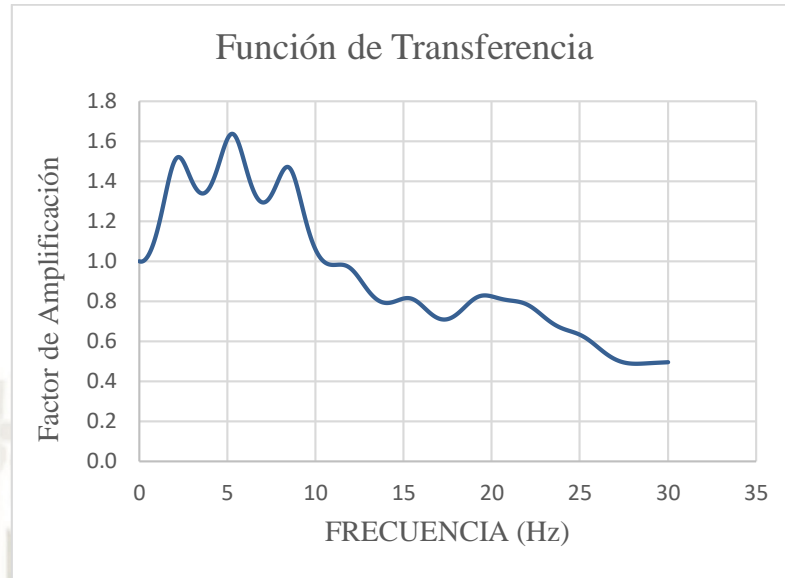


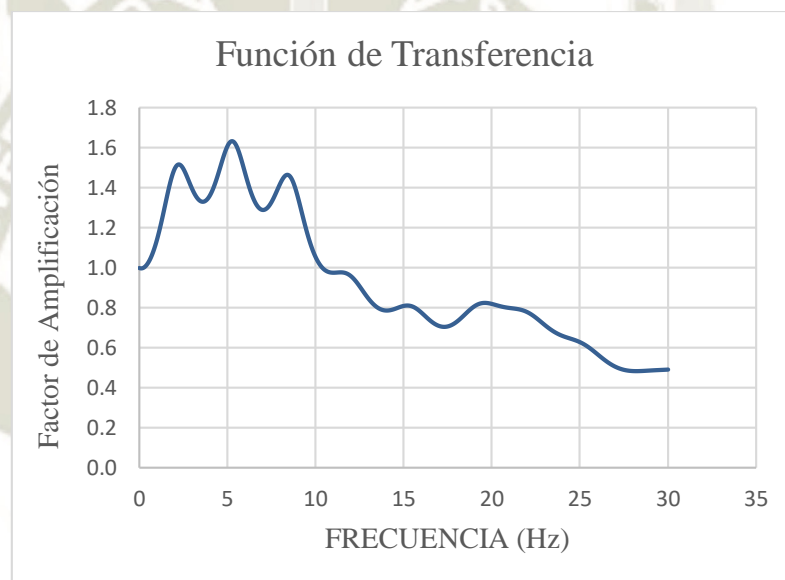
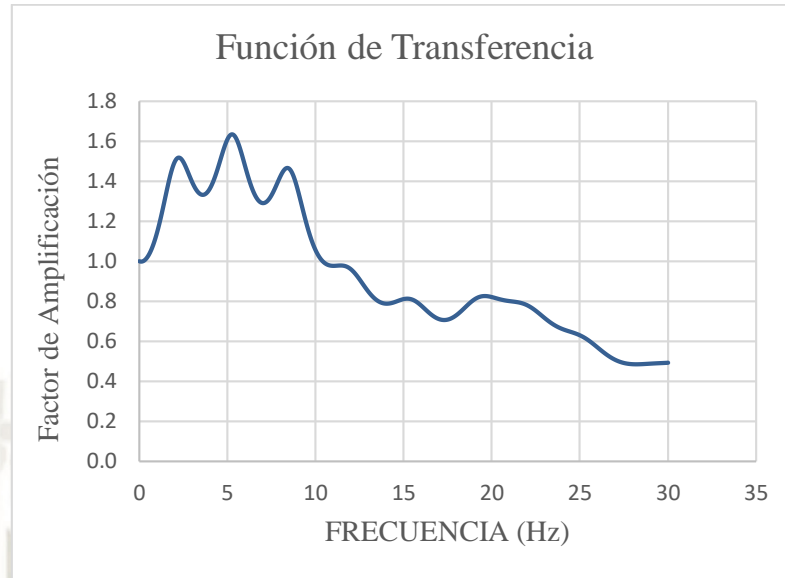
Cada 50 metros











Cada 100 metros

