

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**TESIS**

**EVALUACION DE LAS PROPIEDADES  
DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO  
ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOFISICOS  
MASW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA  
EN TORRE TORRE –JUNIN**

TESIS PRESENTADO POR:

**Bach. ROSA BEATRIZ VILLALOBOS HUAMAN**

AREA DE INVESTIGACION: INGENIERIA Y TECNOLOGIA

LINEAS DE INVESTIGACION: NUEVAS TECNOLOGIAS Y

PROCESOS

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERU**

2021

FALSA PORTADA

ING.CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA

**Asesor**

## **DEDICATORIA**

**Para el recuerdo de mi hermana Andrea que siempre creyó en mí, a pesar de mis tropiezos siempre estuvo para alentarme y darme mucho ánimo para lograr cumplir esta meta.**

**Para mi madre ejemplo de vida, lucha y perseverancia, siempre alentándome a seguir adelante.**

**A mi hermano Víctor, siempre me ayudo con verdadera intención de que pudiera terminar la investigación y seguir adelante con mi vida profesional.**

**A todos ustedes por ser quienes son y ser siempre leales en su forma pensar.**

## **AGRADECIMIENTO**

Me siento orgullosa de poder mencionar a todos, a quienes agradezco el haber cumplido esta meta tan deseada que es el título profesional por medio de este trabajo de tesis en honor a tal estimación deseo agradecer a los siguientes:

A Dios padre por concederme la voluntad la fuerza para seguir adelante en todo este proceso de realización personal.

A mi madre, por darme aliento y el coraje de culminar el trabajo de investigación.

A mis hermanos Andrea y Víctor por ser un apoyo constante en todo este proceso.

Agradezco al Ing. Roberth Aguilar Ch. por darme apoyo en la culminación de la Tesis.

Agradezco al Ing. Vladimir Ordoñez Camposano por darme dirección en el desarrollo de la tesis.

Agradezco a la empresa HGSE por facilitarme todos los datos necesarios para lograr cumplir los objetivos planteados en el trabajo de investigación.

**¡Muchas gracias!**



*"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"*

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DEJA:

## **CONSTANCIA N° 0050**

Que, el (la) bachiller VILLALOBOS HUAMAN ROSA BEATRIZ de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL, presentó la tesis denominada: "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOFISICOS MASW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE -JUNIN", la misma que cuenta con 238 Páginas y que ha sido ingresada por el SOFTWARE – TURNITIN FEEDBACK STUDIO obteniendo el 15 % de similitud.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Huancayo 10 de febrero del 2022



*Santiago Zevallos Salinas*

**Dr. Santiago Zevallos Salinas**  
Director de la Unidad de Investigación

## HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

---

**DR. RUBEN DARIO TAPIA SILGUERA**  
**PRESIDENTE**

---

**PH.D. MOHAMED MEHDI HADI MOHAMED**  
**JURADO**

---

**ING. LOURDES GRACIELA POMA BERNAOLA**  
**JURADO**

---

**ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO**  
**JURADO**

---

**Mg. MIGUEL ANGEL, CARLOS CANALES**  
**SECRETARIO DOCENTE**

## ÍNDICE

RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
INTRODUCCION .....	vii
CAPITULO I.....	1
1 EL PROBLEMA DE INVESTIGACION .....	1
1.1 Planteamiento del Problema .....	1
1.2 Formulación y Sistematización del Problema .....	2
1.2.1 Problema General.....	2
1.2.2 Problemas Específicos .....	2
1.3 Justificación .....	3
1.3.1 Practica o Social .....	3
1.3.2 Científica o Teórica .....	3
1.3.3 Metodológica.....	4
1.4 Delimitaciones .....	4
1.4.1 Espacial.....	4
1.4.2 Temporal .....	5
1.4.3 Económica .....	5
1.5 Limitaciones.....	5
1.6 Objetivos.....	5
1.6.1 Objetivo General .....	5
1.6.2 Objetivos Específicos.....	5
CAPITULO II.....	7
2 MARCO TEORICO .....	7
2.1 Antecedentes.....	7
2.1.1 Nacionales .....	7
2.1.2 Internacionales.....	9
2.2 Marco Conceptual .....	11
2.2.1 Historia Sísmica en Huancayo Metropolitano.....	11
2.2.2 Prospección Sísmica .....	12
2.2.2.1 Ondas Sísmicas .....	13
2.2.2.2 Parámetros de Descripción de Ondas .....	13
2.2.2.3 Comportamiento de las Ondas Sísmicas.....	14
2.2.3 Tipo de Ondas Sísmicas.....	14

2.2.3.1	Ondas de Cuerpo u Ondas de Volumen.....	14
2.2.3.2	Ondas Superficiales .....	17
2.2.4	La Velocidad de Las Ondas Sísmicas .....	20
2.2.5	Leyes y principios que rigen el movimiento de ondas .....	21
2.2.5.1	Frente de ondas .....	21
2.2.5.2	Rayo Sísmico .....	22
2.2.5.3	Principio de Huygens .....	22
2.2.5.4	Principio de Fermat .....	23
2.2.5.5	Ley de refracción o Ley de Snell.....	24
2.2.6	Métodos sísmicos aplicados a la ingeniería geotécnica .....	25
2.2.6.1	Método de refracción sísmica .....	25
2.2.6.2	Análisis multicanal de ondas superficiales.....	39
2.2.6.3	MAM (Método de medición de microtrepidaciones en arreglos multicanal).....	55
2.2.7	Geología.....	62
2.2.8	Geomorfología de afloramiento en TORRE TORRE .....	62
2.2.9	Evolución sedimentaria en TORRE .....	63
2.2.10	Geología en TORRE TORRE.....	64
2.2.11	Clasificación sísmica de los suelos .....	65
2.2.11.1	Clasificación sísmica de los suelos según la ASCE 2010 ....	65
2.2.11.2	Clasificación según la N.T.P.E 0.30 diseño sismorresistente	66
2.2.12	Condiciones geotécnicas.....	67
2.2.12.1	Perfiles del suelo .....	67
2.2.12.2	Propiedades Físicas del suelo .....	69
2.2.12.3	Parámetros de sitio (S, Tp y TL) .....	74
2.2.12.4	Capacidad admisible .....	74
2.2.12.5	Cálculo de la capacidad admisible método sísmico .....	75
2.3	Definición de Términos.....	77
2.4	Hipótesis.....	78
2.4.1	Hipótesis General.....	78
2.4.2	Hipótesis Específicas.....	79
2.5	Variables.....	79
2.5.1	Definición Conceptual de la Variable.....	79
2.5.2	Definición Operacional de la Variable.....	80

2.5.3	Operacionalización de la Variable .....	81
	CAPITULO III.....	83
3	METODOLOGIA .....	83
3.1	Método de Investigación .....	83
3.2	Tipo de Investigación.....	83
3.3	Nivel de Investigación.....	83
3.4	Población y Muestra .....	83
3.5	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	84
3.6	Procesamiento de la Información.....	85
3.7	Técnicas y Análisis de Datos .....	86
	CAPITULO IV .....	88
4	RESULTADOS .....	88
4.1	Identificación y Localización de la Zona de Estudio .....	88
4.2	Resultados.....	88
4.2.1	Primera Hipótesis Específica .....	88
4.2.2	Segunda Hipótesis Específica .....	97
4.2.3	Tercera Hipótesis Específica .....	104
	CAPITULO V .....	118
5	Discusión de Resultados .....	118
6	CONCLUSIONES .....	122
7	RECOMENDACIONES.....	124
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	125
	ANEXOS	127

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Gastos para la elaboración de la tesis .....	5
Tabla 2. Parámetros para la obtención de data para ensayo masw .....	52
Tabla 3. Parámetros para la toma de datos Masw .....	53
Tabla 4: Clasificación sísmica del suelo según la Asce .....	66
Tabla 5 : Clasificación de los perfiles del suelo .....	67
Tabla 6: Factor de suelo “s” .....	74
Tabla 7: Periodo Tp y TL .....	74
Tabla 8: Valores de $\alpha$ , para diferentes anchos de cimiento .....	75
Tabla 9 : Valores de $\gamma^\circ$ para diferentes tipos de suelo.....	76
Tabla 10: Tabla de muestras .....	84
Tabla 11: Porcentaje de retenido de suelo de acuerdo con la granulometría de la calicata N° 1 .....	89
Tabla 12. Porcentaje de contenido de humedad de la calicata n°1 .....	90
Tabla 13: Límites de consistencia de la Calicata N° 1 .....	90
Tabla 14:Clasificación SUCS de la Calicata N° 1.....	91
Tabla 15. Ángulo de fricción y cohesión de la calicata N° 1.....	92
Tabla 16: Porcentaje De Retenido De Suelo De Acuerdo Con La Granulometría De La Calicata N° 2 .....	92
Tabla 17: Porcentaje de contenido de humedad de la calicata N°2 .....	93
Tabla 18: Límites de consistencia de la calicata N° 2 .....	93
Tabla 19: Clasificación SUCS de la calicata N° 2 .....	94
Tabla 20: Angulo de fricción y cohesión de la calicata N° 2.....	95
Tabla 21: Resumen de valores de ensayos obtenidas mediante calicatas ..	95
Tabla 22: Coordenadas de los ensayos de microtremor.....	98

Tabla 23: Resultados de frecuencia y periodo fundamental del suelo.....	103
Tabla 24: Coordenadas de líneas de refracción sísmica .....	106
Tabla 25:Coordenadas de los sondeos Masw .....	106
Tabla 26. Resumen del primer perfil sísmico, espesor de estrato, velocidad de viaje de ondas y tipo de suelo por estrato .....	116
Tabla 27: Resumen del segundo perfil sísmico, espesor de estrato, velocidad de viaje de ondas y tipo de suelo por estrato .....	117

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del terreno de estudio .....	4
Figura 2. Desplazamiento de ondas P a través de un medio sólido .....	15
Figura 3. Propagación de ondas.....	16
Figura 4. Desplazamiento de ondas S a través de un medio sólido .....	17
Figura 5. Programación de ondas SV.....	17
Figura 6. Programación de ondas SH .....	17
Figura 7. Programación de ondas Love.....	19
Figura 8. Propagación de ondas Rayoeigh donde " $\lambda$ " es longitud de onda ...	19
Figura 9. Rayo sísmico .....	22
Figura 10. Propagación de una fuente de onda de acuerdo con el principio de Huygens .....	23
Figura 11. Principio de Fermat.....	24
Figura 12. Ley de refracción Snell .....	25
Figura 13. Descripción simple de capas límite paralelos y la correspondiente curva tiempo - distancia .....	27
Figura 14. Descripción simple de dos capas , limites paralelos y la correspondiente curva de tiempo - distancia.....	28
Figura 15. Esquema de caso de múltiples capas y curvas de tiempo – distancia .....	30
Figura 16. Ejemplo de interfaz de inmersión y conceptos de disparo.....	34
Figura 17. ARRIBA (Se muestra a la izquierda , fuente de energía , caída de peso y a la derecha el registro sísmico),ABAJO( Se muestra a la izquierda	

, cartucho de 600 gr de Pyroblast como fuente de energía y a la derecha el registro sísmico ).....	36
Figura 18. Sismograma de registro de ondas p - refracción sísmica .....	37
Figura 19. Esquema de configuración en campo del método Masw .....	40
Figura 20. IZQUIERDA. Registro de forma de onda, incluyendo modo alto (Kolchi Hayashi, 2003). DERECHA. Ilustración de como se observaría en un modelo 3D (Asta Olasfdottir, 2014) .....	44
Figura 21. Comparación de curvas de dispersión y su respectivo modelo unidimensional para materiales con distintas características .....	44
Figura 22. Modelo inicial basado en 1/3 transformación de longitud de onda.	47
Figura 23. Modelo final o perfil unidimensional de ondas de corte - Masw ....	48
Figura 24. Máxima profundidad de investigación - Masw .....	50
Figura 25. Condiciones favorables y desfavorables del terreno en la realización de los ensayos Masw.....	50
Figura 26. Esquema de arreglo de los geófonos sobre el suelo .....	51
Figura 27. Esquema de las ondas superficiales de longitud de onda más corta reflejan la velocidad de la onda de corte vs superficial y las más largas reflejan las velocidades de la onda de corte vs más profunda, el perfil de la onda de corte vs puede calcularse midiendo la velocidad de fase para diferente longitud de onda (frecuencia) .....	56
Figura 28. Tipos de arreglos MAM (derecha : arreglo , centro: arreglo en L ,Izquierda : arreglo circular .....	57
Figura 29. IZQUIERDA. Registro sísmico de las ondas superficiales del ensayo Man y su curva de dispersión (CENTRO). DERECHA. Perfil sísmico de VS que se obtiene de la inversión de la curva de dispersión.....	58

Figura 30. Ubicación nacional y departamental (ARRIBA), ubicación local y del terreno (ABAJO).....	88
Figura 31. Gráfico de la curva granulométrica de la calicata N° 1 .....	89
Figura 32. Gráfico del ensayo de corte directo calicata N° 2 .....	95
Figura 33. Acelerógrafo ZET 048-c .....	98
Figura 34. La figura (1) representa la primera estación, la figura (2) representa la segunda estación y la figura (3) representa la tercera estación del ensayo de microtremor .....	99
Figura 35. Registro de las componentes X, Y y Z .....	100
Figura 36. Selección de ventanas de procesamiento utilizando el software Geopsy .....	101
Figura 37. Espectro de Fourier resultante de la señal con todas las ventanas seleccionadas, resultado de frecuencia y periodo fundamental hasta 100 Hz. ....	102
Figura 38. Distribución de las líneas geofísicas en el área de estudio .....	104
Figura 39. Adquisidor de datos es-3000 de 24 canales .....	105
Figura 40. (1) Alineamiento de lr 1 y mw1, (2) instante del primer impacto shot lr1, (3) instante del segundo impacto shot mw1 (4) instante del tercer impacto shot lr 1, (5) instantes del cuarto impacto shot mw2 .....	107
Figura 41: (a) Alineamiento de lr 2 y mw 2, (b) instante del primer impacto shot mw1, (c) instante del primer impacto shot lr 2, (d) instante del segundo impacto shot mw1, (e) instante del segundo impacto shot lr2, (f) instante del tercer impacto shot mw1 .....	108
Figura 42: Registro sísmico de cada impacto shot de la primera línea de refracción sísmica. ....	109

Figura 43. Registro sísmico de cada impacto shot de la segunda línea de refracción sísmica .....	110
Figura 44. Curvas dromoconas de la línea de refracción sísmica 1 y de la línea de refracción sísmica 2 .....	111
Figura 45. Registro sísmico de cada impacto shot de la línea sísmica mw1	112
Figura 46. Curvas de dispersión obtenidos de los registros sísmicos mw1 ..	113
Figura 47. Registro sísmico de cada impacto shot de la línea sísmica .....	113
Figura 48. Curvas de dispersión obtenidos de los registros sísmicos mw2..	114
Figura 49. Modelo unidimensional de las ondas de corte de masw 1 .....	114
Figura 50. Modelo unidimensional de las ondas de corte de Masw 1 .....	115
Figura 51. Perfil sísmico de la línea de refracción sísmica 1 (lr1).....	116
Figura 52. Perfil sísmico de la línea de refracción sísmica 2 (lr2).....	117

## RESUMEN

La presente investigación se origina con la problemática ¿Cómo realizar la evaluación de las propiedades dinámicas y geotécnicas del suelo arcilloso mediante la metodología geofísicos de MASW, MICROTREMOR, REFRACCIÓN SÍSMICA en TORRE TORRE-JUNIN?, donde el objetivo principal es, Realizar la evaluación de las propiedades dinámicas y geotécnicas del suelo Arcilloso mediante Métodos Geofísicos de MASW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA en TORRE TORRE – JUNIN ; además de la hipótesis que debe verificarse es ; Las propiedades dinámicas y geotécnicas del suelo arcilloso se precisan mediante los métodos geofísicos de MASW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA en TORRE TORRE –JUNIN.

El tipo de investigación será APLICADA, nivel de investigación DESCRIPTIVA, diseño de investigación EXPERIMENTAL, para finalizar se utilizó el enfoque CUANTITATIVO guiado por el método científico, la muestra de la investigación está conformada por 2 líneas sísmicas haciendo uso de los métodos de Maws y Refracción Sísmica, 03 estaciones de microtremor y 02 calicatas a cielo abierto.

PALABRAS CLAVES: Suelo Arcilloso y Métodos Geofísicos MASW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA

## **ABSTRACT**

The investigation originates with the problem: How to carry out the evaluation of the dynamic and geotechnical properties of the clayey soil by means of the geophysical methods of MASW, MICROTREMOR, SEISMIC REFRACTION in TORRE TORRE-JUNIN?, where the main objective is, To carry out the evaluation of the dynamic and geotechnical properties of the Clay soil by means of Geophysical Methods of MASW, MICROTREMOR, SEISMIC REFRACTION in TORRE TORRE – JUNIN; in addition to the hypothesis to be verified is ; The dynamic and geotechnical properties of the clayey soil are obtained through the geophysical methods of MASW, MICROTREMOR, SEISMIC REFRACTION in TORRE TORRE -JUNIN.

The type of APPLIED research, DESCRIPTIVE research level, EXPERIMENTAL research design, finally QUANTITATIVE approach guided and oriented by the scientific method was used, the sample of this research is made up of 2 seismic lines using the methods of Maws and Seismic Refraction, 03 microtremor stations and 02 open pits.

**KEY WORDS:** Clay Soil and Geophysical Methods MASW, MICROTREMOR, SEISMIC REFRACTION

## INTRODUCCION

La investigación titulada “EVALUACION DE PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOFISICOS MASW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE – JUNIN” se desarrolló con la finalidad de determinar las propiedades dinámicas y geotécnicas del suelo en estudio mediante ensayos geofísicos, que permitirá clasificar el suelo de acuerdo a la N.T.P.E0.30 Diseño Sismo resistente y contribuirá para desarrollar ciudades sostenibles y seguras ante la ocurrencia de sismos .

se selección como muestra de estudio es 02 líneas sísmicas mediante los métodos de refracción sísmica y Masw, 03 estaciones de microtremor y 02 calicatas a cielo abierto.

El trabajo de investigación consta de 5 capítulos, analizados y repartidos de la siguiente forma:

EL CAPITULO NUMERO I; Habla sobre el planteamiento del estudio, se menciona el planteamiento, formulación del problema, las justificaciones, delimitaciones, limitaciones, el objetivo general y el objetivo específico.

EL CAPITULO NUMERO II; Habla sobre el marco teórico, describe los antecedentes de la investigación, marco conceptual, definición de términos, se formula las hipótesis y las variables.

EL CAPITULO NUMERO III; trata sobre el método de la investigación, se destalla el tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de la investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información

EL CAPITULO NUMERO IV; trata sobre la presentación de resultados de la primera variable Influencia de los Sismos, los resultados de la segunda variable Resistencia del Suelo Limo Arcilloso, y por último se presenta la prueba y su contrastación de hipótesis.

EL CAPITULO NUMERO V; consiste en la discusión de resultados, y culminación de la investigación, están las conclusiones, recomendaciones, bibliografías y anexos

# **CAPITULO I**

## **1 EL PROBLEMA DE INVESTIGACION**

### 1.1 Planteamiento del Problema

El Perú forma parte del filo poniente de Sudamérica, se considera como una de las regiones con más actividad sísmica, se encuentra relacionada al proceso de subducción de la placa de Nazca (Oceánica) bajo la Sudamericana (Continental) originando terremotos de magnitud considerable.

El valle del Mantaro posee cinco fallas geológicas en silencio sísmico que almacenan gran cantidad de energía dormida, que amenazan a la provincia de Huancayo, siendo Huaytapallana una de las fallas que causó daños significativos en el año de 1969. Torre Torre es un sector que forma parte de la provincia de Huancayo, además de ello es considerada como zona turística por la formación de torres arcillosas que llegan hasta una altura de 30 metros.

Constantemente los suelos aledaños a estas torres (Asociación de viviendas soto valle) no son evaluados técnicamente para obtener características ingenieriles pues suelen tener las mismas condiciones físicas de su suelo tratándose de un suelo arcilloso como material predominante en la zona de estudio y los daños que puedan sufrir ante sollicitaciones sísmicas son muchas más severas que cualquier otro tipo de suelo.

En este sentido, es de gran importancia obtener características únicas y valores más precisos que identifiquen a este tipo de suelo para ello se empleó métodos sísmicos modernos y amigables con el medio ambiente que identificaron sus propiedades dinámicas y geotécnicas con mayor claridad y enfrentar la inesperada ocurrencia de sismos.

Frente a este contexto el proyecto responde al Problema “Evaluación de las propiedades dinámicas y geotécnicas del suelo arcilloso mediante métodos geofísicos MASW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA, en TORRE TORRE - JUNIN”, dichos ensayos serán empleados en el suelo del sector TORRE TORRE - Asociación Manuel Soto Valle, para caracterizarlos y clasificarlos según los resultados obtenidos en campo como la: frecuencia, periodo, velocidad de ondas P, Velocidad de ondas S, perfil sísmico y la capacidad de carga.

## 1.2 Formulación y Sistematización del Problema

### 1.2.1 Problema General

¿Cómo realizar la evaluación de las propiedades dinámicas y geotécnicas del suelo arcilloso mediante los métodos geofísicos de Masw, Microtremor, Refracción Sísmica en TORRE TORRE – Junín?

### 1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo determinar las características físicas del suelo arcilloso mediante calicatas en TORRE TORRE -Junín?
- ¿Cómo determinar los resultados de las propiedades dinámicas (frecuencia y periodo), del suelo Arcilloso mediante

el método Geofísico de Microtremor en TORRE TORRE - JUNIN?

- ¿Cómo determinar los resultados de las propiedades geotécnicas mediante el método de Refracción Sísmica y Masw del suelo arcilloso en TORRE TORRE-JUNIN?

### 1.3 Justificación

#### 1.3.1 Practica o Social

Los Métodos Geofísicos de Masw, Microtremor, Refracción Sísmica, arrojan resultados prácticos que ayudara a futuros investigadores que realicen estudios similares en la zona de estudio ampliar mucho más sobre el tema y tener características más propias del suelo de TORRE TORRE, de esta forma la Universidad Peruana Los Andes puede otorgar dichos resultados a la Municipalidad de Huancayo para su respectiva aplicación técnica.

#### 1.3.2 Científica o Teórica

El presente trabajo de investigación proporcionará datos sísmicos del suelo exclusivo del lugar de estudio que permitirá tener mejor conocimiento del suelo arcilloso sometido a esfuerzos de ondas de corte y de compresión mediante ensayos de MASW Y Refracción Sísmica además de ello conocer los parámetros de sitio del suelo con los ensayos de microtremors los resultados que se obtendrá ayudará a futuros investigadores a que indaguen en el lugar de estudio y con ello , ampliar o refutar dichos resultados y así poder

tener la seguridad sobre la efectividad de los métodos no convencionales.

### 1.3.3 Metodológica

Los métodos geofísicos aplicados en el Suelo son técnicas no destructivas y amigables con el medio ambiente de los cuales obtenemos resultados para su análisis y clasificación sísmica para luego compararlas con la Norma Técnica Peruana y puedan servir de guía para las investigaciones futuras relacionadas con el tema.

## 1.4 Delimitaciones

### 1.4.1 Espacial

El estudio se realizó en el terreno de la familia del Pino, ubicada en el sector 4 lote M manzana 6 de la Asociación Manuel Soto valle en el sector de TORRE TORRE, de la Provincia de Huancayo en la región Junín. El estudio se realizó en dicho terreno por ser un terreno libre de construcción fácilmente se podía realizar todos los ensayos, estar a 550 metros de las torres de arcilla, ser un sector en formación el cual no cuenta con información ingenieril necesaria de dinámica de sus suelos.

***Figura 1. Ubicación del terreno de estudio***



Fuente: Google Earth

#### 1.4.2 Temporal

La investigación se desarrollará durante los meses de diciembre a enero del año 2020.

#### 1.4.3 Económica

Tabla 1: Gastos para la elaboración de la tesis

Item	Descripción	Unidad	Precio
1	Asesor Externo de Tesis	Gbl	1000
2	Costo de los Ensayos	Gbl	5000
3	Transporte	Gbl	500
4	Impresión, copias	Gbl	600
5	Materiales de escritorio	Gbl	400
6	Total		7500

Fuente: elaboración propia

#### 1.5 Limitaciones

- Encontrar un laboratorio adecuado en ejecutar los ensayos para el desarrollo de la investigación.

#### 1.6 Objetivos

##### 1.6.1 Objetivo General

Realizar la evaluación de las propiedades dinámicas y geotécnicas del suelo Arcilloso mediante métodos geofísicos de MASW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA en TORRE TORRE – JUNIN.

##### 1.6.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características físicas del suelo arcilloso mediante calicatas en TORRE TORRE – JUNIN
- Determinar los resultados de las propiedades dinámicas (Frecuencia y periodo) del suelo Arcilloso mediante el método Geofísico de Microtremor en TORRE TORRE –JUNIN.

- Determinar los resultados finales de las propiedades geotécnicas del suelo arcilloso mediante los métodos de Refracción Sísmica y Masw en TORRE TORRE – JUNIN

## **CAPITULO II**

### **2 MARCO TEORICO**

#### 2.1 Antecedentes

##### 2.1.1 Nacionales

-Villilli (2018) , esta tesis lleva como título: “Caracterización Geotécnica de los suelos del volcánico Sencca, mediante refracción sísmica y análisis de ondas superficiales (masw) en el A.A.H.H. Villa Florida del distrito de Yura – Arequipa ”, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa , Arequipa, Perú , 2018, objetivo, se determinaron la celeridad de propagación de las ondas longitudinales (P) y ondas transversales (S) usando los métodos de refracción sísmica y el método de análisis multicanal de ondas superficiales (masw) que permitirán generar perfiles estratigráficos de la zona de estudio , resultados , se determinó la celeridad de las ondas de corte a partir de los ensayos masw y la variación de ellos fue de acuerdo a la profundidad de los estratos , conclusiones , la celeridad de propagación de las ondas S para suelos formados por las tobas del volcánico Sencca son de 246,50m/s a 393,27m/s hasta los 30 metros de profundidad , tratándose de un suelo regularmente rígido con una clasificación sísmica S2, propia de suelos arenosos como lo indica la E0.30 “Diseño Sismo resistente”.

-Urquiza (2020), esta tesis lleva como título: “Estudio Geofísico por el Método de Refracción Sísmica, Masw1d, Masw2d y Mam para el diseño estructural del puente cantuta –región Junín”, Universidad San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú, 2020, objetivo, se obtuvieron los perfil de ondas longitudinales ( $V_p$ ), con la finalidad de conocer las variaciones tanto en profundidad como horizontal del sub suelo, resultados, la celeridad de velocidades de las ondas de corte varía de acuerdo a la profundidad de cada estrato, conclusiones, la velocidad de ondas P y S varían de acuerdo a la profundidad de cada estrato donde se realizó cada método para poder determinarlos .

-Zeballos (2017), esta tesis lleva como título: “Métodos de Refracción Sísmica masw –mam y parámetros elásticos del puente vehicular interregional Pampas, Ayacucho – Apurímac 2016”, Universidad Peruana los Andes, Huancayo, Perú, objetivo, se determinó el perfil sísmico unidimensional de ondas de corte evaluadas mediante el método de análisis de ondas superficiales en arreglo multicanales masw y mam en el puente vehicular interregional – Pampas, resultados , los métodos aplicados en cada estribo determinaron las velocidades de ondas de corte y compresionales que variaron de acuerdo a la profundidad de cada estrato de los perfiles sísmicos, conclusiones , con la transmisión de las ondas de corte se analizará la rigidez del suelo, obteniéndose el perfil sísmico unidimensional de ondas de corte de acuerdo a la hondura de sub suelo .

- Salinas (2020), esta tesis lleva como título : "Caracterización del Suelo de la Parcela el Puquio, Otuzco, 2018 ", Universidad Privada de Trujillo, Trujillo, Perú, objetivo, se describieron las características físicas naturales del suelo de la parcela el Puquio, Otuzco,2018, resultado, Se realizaron seis (06) pozo calicatas que consiste en excavaciones de formas diversas que permiten una observación directa del terreno, así como la toma de muestras alteradas e inalteradas en bolsas (Mab), clasificación de campo de forma manual y visual de cada una de las muestras obtenidas con el muestreador, en los que se indican las diferentes características de los estratos subyacentes, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, compacidad, consistencia etc., tal como se puede observar en los registros estratigráficos, estas según NTP 339.162 (ASTM D 420) ,conclusión , se describió las características físicas naturales del suelo de la parcela el Puquio ,identificando la granulometría, la humedad , límites de consistencia ,estratigrafía ,etc.

#### 2.1.2 Internacionales

- Mejia y Calero (2019) , esta tesis lleva como título : "Caracterización de la condiciones geológicas y sísmicas en la parte N y Sw del recinto universitario Rubén Darío ( RURD,UNAN MANAGUA)",Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Managua, Nicaragua , 2019, Objetivo, se analizaron los datos de microtremor mediante la aplicación de la técnica del cociente espectral H/V o técnica de Nakamura con el propósito

de estimar frecuencia, periodos y amplitudes de vibraciones de los suelos y estimar el efecto de sitio en el área de investigación , resultados , con el programa japonés FouSpcMicGv4.exe del Dr. Kiminobu realizado en el año 2004 , se cómputo la función de transferencia empírica ( periodo y amplitud) obteniendo la semisuma de los componentes horizontales y verticales que como indica Nakamura es la función de transferencia aproximada del suelo , conclusiones , se encontraron tres diferentes formas de aplicación en el área de estudio , familia 1 ; periodos dominantes de 0.1 seg a 0.3 seg ,frecuencia de 3.3. a 20 Hz , con una amplificación encima de 4 hasta de 9 veces ; familia 2 , periodos dominantes de 0.31 a 0.5 seg ,frecuencia de 0.31 seg a 0.5 seg, con una frecuencia de 2 a 3.2 Hz , amplitudes de 4 a 7.9 veces , familia 3 , periodos dominantes de 0.1 a 0.32 seg , con frecuencia dominante de 3.1 y 5.5 Hz , amplificaciones de 4.1 a 9 veces más relativo .

-Badette (2020), esta tesis lleva como título : “Determinación de Periodos Fundamentales del suelo mediante Vibración Ambiental en la Comunidades de Jardines del caribe y la playa Puerto Rico”, Universidad de Puerto Rico, recinto universitario de Mayagüez, Puerto Rico, objetivo, se determinaron los periodos fundamentales para los respectivos puntos seleccionados mediante la aplicación del método de cociente espectral H/V (o método de Nakamura), resultados, se realizaron 90 puntos para la medición de periodos se encontraron inconvenientes por

accesibilidad los valores de periodos obtenidos oscilan desde de 0.60seg hasta 1,26seg , conclusiones, con los valores de periodos obtenidos se realiza un mapa de isoperiodos para la Urbanización de Jardines de Caribe y el barrio la Playa .

-Navarro (2018), esta tesis lleva como título: “Aplicación del método Masw para la caracterización Sísmica del suelo en Zona Urbana”, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, Colombia, objetivo, se caracterizó sísmicamente el sub suelo obteniendo los valores de la velocidad de las ondas de cizalladura (Vs) serán contrastados con diversos sondeos distribuidos por las ciudades , resultados, el estudio cuenta con 45 estaciones (450 m) , se obtuvieron 6 perfiles se clasificaron de acuerdo a la velocidad de ondas de cizalladura obteniendo suelo medio blando tipo c , suelo blando tipo D , suelo duro o roca blanda tipo B , tipos A, roca dura conclusiones , el método de Masw es un dispositivo móvil de gran longitud en ciudades urbanas con ruido ambiental , al realizar estudios es necesario la presencia de la policía para la ayuda en la organización del tráfico .

## 2.2 Marco Conceptual

### 2.2.1 Historia Sísmica en Huancayo Metropolitano

Los sismos más importantes que causaron efectos negativos en Huancayo fueron el sismo 4 de Julio 1969 (ocasionó la reactivación del Huaytapallana ) con escala de 6.5° provocando (1300 muertos ) , el sismo de 1998 con escala de 4.6 en chilca ,

de la misma manera , los sismos sucedidos en Junín , como el sismo de 2 de Julio en 1938 en Tarma (350 muertos ) ,sismo de 1 de Noviembre de 1947 con magnitudes de 7.8 ° en Satipo (2235 muertos ) , el sismo de 3 de Mayo de 1962 con magnitud de 6.1 ° en Ulcayo .

### 2.2.2 Prospección Sísmica

Mediante el estudio de este método se identificará la estratificación de suelos midiendo la diferenciación de las características físicas de los materiales como la velocidad de las ondas P y S, entre otras.

En cierto sentido, la prospección geofísica se basa en producir ondas sísmicas mediante una fuente emisora y registrarlas en una serie de estaciones de censoredas (geófonos) distribuidas sobre el terreno. A partir del estudio de las diferentes formas de onda y sus tiempos de trayecto, se obtienen imágenes del sub suelo que luego se relacionan con las capas geológicas (secciones sísmicas, campos de velocidad, etc.). (URQUIZO QUIROZ , 2020, pág. 22)

Estas técnicas se utilizan en investigaciones de alta resolución que consienten en obtener: morfologías del sub suelo, estado de compactación y fracturación de los materiales, medición de parámetros para ingeniería y geotécnica.

### 2.2.2.1 Ondas Sísmicas

Son perturbaciones que se generan a través de una fuente de energía y se propagan por las diferentes capas del subsuelo.

Estas ondas viajan a velocidades que dependen del módulo de elasticidad y densidades en el medio que se propaga, el material se mantiene o no dentro del rango elástico dependiendo de factores como la magnitud y orientación del esfuerzo y el tiempo al cual es sometido el material. (VILLILLI VARGAS , 2018, pág. 22) .

### 2.2.2.2 Parámetros de Descripción de Ondas

Los parámetros son:

Amplitud (A); es la altura alcanzada por la onda medida sobre el nivel de referencia.

- Periodo (T); es el tiempo entre las repeticiones sucesivas de la onda, medida en segundos.

- Frecuencia (f); es el número de onda por unidad de tiempo se define como el inverso del periodo se da en Hz.

- Longitud de onda ( $\lambda$ ), es la distancia entre las sucesivas repeticiones de la onda medida en metros.

- Número de onda (K); es el número de onda por unidad de distancia. Su unidad es 1/m.

- Fase ( $\Theta$ ), es el desplazamiento en fracciones de ciclo, de un punto dado sobre la onda.

- Velocidad (V), son los números de ondas por unidad de tiempo que pasan por un mismo punto  $V=\lambda f$ .

### 2.2.2.3 Las ondas sísmicas y su comportamiento

Las características de las rocas influyen sobre los parámetros obtenidos mediante los métodos sísmicos son:

- Petrografía (cantidad de minerales)
- Estado de compacidad de la roca
- Porosidad (porcentaje o proporción de espacios vacíos (poros) en una roca).
- Relleno del espacio vacío, poros contenidos en el material.
- Textura y estructura de la roca
- Temperatura de la roca
- Presión de la roca

La alteración es una de estas propiedades de la roca puede estar relacionada, por ejemplo, con un límite entre dos estratos litológicos, por una falla o zona de fallas, por el cambio en el relleno del espacio vacío de la roca, etc. Las celeridades de las ondas en diferentes medios (URQUIZO QUIROZ , 2020, pág. 35)

### 2.2.3 Tipo de Ondas Sísmicas

Mediante la alteración en el suelo se genera dos tipos de ondas.

#### 2.2.3.1 Ondas de Cuerpo u Ondas de Volumen

Las Ondas de Cuerpo pueden viajar a través de las capas internas de la Tierra, viajan enormes distancias a través de las rocas y su amplitud se acentúa poco a poco conforme

incrementa la distancia respecto al foco, siguen caminos curvos debido a la variada densidad y composición de la Tierra. Dentro de las Ondas Internas u Ondas de Cuerpose distinguen dos clases, atendiendo al modo de desplazarse: Ondas P y Ondas S. (MEJIA MORENO & CALERO DAVILA, 2019, pág. 30)

### ***Ondas de Compresión (P) o Primarias***

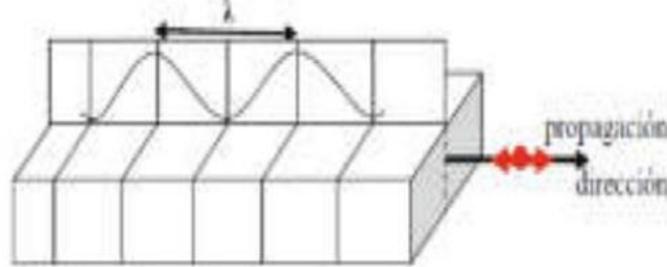
Las ondas P, longitudinales o de compresión, viajan través de un medio dilatado por cambios de volumen sin rotación. Lo cual indica que el suelo es enormemente comprimido y dilatado en la dirección de la propagación de la onda y son las primeras en aparecer en el registro sísmico por ser las más rápidas. estas ondas se caracterizan por viajar a través de cualquier medio (sólido, liquido o gaseoso). (MEJIA MORENO & CALERO DAVILA, 2019, pág. 30)

**Figura 2. Desplazamiento de ondas P a través de un medio sólido**



Fuente: Keary et al. 2002

**Figura 3. Propagación de ondas**



Fuente: Alsadi, H, N 2017

Las ondas S también llamadas ondas transversales o de cizalladura son las que solo pueden propagarse a través de un material sólido sometiendo al sub suelo a un esfuerzo de tensión sin generar cambios volumétricos en él.

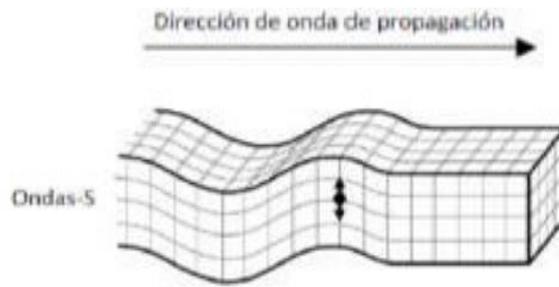
La resultante de las partículas en movimiento es oscilatoria en la dirección perpendicular (transversal) a la de la transmisión de la onda como se muestra en la figura. El medio está dado por. (URQUIZO QUIROZ , 2020, pág. 26) :

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

Donde  $\mu$  es el módulo de corte o de rigidez y  $\rho$  es la densidad del material.

Los líquidos, gases son materiales que no tienen resistencia al corte por ende las ondas S no se transmiten a través de ellas, a su vez su velocidad es del 58% de una onda P para cualquier material sólido. la relación de las celeridades de una onda P y la onda S viene dada por:

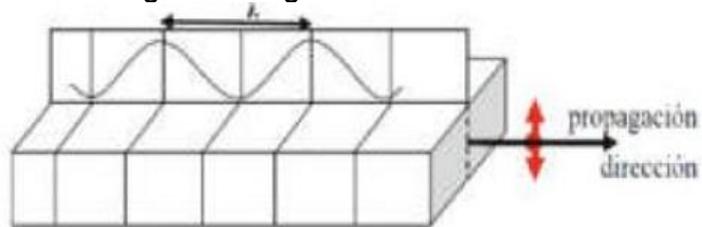
$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{2(1-\nu)}{1-2\nu}}$$



**Figura 4. Desplazamiento de ondas S a través de un medio**  
Fuente: Keary et. Al. 2002

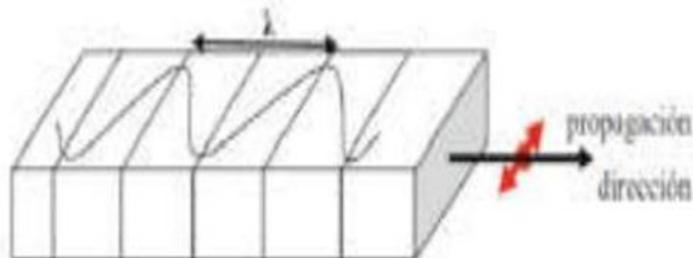
Por otra parte, cuando una onda S se propaga en un plano vertical se conoce como onda SV (Figura 6) cuando el plano de polarización es horizontal, es llamada onda SH (Figura 5).

**Figura 5. Programación de ondas SV**



Fuente: Alsadi H, N, 2017

**Figura 6. Programación de ondas SH**



Fuente: Alsadi H, N, 2017

### 2.2.3.2 Ondas Superficiales

Las ondas superficiales son las que se desplazan y emiten energía en las capas más externas de la tierra suelen

cambiar de forma debido al cambio de frecuencia y sus amplitudes son mucho más acentuadas y bajas frecuencias en comparación con las ondas de cuerpo.

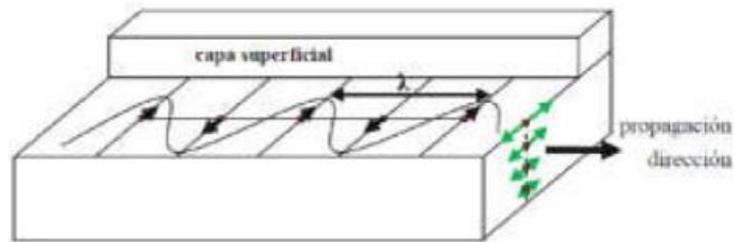
Estas ondas pueden moverse con una velocidad que es generalmente más lenta que las ondas corporales y se mueven en el mismo medio. (URQUIZO QUIROZ , 2020, pág. 27)

Las ondas superficiales son de dos tipos; ondas Raleigh y love.

### ***Ondas Love***

Se producen en un medio elástico generado por las ondas S, fue descubierto, por el geofísico inglés Augustus Edward Hough Love en 1911, Se desarrolla solo en los casos en que un medio semi – infinito elástico sólido está cubierto por una capa horizontal de baja velocidad, al igual que en el modo de vibración de onda SH, el movimiento es transversal y se limita al plano horizontal (Ver Figura 7), las ondas love viajan por múltiples reflexiones entre la parte superior y límite inferior de los planos de la capa superficial. La velocidad de propagación se acerca a la velocidad de las ondas S en el medio del sub suelo para longitudes de onda muy largas y al de la capa superficial para longitudes de ondas cortas. (URQUIZO QUIROZ , 2020, pág. 28)

**Figura 7. Programación de ondas Love**

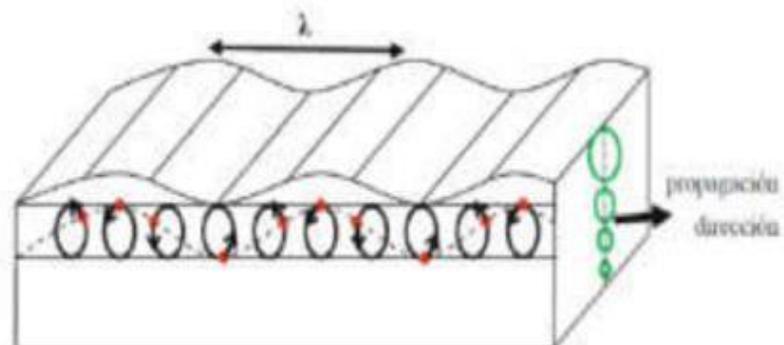


Fuente: Alsadi, H, N, 2017

### **Ondas Rayleigh**

Las ondas Rayleigh generan perturbaciones que se deben a la combinación de movimiento de partículas de las ondas p y ondas Sv, esta onda se propaga en la superficie libre entre dos medios diferentes, fueron descubiertas por el científico inglés, Rayleigh en 1885, Su amplitud de onda se descompone rápidamente al aumentar la profundidad, el viaje perturbación en este caso es una especie de mezcla de movimientos de partículas de P- y Ondas SV. El movimiento de partículas, que tiene una órbita elíptica retrógrada, tiene lugar en un plano vertical paralelo a la dirección de transmisión. (Ver Figura 8).

**Figura 8. Propagación de ondas Rayoeigh donde " $\lambda$ " es longitud de onda**



Fuente: Alsadi, H, N, 2017

Las ondas Rayleigh son ondas superficiales que caracterizan geotécnicamente al suelo, esta onda se desplaza por el área libre, o por el límite entre dos medios sólidos diferentes, son ondas sísmicas plano polarizadas, con movimiento de vibración de partículas elíptico y retrogrado que se puede entender como una combinación de vibraciones tipo P y S.

Las propiedades elásticas, densidad natural del suelo influyen en la velocidad de propagación de esta onda superficial. El cual se relaciona con las velocidades de propagación de las ondas P y S mediante la siguiente formula:

$$\left[2 - \left[\frac{V_r}{V_s}\right]^2\right]^2 - 4 \left[2 - \left[\frac{V_r}{V_p}\right]^2\right]^{\frac{1}{2}} \left[1 - \left[\frac{V_r}{V_s}\right]^2\right]^{\frac{1}{2}} = 0$$

Donde  $V_r$  es menor que  $V_s$ , y se relacionan únicamente por el coeficiente de Poisson.

$$v_r = \left[\frac{0.87 + 1.12\nu}{1 + \nu}\right] v_s$$

#### 2.2.4 La Velocidad de Las Ondas Sísmicas

La velocidad de las ondas sísmicas depende del tipo y características del suelo donde se propagan y de la profundidad a la que llegan. Las ondas internas se extienden en tres dimensiones y las ondas superficiales se extienden en dos dimensiones. se logra indicar teóricamente y se observa

experimentalmente que las velocidades de las ondas de cuerpo y de superficie están relacionadas como sigue:  $V_P > V_S > V_{Love} > V_{Rayleigh}$  .

generalmente para las amplitudes (A) de las ondas están en el orden inverso  $V_{Rayleigh} > V_{Love} > V_P > V_S$ , por qué estas amplitudes de las ondas superficiales se disminuyen con el incremento de la profundidad del foco, siendo la razón entre las amplitudes de las ondas superficiales y las amplitudes de las ondas de cuerpo el cual indica aproximadamente la profundidad del foco sísmico.

Las ondas superficiales están caracterizadas por la dispersión, o es decir por la velocidad de las ondas superficiales que dependen de su frecuencia y de su longitud de onda, la variación de la velocidad con la frecuencia o la longitud de onda se denomina dispersión. (URQUIZO QUIROZ , 2020, pág. 34)

## 2.2.5 Leyes y principios que rigen el movimiento de ondas

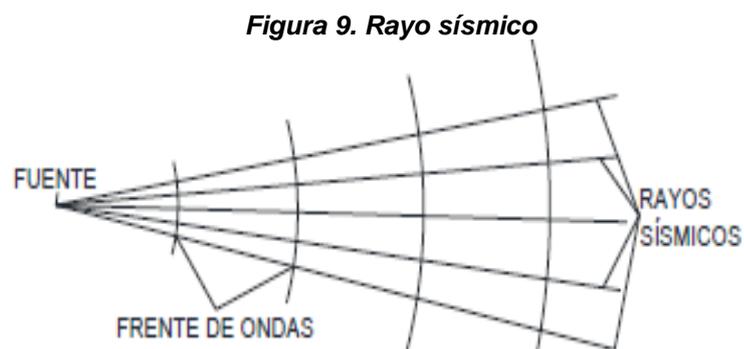
### 2.2.5.1 Frente de ondas

Es un lugar geométrico de los puntos alcanzados por una onda sísmica en un mismo instante, en un medio homogéneo, el frente de ondas es una esfera, pero al alcanzar un medio con diferencia de elasticidad, el frente de ondas se ira deformando en función de esos cambios. (VILLILLI VARGAS , 2018, pág. 25)

### 2.2.5.2 Rayo Sísmico

El rayo sísmico no tiene realidad física, es una abstracción de la realidad. Son las líneas normales a los frentes de ondas sucesivos, es decir, la trayectoria de las posiciones ocupadas por un punto dado del frente de ondas a lo largo de todo su recorrido, en un medio homogéneo los rayos sísmicos serán líneas rectas y en medios estratificados con velocidades diferenciadas, los rayos, que se aproximan a curvas de tiempo mínimo, pueden ser representados por varios tramos rectos en cada capa homogénea.

La propagación de los rayos sísmicos está gobernada por los principios de Huygens y Fermat. Además, los rayos siguen las leyes básicas de la óptica geométrica, de reflexión y refracción, cuando se encuentra con interfaces en suelo o roca. (Figura 9).

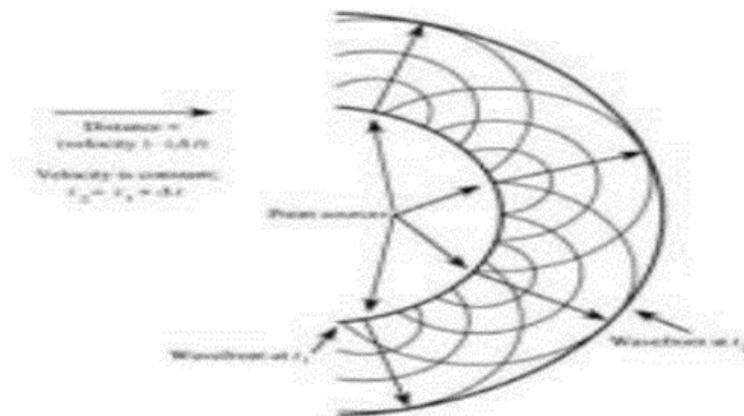


### 2.2.5.3 Principio de Huygens

Establece que cada parte en un frente de onda actúa como la fuente de una nueva onda que en un medio homogéneo genera un frente de onda esférico secundario, cuya

envolvente define la posición de una onda generada más tarde. el modelo de propagación de las ondas de Huygens requiere que los frentes de ondas secundarios estén activos solo en puntos donde la envoltura toca sus superficies. La energía de la onda se está extendiendo desde los puntos de fuente primario en todas las direcciones, pero sus interacciones mutuas hacen que la perturbación resultante cero en todas partes excepto en los puntos donde tocan el sobre común, (Ver Figura 10). (URQUIZO QUIROZ , 2020, pág. 37).

**Figura 10. Propagación de una fuente de onda de acuerdo con el principio de Huygens**

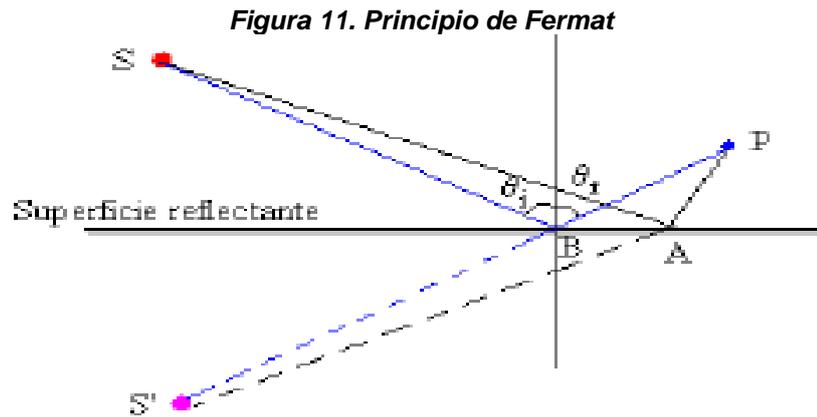


Fuente: <https://thepatersrealg.ga>

#### 2.2.5.4 Principio de Fermat

Establece que un rayo conduce el tiempo mínimo en su recorrido o un rayo de luz al viajar de un punto a otro, siempre lo hará por el camino que le tome menos tiempo. En una superficie homogénea los rayos sísmicos se comportan como líneas rectas, si los medios que atraviesan las ondas

sísmicas no son homogéneos como ocurre en medios estratificados tendrá velocidades diferentes consecuentemente el comportamiento de los rayos sísmicos no serán rectas si no curvas de tiempos mínimos (Figura 11) (VILLILLI VARGAS , 2018, pág. 26).



Fuente: Sheriff, 1990

#### 2.2.5.5 Ley de refracción o Ley de Snell

Un rayo incide sobre el área de separación (interfaz) entre un medio 1 y 2. Sin embargo, al reflejarse en el medio 1, se va a refractar hacia el medio 2, ver figura 12.

El ángulo de refracción  $i_2$  va a depender de las velocidades en los medios 1 y 2, y del ángulo de incidencia  $i_1$ . Con respecto a la relación de Snell:

$$\frac{\text{sen } i_1}{\text{sen } i_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

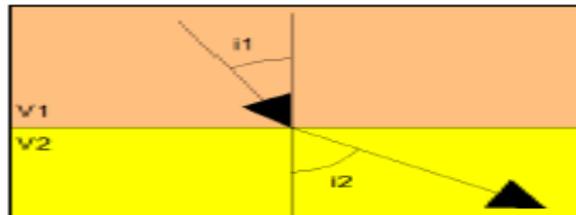
Donde  $V_1$  y  $V_2$  son las celeraciones correspondientes a los medios 1 y 2.

El ángulo de incidencia, conocido también como crítico ( $i_c$ ); el ángulo refractado,  $i_2$  se va a refractar a  $90^\circ$  de la normal,

de tal manera que el  $\text{sen} i_2 = \text{sen} 90 = 1$ ; así el ángulo crítico queda definido solamente por las velocidades de ondas en los estratos.

**Figura 12. Ley de refracción Snell**

$$\text{sen}(i_c) = \frac{C_1}{C_2}$$



Fuente: Naranjo Aguay. & Dranichnikov, T.2013

## 2.2.6 Métodos sísmicos aplicados a la ingeniería geotécnica

### 2.2.6.1 Método de refracción sísmica

Este ensayo va a consistir en medir los tiempos de viaje, donde las ondas compresionales (ondas P) serán generados por una fuente de energía impulsiva en algunos puntos localizados de diferente distancia, a lo largo de la línea denominado shot. La fuente de energía es generalmente producida por el impacto de una comba.

Para tener un mejor entendimiento en cuanto al cálculo del resultado, se necesita el conocimiento previo de las siguientes definiciones.

#### **Curvas tiempo distancia (Dromocronas)**

Son representaciones gráficas de los tiempos generados por las ondas, al momento de llegar a los receptores a partir de la generación de estas, los puntos de disparo se pueden

dar dentro o fuera del tendido sísmico según el objetivo que se pretenda.

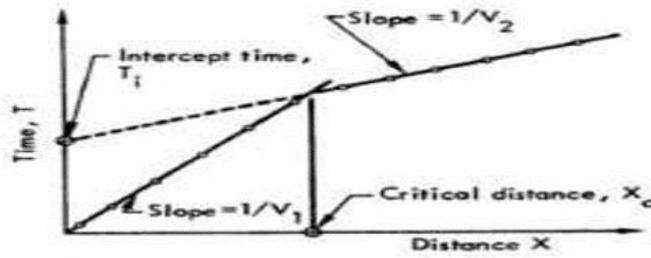
Una vez realizadas las curvas, se procede a la identificación de las secciones que pertenecen a un mismo refractor, por medio del trazo de líneas que son ajustadas a los puntos que pertenecen a cada curva t-x. Así, cada línea recta define las diferentes velocidades como resultado de los distintos estratos presentes en el subsuelo investigado. Los quiebres que se obtengan al dibujar las líneas rectas, se usarán para determinar las profundidades de cada estrato del sub suelo. Las curvas resultantes son importantes para el análisis de la refracción sísmica de las cuales obtendremos, las celeraciones de propagación de las ondas longitudinales ( $V_p$ ) para cada estrato de suelo, consecuentemente identificaremos las características geosísmicas del suelo como también, las propiedades dinámicas y el espesor de cada estrato.

### ***Método de tiempo intercepto***

Se hace uso de este método para modelos de un refractor horizontal o múltiples refractores horizontales.

A continuación, se muestra en la figura, Las velocidades de un modelo simple de dos estratos con la curva t-x; mediante el cual se calcula el tiempo de llegada, del impulso refractado en un detector, considerando la ruta de viaje ABCD (Ver Figura 13)

**Figura 13. Descripción simple de capas límite paralelos y la correspondiente curva tiempo - distancia**



Fuente: Bruce B. Redpath, 1973.

Donde  $Z_1$  es el espesor de la capa superior y  $\alpha$  es el ángulo crítico de incidencia.

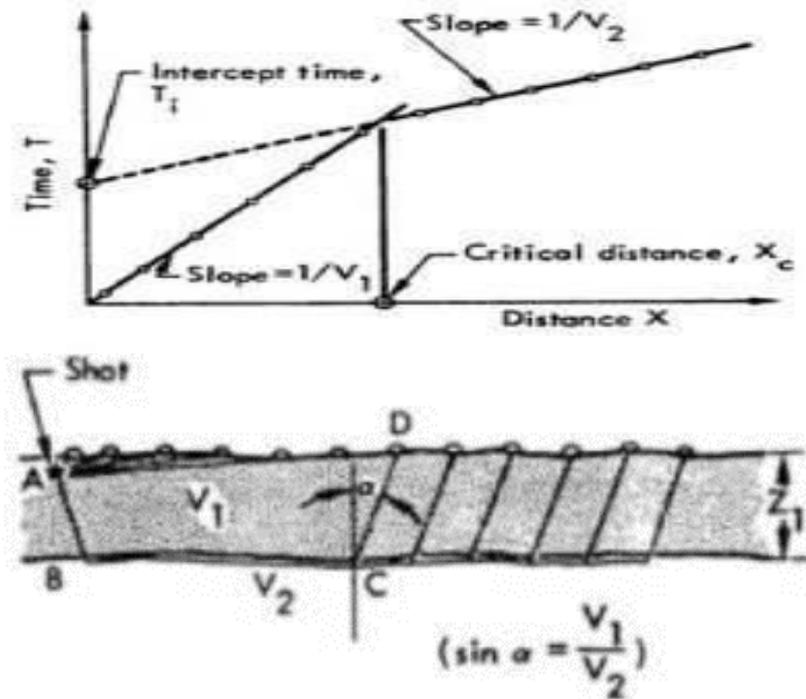
Usaremos este método para modelos de un refractor horizontal o múltiples refractores horizontales.

Se puede observar en la figura, la velocidad de un modelo simple de dos estratos, con la curva  $t-x$ ; mediante el cual, calcularemos el tiempo de llegada del impulso refractado en un detector. considerando la ruta de viaje ABCD (Ver Figura 14).

$$AB = CD = \frac{Z_1}{\cos \alpha}$$

$$BC = X - 2Z_1 \tan \alpha$$

**Figura 14. Descripción simple de dos capas , límites paralelos y la correspondiente curva de tiempo - distancia**



Fuente: Bruce B. Redpath, 1973.

Donde:  $Z_1$  será grosor de la capa superior y ( $\alpha$ ) es el ángulo crítico de incidencia entonces, el tiempo de viaje viene dado por:

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{AB + CD}{V_1} + \frac{BC}{V_2} \\
 &= \frac{2Z_1}{V_1 \cos \alpha} + \frac{X - 2Z_1 \tan \alpha}{V_2} \\
 &= 2Z_1 \left[ \frac{1}{V_1 \cos \alpha} - \frac{\sin \alpha}{V_2 \cos \alpha} \right] + \frac{X}{V_2} \\
 &= 2Z_1 \left[ \frac{V_1 - V_1 \sin \alpha}{V_1 \cos \alpha} - \frac{\sin \alpha}{V_2 \cos \alpha} \right] + \frac{X}{V_2} \\
 &= 2Z_1 \left[ \frac{V_2 - V_1 \sin \alpha}{V_1 V_2 \cos \alpha} \right] + \frac{X}{V_2}
 \end{aligned}$$

La ley de Snell define el ángulo crítico de incidencia, " $\alpha$ ", por:

$$\text{Sen } \alpha = \frac{V_1}{V_2} \quad (1)$$

Y reemplazando selectivamente la ecuación. (1) en la anterior obtenemos:

$$T = 2Z_1V_1 \left[ \frac{1}{\frac{\text{Sen } \alpha}{V_1V_2\text{Cos } \alpha}} - \text{Sen } \alpha \right] + \frac{X}{V_2}$$

$$T = 2Z_1V_1 \left[ \frac{1 - \text{Sen}^2 \alpha}{V_1V_2\text{Sen } \alpha \text{Cos } \alpha} \right] + \frac{X}{V_2}$$

$$T = \left[ \frac{2Z_1\text{Cos}^2 \alpha}{V_2\text{Sen } \alpha \text{Cos } \alpha} + \frac{X}{V_2} \right]$$

Y cambiando  $V_1$  por  $V_2\text{Sen } \alpha$

$$T = \frac{2Z_1\text{Cos } \alpha}{V_1} + \frac{X}{V_2}$$

Reemplazando el valor de  $X = 0$ , entonces  $T$  pasa a ser el tiempo de intercepción  $T_i$ , obtenemos una última expresión como:

$$Z_1 = \frac{T_1V_1}{2\text{Cos } \alpha}$$

Por trigonometría:  $\text{Cos } \alpha = \sqrt{1 - \text{Sen}^2 \alpha}$ ;  $\text{Sen } \alpha = \frac{V_1}{V_2}$ ;  $\text{Cos } \alpha =$

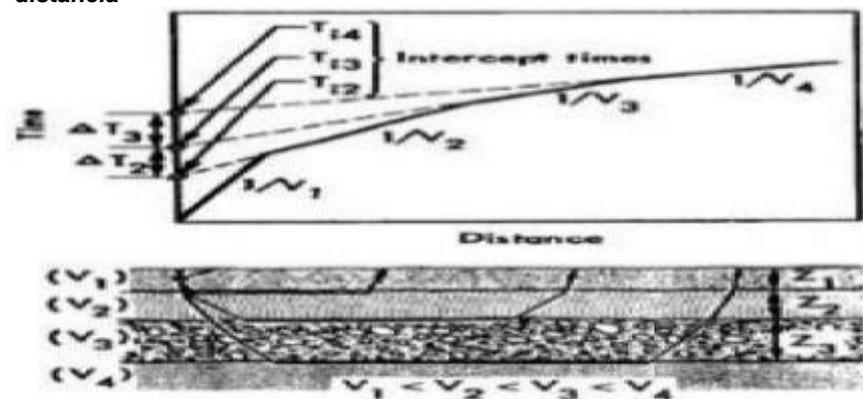
$$\sqrt{1 - \left[ \frac{V_1}{V_2} \right]^2}$$

$$Z_1 = \frac{T_1V_1}{2 \left[ \frac{\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}{V_2} \right]}$$

$$Z_1 = \frac{T_1V_1V_2}{2\sqrt{V_2^2 - V_1^2}}$$

El análisis de tiempo de intersección puede ser alargado en los casos de capas múltiples, no obstante, solo las fórmulas resultantes se darán aquí porque sus derivaciones son redundantes y se pueden encontrar en varias referencias. Esquemáticamente ilustra el caso de múltiples capas (Ver Figura 15).

Figura 15. Esquema de caso de múltiples capas y curvas de tiempo – distancia



Fuente: Bruce B. Redpath, 1973.

De acuerdo con el gráfico de tiempo – distancia, indican que los tiempos de intersección y los espesores de cada capa son identificados por un sub índice haciendo ver la siguiente relación matemática.

$$Z_1 = \frac{T_1 V_1}{2 \cos \alpha}$$

$$Z_1 = \frac{T_{i2} V_1}{2 \cos(\text{Sen}^{-1} \frac{V_1}{V_2})}$$

$$Z_2 = \frac{\left[ T_{i3} - T_{i2} \left[ \frac{\cos(\text{Sen}^{-1} \frac{V_1}{V_3})}{\cos(\text{Sen}^{-1} \frac{V_1}{V_2})} \right] \right] V_2}{2 \cos(\text{Sen}^{-1} \frac{V_1}{V_3})}$$

$$Z_3 = \frac{\left[ T_{i4} - T_{i2} \left[ \frac{\cos(\text{Sen}^{-1} \frac{V_1}{V_4})}{\cos(\text{Sen}^{-1} \frac{V_1}{V_2})} - \frac{2Z_2 \cos(\text{Sen}^{-1} \frac{V_2}{V_4})}{V_2} \right] \right] V_3}{2 \cos(\text{Sen}^{-1} \frac{V_3}{V_4})}$$

No obstante, si las diferencias de velocidad entre capas son lo suficientemente grandes; y solo se requieren profundidades mínimas, podremos usar las siguientes expresiones matemáticas:

$$Z_2 = \frac{(\Delta T_2) V_2}{2 \cos(\text{Sen}^{-1} \frac{V_2}{V_3})} \quad (2)$$

$$Z_3 = \frac{(\Delta T_3) V_3}{2 \cos(\text{Sen}^{-1} \frac{V_3}{V_4})} \quad (3)$$

Donde  $\Delta T_2$  y  $\Delta T_3$  ; son indicados en la Figura 17. Con las ecuaciones (2) y (3) obtendremos espesores mayores a los reales, investigadores sugieren que los espesores se determinen de ambas maneras para conocer, si el error es significativo en una situación singular.

Cuando el sub suelo tiene el caso de capas múltiples, siempre horizontales, el resultado de la ecuación de tiempo de viaje se

dificulta más, no obstante, concluimos que tiene una forma similar a la de dos o tres capas.

$$t_n = \frac{2}{V_n} \sum_{i=1}^{n-1} \left( \frac{h_i}{V_i} \right) \sqrt{(V_n^2 - V_i^2)} + \frac{x}{V_n}$$

Nuevamente la primera derivada de "t" respecto de "x" da la pendiente de la curva: dt/dx=1/Vn.

Desde los registros de campo se requiere de un proceso matemático conocido como regresión lineal para la construcción de la dromocrona, como los puntos tomados en campo no están alineados, se debe encontrar la recta que mejor se ajusta a ellos, esto ocurre porque el suelo donde se inserta cada geófono generalmente no es el mismo, ni tampoco el anclaje, ni la fijación.

### ***Método de distancias crítica***

Usamos este método para establecer la profundidad de capas horizontales, sin embargo, solo muestra una mínima descripción, ya que es análogo al tiempo de intersección y no ofrece ventajas lo convenientemente primordiales como para demostrar más detalles.

Su principal estudio es calcular la profundidad de la primera capa y evaluar la longitud de la línea sísmica requerida para una tarea de investigación en particular.

Se precisa que la distancia crítica es la distancia desde el punto de disparo hasta el punto en el que la energía refractada llega al mismo tiempo que la energía que viaja

directamente a través de la capa superior, en la figura 16 se observa la distancia crítica, representa al punto de ruptura en el gráfico de tiempos de llegada.

La profundidad de la primera capa viene definida si iniciamos de la siguiente ecuación:

$$T = \frac{X}{V_2} + \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^2}}{V_1 V_2}$$

Se entiende que esta expresión matemática es la ecuación de una línea recta, pero, con pendiente  $1/v_1$  y cuya ordenada en el origen se interpreta como tiempo de intercepción ( $t_i$ ). Si igualamos con la ecuación de onda directa:

$$T = \frac{X}{V_1}$$

De la ecuación anterior logramos:

$$\frac{X_c}{V_1} = \frac{X_c}{V_1} + \frac{\sqrt{V_2^2 + V_1^2}}{V_1 V_2}$$

finalmente obtenemos:

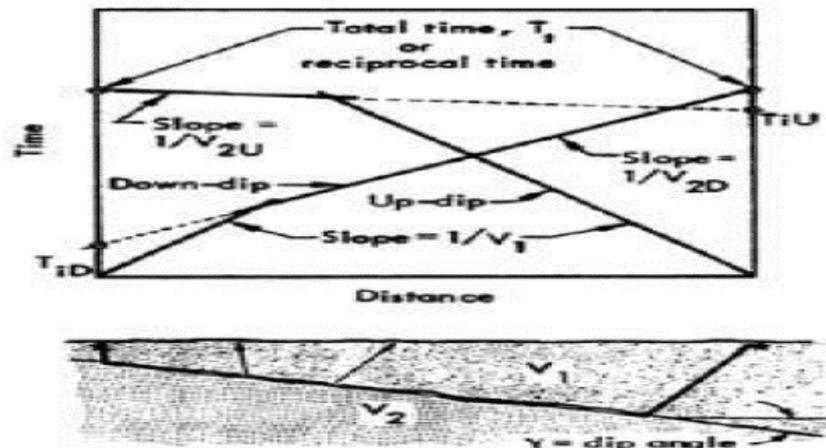
$$Z = \frac{X_c}{2} + \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

### **Capas buzantes**

Considerando la existencia de un interfaz de inmersión, las velocidades aparentes y su uso en los cálculos de profundidad, suponiendo que en los límites de interfaces se produciría una inmersión las gráficas de tiempo -distancia no

Arrojarían resultados verdaderos en a cuanto, a profundidad de cada estrato de suelo, en la figura 16 observamos el límite de inmersión y su efecto en las gráficas tiempo de viaje.

Figura 16. Ejemplo de interfaz de inmersión y conceptos de disparo



Fuente: Bruce B. Redpath, 1973.

Disparar ambos extremos de la línea sísmica para que los tiempos de llegada a cada detector se mida desde ambas direcciones, es el significado de viaje inmerso.

Es indudable que al observar la figura 16, la velocidad aparente de la capa refractiva, según se determina a partir de la gráfica tiempo – distancia, depende si el disparo se hace en el extremo superior o inferior de la línea sísmica, porque la profundidad se determina en base a un solo disparo y será válida en un punto a lo largo de la línea, a menos que se conozca el ángulo de inmersión, se requiere un viaje inverso para determinar el verdadero valor de la  $V_2$ , si la velocidad supuesta del refractor observado en el tiro de buceo hacia abajo es  $V_{2D}$ , entonces de acuerdo a la ley de Snell.

$$V_{2D} = \frac{V_1}{\text{Sen}(\alpha + \gamma)}$$

Dónde:  $\gamma$  es el ángulo de inmersión de la interfaz en la relación con la superficie y  $\alpha$  es el ángulo de incidencia crítico. de manera similar, la velocidad aparente,  $V_{2U}$ , observada para el disparo en la dirección de actualización se da por:

$$V_{2D} = \frac{V_1}{\text{Sen}(\alpha - \gamma)}$$

Reorganizando las dos ecuaciones anteriores obtenemos:

$$\alpha + \gamma = \text{sen}^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2D}}\right)$$

$$\alpha - \gamma = \text{sen}^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2U}}\right)$$

De ellas obtenemos el ángulo de inmersión

$$\gamma = \frac{1}{2} \left[ \text{Sen}^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2D}}\right) - \text{Sen}^{-1}\left(\frac{V_1}{V_{2U}}\right) \right]$$

El verdadero valor de  $V_2$  no es el promedio aritmético de  $V_{2U}$  y  $V_{2D}$ , sino que es la media armónica multiplicada por el coseno del ángulo de inmersión:

$$V_2 = \frac{2V_{2U}V_{2D}}{V_{2U} + V_{2D}} \text{Cos}\gamma$$

### **Fuente de energía**

De acuerdo con la cantidad de energía aplicada (señal y frecuencia) en el método de refracción sísmica lograremos la calidad de datos procesados de acuerdo con el objetivo planteado para su respectiva interpretación.

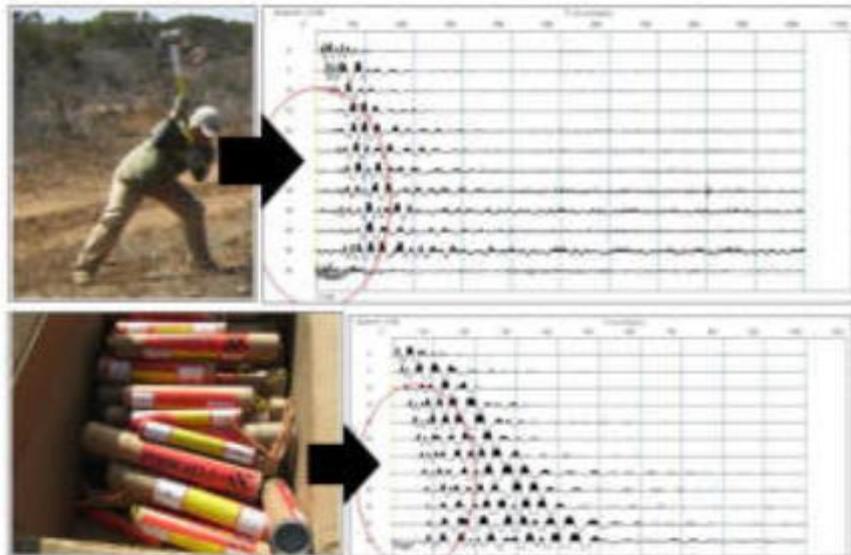
Siendo estas fuentes de energía las siguientes:

**La Caída de Pesos:** es la que se usa con más frecuencia en investigaciones del subsuelo a poca profundidad, hasta los 50 metros. Se origina con una comba 20 a 25 lb, con el cual golpearemos una placa metálica afirmada al suelo para mayor seguridad de la transmisión de energía.

**Masas Suspendidas (500kg):** estas se usan para estudios de mayor profundidad de 100 a 200 metros, estas dejan caer pesadamente al suelo para generar perturbación.

**Los Explosivos:** se requieren para estudios de mayor profundidad, por ello se harán uso de dinamita o anfo que permitan mayor transferencia de energía sin ocasionar pérdida de esta en la superficie.

**Figura 17. ARRIBA (Se muestra a la izquierda , fuente de energía , caída de peso y a la derecha el registro sísmico), ABAJO ( Se muestra a la izquierda , cartucho de 600 gr de Pyroblast como fuente de energía y a la derecha el registro sísmico )**



Fuente: <http://www.geofisicaexploraciones.com>

## **Sismograma**

Son registros sísmicos, que gráficamente se muestran como un conjunto de trazas.

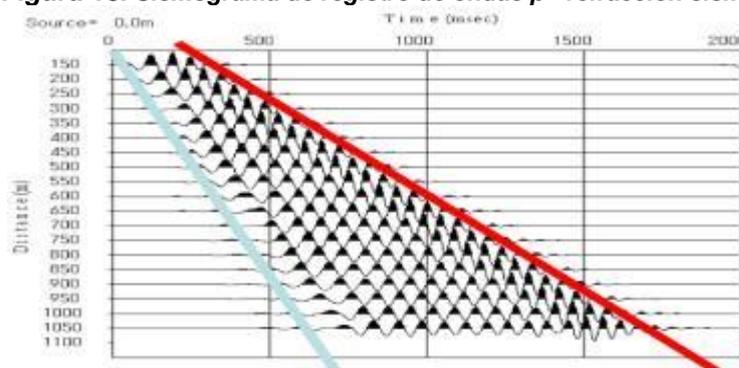
Las trazas son importantes para determinar el tiempo de un conjunto de líneas normales en los bordes del sismograma.

De acuerdo con los puntos de recepción de originan las trazas, estas al ser agitadas ligeramente antes de la fuerza de impacto, indican la llegada de las ondas directas y se refractan por una perturbación importante; siendo el viento este ente perturbador que azota directamente a los geófonos mediante la vegetación; siendo este la causa por la cual se entierran los geófonos, lo que admite una mejora en el acoplamiento con el terreno.

El uso de mayor numero de geófonos tiene por finalidad reforzar las llegadas en fase de las ondas sísmicas.

(Ver Figura 18).

**Figura 18. Sismograma de registro de ondas p - refraccion sísmica**



Fuente: elaboración Propia

### ***Ventajas del ensayo de refracción sísmica***

- Este método de refracción sísmica es importante como parte de un estudio geotécnico, mediante su aplicación conoceremos las propiedades geotécnicas del subsuelo a partir de la variación de velocidades de las ondas "P" alcanzando profundidades de estudio mayores a diferencia de algunos ensayos en ingeniería civil.
- Su empleo determina los parámetros dinámicos con el refuerzo del método de MASW.
- El uso de los instrumentos en campo es relativamente sencillo.
- Se realizan en terrenos con mayores pendientes.
- No necesitan de apertura de vías de acceso y de acondicionamiento del terreno para operar maquinaria. Solo es necesario abrir un pico (trocha) para el cable de detectores y observar si la vegetación es espesa.

### ***Limitaciones del ensayo de la refracción sísmica***

- Mala interpretación de dromocronas al momento de la interpretación.
- El ruido en la adquisición de datos.
- La fuente de energía tiene que ser suficientemente efectivo según el objetivo requerido, ya que una fuente que genera ondas débiles tiene dificultades en que las ondas se refracten y se registren notoriamente.

- El clima porque, de acuerdo con él, se tomará en cuenta el buen o mal registro de ondas P.
- La errónea disposición de geófono u accesorios en el tendido de línea sísmica puede producir un error en la toma de datos.
- Inversión de velocidad de ondas sísmicas que producirá cálculos erróneos en las profundidades de los estratos de suelo subyacente.
- Disminución de velocidades sísmicas con el aumento de profundidad del suelo, en alguna zona de la estratigrafía hay una transición descendente a una velocidad relativamente más baja. Esto tiene el efecto de refractar el rayo sísmico hacia abajo, hacia la vertical.
- Las refracciones de una capa de tan baja velocidad no se detectan en la superficie, de acuerdo con ello, la existencia de esta capa no se puede definir a partir de la curva tiempo-distancia, el rayo no regresará a la superficie hasta que encuentre una capa con una velocidad más alta que cualquier capa encontrada anteriormente en su recorrido hacia abajo.

#### 2.2.6.2 Análisis multicanal de ondas superficiales

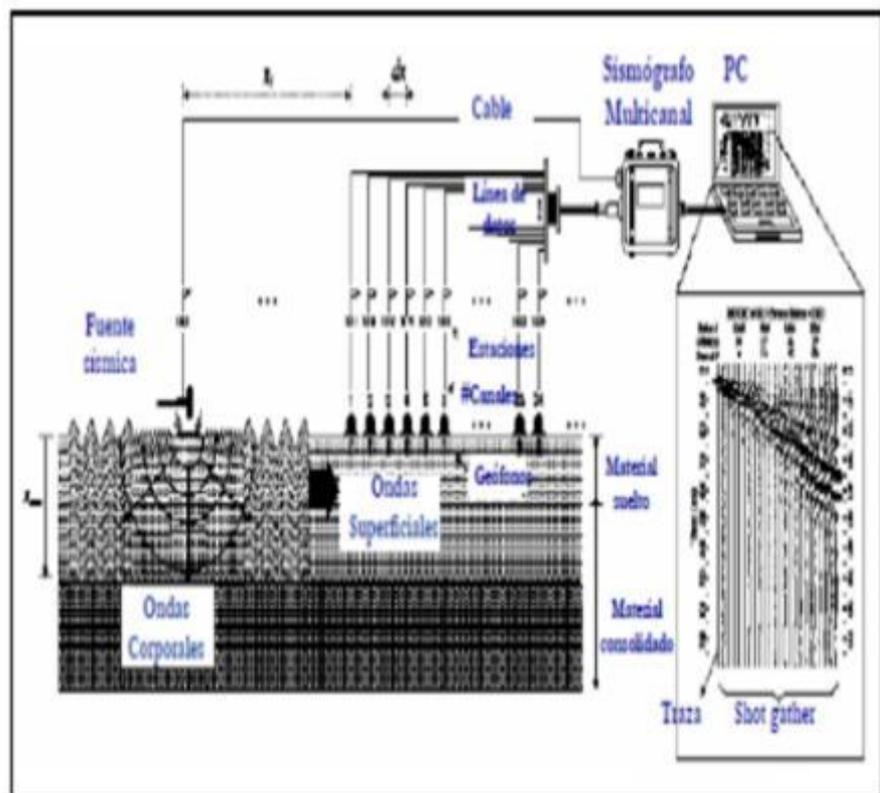
El método de Masw, nos establece la velocidad de las ondas de corte para conseguir el perfil unidimensional del suelo.

Con el análisis de dispersión de las ondas sísmicas superficiales (onda Raleigh) se busca obtener la velocidad de fase las distintas frecuencias, pasando por un proceso de

inversión no lineal, de acuerdo con ello, se determina un perfil unidimensional de velocidades de ondas de corte de acuerdo con la profundidad. (ver figura 19)

Con la medición de la velocidad de la onda de corte analizaremos las variaciones en la rigidez del subsuelo (Park et al .2003), podríamos estudiar pequeños parámetros de tensión en los materiales del sub suelo evaluando el cambio en el estrés (URQUIZO QUIROZ , 2020, pág. 57).

**Figura 19. Esquema de configuración en campo del método Masw**



Fuente: Park et al. 2004

Para tener un mejor entendimiento a cuanto resultado se hace las siguientes definiciones.

### ***Velocidad de fase***

Se define como la rapidez de un punto de una fase de ondulica que viaja constantemente en direcci3n normal a la superficie de la onda en un medio homog3neo, no obstante, en un medio anisotr3pico, la velocidad de fase est3 sujeta a la dispersi3n angular, es decir, la rapidez var3a con el  $\theta$ , y en un medio atenuante, la velocidad de fase est3 sujeta a la dispersi3n de la frecuencia, es decir, la rapidez var3a con la frecuencia (Winterstein, 1990). La velocidad de cada frecuencia se denomina velocidad de fase.

### ***C3lculo de la velocidad de fase:***

Calculando las correlaciones cruzadas de dos trazas registradas en diferentes posiciones (Guo y Liu, 1999). No obstante, este modo de c3lculo tiene serias limitaciones, al tratarse del espaciado del receptor, por ello, debe realizarse con mucha prudencia para evitar el ajuste de fase. McMechan y Yedlin (1981), plantearon el m3todo que calcula la celeridad de fase realizando un disparo com3n multicanal que junta todos los datos del dominio del tiempo de transformaci3n (tiempo frente a distancia) al dominio de la frecuencia (celeridad de fase frente a la frecuencia), utilizando un  $\tau$ - $p$ , la transformada  $p$  y la transformada de Fourier.

Considerando este m3todo m3s efectivo que la correlaci3n cruzada, ya que nos permite calcular el directorio de velocidad de fase con los datos de forma de onda multicanal (m3s de

tres trazas) y alejar el modo fundamental de la curva de velocidad de fase de modos superiores y Ondas del cuerpo visualmente (Park et al. 1999), también plantearon una innovación de forma de onda, denominada Análisis de ondas de superficie multicanal (MASW, por sus siglas en inglés), que va a calcular la velocidad de fase directamente desde una recolección de disparo común multicanal similar al método de McMechan. McMechan y Yedlin (1981), de acuerdo con ello, calculara la velocidad aparente ( $p$ ) en primer lugar y la transforman en el dominio de la frecuencia secundaria, sin embargo, Park et. (1999) propone lo siguiente para el cálculo de velocidad de fase, las trazas seleccionadas en los conjuntos de disparos observables, se transmuta en el dominio de la frecuencia con la transformación rápida de Fourier (FFT)

$$F(x, w) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x, t) e^{-iwt} dt$$

Donde,  $x$  es la distancia,  $t$  es el tiempo,  $w$  es la frecuencia,  $f(x, t)$  es una recopilación de disparos en el dominio de tiempo y  $F(x, w)$  es la recopilación de disparos en el dominio de la frecuencia.

El disparo se junta en el dominio de la frecuencia integrado sobre el espaciado con respecto a las celeridades aparentes ( $c$ : celeridad de fase).

$$F(c, w) = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{F(x, w)}{|F(x, w)|} e^{-i\frac{w}{c}x} dx$$

La función se reduda a través de todas las velocidades aparentes a calcular. El valor absoluto se determina y se representa en la velocidad de fase ( $c$ ) en función del dominio de la frecuencia.

$$p(c, w) = |F(c, w)|$$

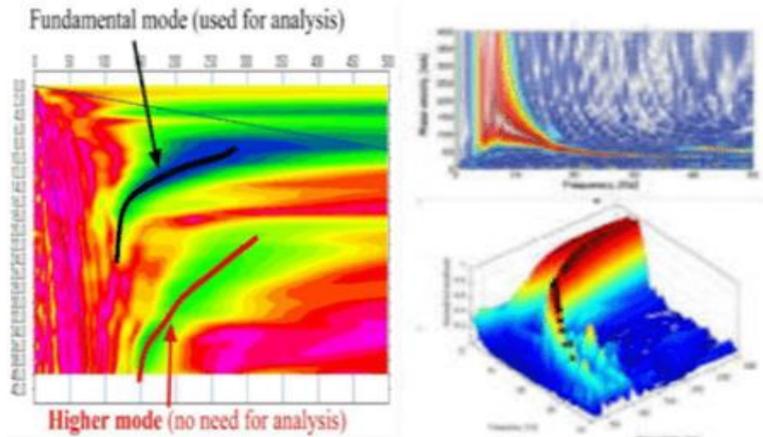
Finalmente, las velocidades de fase se determinan como la mayor amplitud en cada frecuencia.

### ***La curva de dispersión***

Son el conjunto de curvas que representan la propagación de los modos de onda que se encuentran en una geometría específica (Becker et.al,2017).

Mediante las curvas de dispersión cada tipo de estructura laminar en particular tiene un conjunto asociado de curvas de dispersión, podemos mencionar también son una herramienta para entender la propagación de la onda en la geometría estudiada. Las curvas se asemejan a un mapa que tiene todas las formas de onda posibles que se propagan en una onda guiada en específica para cada combinación de frecuencia y número de onda (ver Figura 20).

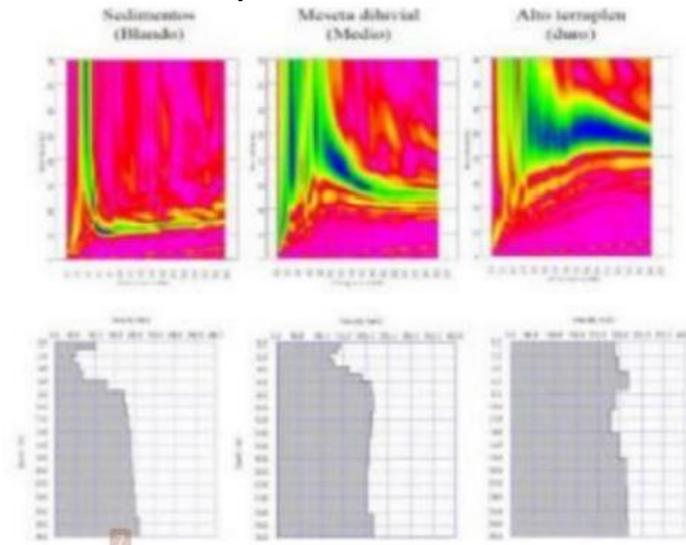
**Figura 20. IZQUIERDA. Registro de forma de onda, incluyendo modo alto (Kolchi Hayashi, 2003). DERECHA. Ilustración de cómo se observaría en un modelo 3D (Asta Olafsdottir, 2014)**



Fuente: Kolchi Hayashi, 2013 y Asta Olafsdottir, 2014

El origen de la curva de dispersión es uno de los pasos más dificultosos para llegar a formar finalmente un perfil exacto de velocidad de onda de corte. Las curvas de dispersión generalmente tienden a manifestar como velocidad de fase en función de la frecuencia, sin embargo, podrían presentarse en diferentes dominios como longitud de onda en función de la frecuencia y velocidad de grupo.

**Figura 21. Comparación de curvas de dispersión y su respectivo modelo unidimensional para materiales con distintas características**



Fuente: Kolchi Hayashi, 2013

### **Realización de la curva de dispersión**

La curva de dispersión obtenida de manera confiable es el paso más importante del análisis y ejecución del método MASW.

El método de Masw, asume que los registros están formados en su mayoría por el modo fundamental de ondas superficiales e ignora los modos superiores, entonces para el proceso de construcción de la curva de dispersión se considera en primer lugar el sismograma cuyo dominio corresponde al desplazamiento – tiempo (x, t), donde x es el desplazamiento medido por los receptores en “m” y “t” el tiempo de medición en milisegundos. El sismograma se representa por la siguiente función f (x, t), a la cual se aplica la siguiente transformada de Fourier.

$$F(x, \omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x, t) e^{-i\omega t} dt$$

Cambiando la función f (x, t) cuyo dominio es el desplazamiento – tiempo a una función F (x, w) con dominio del desplazamiento – frecuencia. F (x, w) puede ser expresada como:

$$F(x, w) = P(x, w)A(x, w)$$

Donde A (x, w) corresponde a espectro de amplitudes y P (x, w) corresponde al espectro de fase.

El espectro de fase P (x, w) conserva sus propiedades dispersivas de las ondas generadas y el espectro de amplitud conserva las propiedades de atenuación de las

ondas. De esta manera se puede expresar  $F(x, w)$  también como:

$$F(x, w) = e^{-i\varphi x} A(x, w)$$

Donde  $\varphi = w/cw$ ,  $w$  = frecuencia en radianes y  $cw$  = velocidad de fase en función de la frecuencia.

Luego la gráfica de dispersión se genera apilando en función de los cambios de fase a través de la siguiente transformada:

$$F(x, w) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(x, w) t e^{-i w \frac{x}{c}} dx$$

Luego la función  $F(c, w)$  tendrá máximos a lo largo del dominio de  $cw$ , lo cual permitirá graficar la curva de dispersión.

### ***Modelo inicial***

Se construye mediante una transformación de profundidad simple de la siguiente manera (Ver Figura 22). primeramente, calculamos la longitud de onda a de la frecuencia y la velocidad de fase (Ver Figura 22 (a)), después, la profundidad la definimos como 1/3 de la longitud de onda y la representamos en el gráfico de velocidad-profundidad con su velocidad de fase (Ver Figura 22(b)).

Se sabe que la velocidad de fase de la onda Rayleigh refleja aproximadamente la velocidad de onda S media, hasta la profundidad de 1/2 a 1/4 de longitud de ondas conociendo

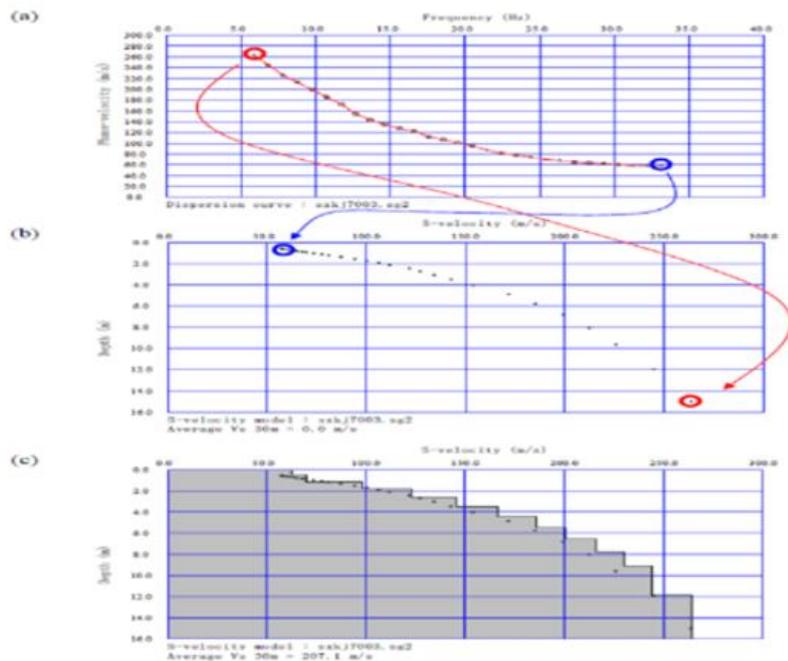
este procedimiento la denominamos como “transformación de longitud de onda”; en términos de profundidad aparente (DA) y velocidad de onda de Rayleigh (VR).

$$DA = a * \lambda = a * \frac{c}{f} \quad (\text{“a” va desde } \frac{1}{2} \text{ a } \frac{1}{4})$$

$$VR = c = b * Vs \quad (\text{“b” va desde } 0.9 \text{ a } 0.95)$$

Donde, c es la celeridad de la fase y f es la frecuencia, y  $\lambda$  es la longitud de onda. b se define en función de la relación entre la velocidad de la onda S y la celeridad de fase de las ondas Rayleigh en medio espacio homogéneo. Un modelo de velocidad de onda S se define en base a esta aparente profundidad (DA) y velocidad de fase (c) o velocidad de onda de Rayleigh (VR) (Ver Figura 22).

**Figura 22. Modelo inicial basado en 1/3 transformación de longitud de onda.**



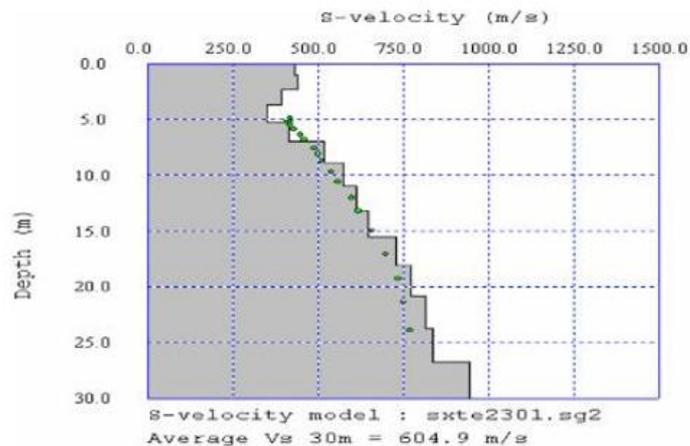
Fuente: Koichi Hayashi, 2003

### ***Inversión de datos***

Se basa en la teoría de la propagación de ondas, admitiendo un modelo terrestre en capas (Xia et al., 1999). Por lo tanto, el problema de inversión de datos utiliza los resultados de las mediciones para estimar los valores de los parámetros que caracterizan el sistema en estudio.

concretamente, el problema inverso al que se enfrentan el método MASW consiste en estimar el conjunto de parámetros que describen el depósito de suelo, en base a una curva de dispersión experimental. Los problemas de inversión basados en la teoría de la propagación de ondas no se pueden resolver de manera directa debido a su no linealidad. Por ello, usaremos métodos iterativos que determine una curva de dispersión teórica para un modelo de capa dada que se comparara con la curva de dispersión experimental obtenida anteriormente (Ryden et al., 2006).

***Figura 23. Modelo final o perfil unidimensional de ondas de corte - Masw***



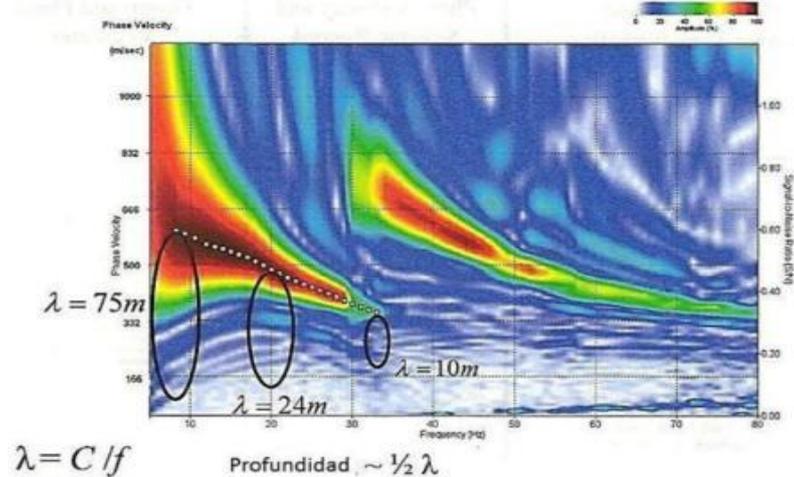
*Fuente: Koichi Hayashi, 2003*

### ***Profundidad de investigación***

Choon B. Park y Mario Carnevale, 2010, mencionan que la profundidad de investigación ( $Z_{max}$ ), de manera empírica, es  $L/2$  y el análisis de las velocidades  $m$  de fase puede lograrse solo para longitudes de ondas de hasta una longitud extendida de manera más exacta ( $\lambda \leq L$ ).

un desplazamiento mayor de la fuente (por ejemplo,  $X_1 \geq L$ ) optimiza la energía para ondas de superficie de longitud de onda más larga y aumenta  $\lambda_{max}$  con una extensión del receptor. De otro modo, un mínimo desplazamiento de la fuente (por ejemplo,  $X_1 \leq L$ ) puede reducir  $\lambda_{max}$ , y también dar lugar a velocidades de fase subestimadas. No obstante, el grado de subestimación, parece altamente dependiente del sitio y alguna vez insignificante. No se recomienda longitudes de arreglos muy extensas, ya que las fuentes sísmicas más comunes que generan a las ondas superficiales, se atenúan por debajo del nivel de ruido al final de un arreglo extensamente largo, haciendo que la señal registrada por los receptores más lejanos sea muy ruidosa impidiendo su utilización en el análisis (Park, 1999).

**Figura 24. Máxima profundidad de investigación - Masw**

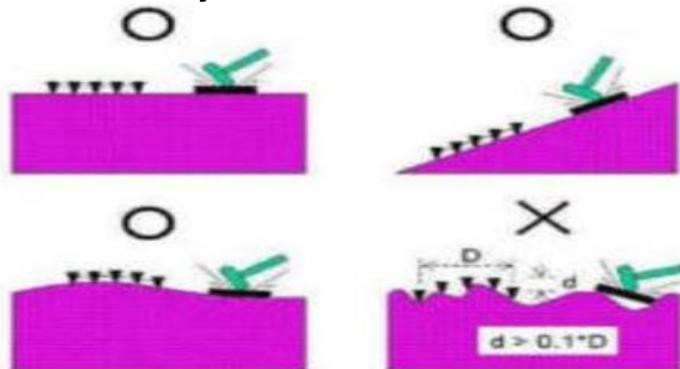


Fuente: Park, 1999

### **Fuente de energía**

Utilizamos como fuente de energía el martillo metálico (20lb) ya que es una buena elección para la generación de ondas sísmicas, sin embargo, existen métodos más sofisticados que producen mayor fuerza de impacto en el interior del subsuelo, pudiendo obtener mayor ventaja sobre un martillo porque es potencial para generar bajas (más largas) frecuencias (longitud de ondas) de las ondas superficiales. En la figura 25 observamos las diferentes condiciones para la generación de ondas sísmicas.

**Figura 25. Condiciones favorables y desfavorables del terreno en la realización de los ensayos Masw**



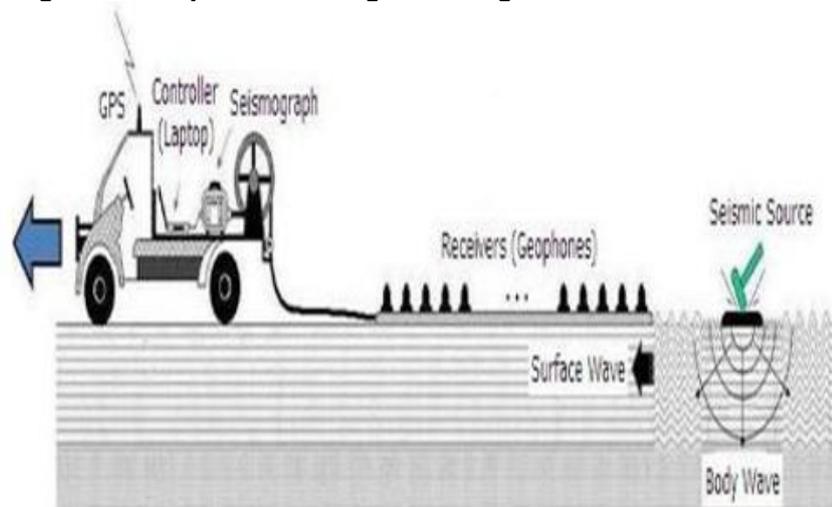
Fuente: <http://www.masw.com/Dataacquisition.html>

El número óptimo de impactos para los Stacks puede ser determinado dependiendo del ruido presente en la zona de estudio al momento de la grabación de la data. Por lo general son usados de 3 a 5 golpes. Este número debería incrementarse en ambientes donde los niveles de ruido son mayores y donde la longitud del arreglo es mayor.

### ***Receptores***

Son geófonos colocados de manera vertical, los de baja frecuencia (4.5 Hz) son los más recomendados. La tabla 2, indica el tipo de receptor óptimo para diferentes profundidades de investigación.

***Figura 26. Esquema de arreglo de los geófonos sobre el suelo***



Fuente: <http://www.maws.com/Dataacquisition.html>

Tabla 2. Parámetros para la obtención de data para ensayo masw

Depth (Z_max) <sup>1</sup> (m)	Source S <sup>2</sup> (lb)	Receiver R <sup>3</sup> (Hz)	Receiver Spread (Rs) (m)				SR MOVE <sup>6</sup> (dx)			Recording <sup>8</sup>				
			Length <sup>4</sup>	Source Offset <sup>5</sup> x <sub>1</sub>	Receiver Spacing (dx)		Lateral Resolution <sup>7</sup>			dt <sup>9</sup> (ms)	T <sup>10</sup> (sec)	Vertical Stack <sup>11</sup>		
					24 - ch <sup>*</sup>	48 - ch	High	Mediu m	Low			C	N	VN
≤ 10	≤ 1	4.5-100	1-3	0.2-3	0.05 - 1	0.02-0.05	1-2	2-4	4-12	0.5 - 1.0	0.5-1	1-3	3-5	5-10
	1**	(40)	(2.0)	(0.4)	(0.1)	(0.05)	(1)	(2)	(4)	(0.5)	(0.5)	(3)	(5)	(10)
1-5	1-5	4.5 - 40	1-15	0.2- 15	0.05 -0.6	0.02-0.3	1-2	2-4	4-12	0.5-1.0	0.5-1.0	1-3	3-5	5-10
	(5)	(10)	(10)	(2)	(0.5)	(0.25)	(1)	(2)	(4)	(0.5)	(0.5)	(3)	(5)	(10)
5-10	5-10	≤ 10	5-30	1-30	0.2-1.2	0.1-0.6	1-2	2-4	4-12	0.5-1.0	0.5-1.0	1-3	3-5	5-10
	(10)	(4.5)	(20)	(4)	(1.0)	(0.5)	(1)	(2)	(4)	(0.5)	(1.0)	(3)	(5)	(10)
10-20	≥ 10	≤ 10	10-60	2-60	0.4-2.5	0.2-1.2	1-2	2-4	4-12	0.5-1.0	1.0-2.0	1-3	3-5	5-10
	(20)	(4.5)	(30)	(10)	(1.5)	(1.0)	(1)	(2)	(4)	(0.5)	(1.0)	(3)	(5)	(10)
20-30	≥ 10	≤ 4.5	20-90	4-90	0.8-3.8	0.4-1.9	1-2	2-4	4-12	0.5-1.0	1.0-2.0	1-3	3-5	5-10
	(20)	(4.5)	(50)	(10)	(2.0)	(1.5)	(1)	(2)	(4)	(1.0)	(1.0)	(3)	(5)	(10)
30-50	≥ 10(20)	≤ 4.5	30-150	6-150	1.2 - 6.0	0.6-3.0	1-2	2-4	4-12	0.5-1.0	1.0-3.0	1-3	3-5	5-10
	Or passive	(4.5)	(70)	(15)	(3.0)	(2.0)	(1)	(2)	(4)	(1.0)	(1.0)	(3)	(5)	(10)
>50	≥ 10(20)	≤ 4.5	>50	>10	>2.0	>1.0	1-2	2-4	4-12	0.5-1.0	≥ 1.0	1-3	3-5	5-10
	Or passive	(4.5)	(150)	(30)	(6.0)	(4.0)	(1)	(2)	(4)	(1.0)	(2.0)	(3)	(5)	(10)

Fuente: <http://www.masw.com/ACQParaTables.html>

Donde 1=profundidad máxima de investigación, 2=peso de la fuente de energía, 3=frecuencia natural del geófono, 4=Longitud total aproximada de la propagación de onda (entre 1m y 3m), 5=distancia entre el trigger y el geófono más cercano, 6= distancia entre la fuente de energía (S) y el receptor (R) después de la adquisición de datos en un determinado punto, 7=resolución lateral deseada 8=parámetros de grabación de datos en el sismógrafo, 9=intervalo de muestreo en milisegundos, 10=tiempo total de gradación de datos en segundos, 11=cantidad de datos de stacking en la memoria del sismógrafo antes de ser guardados en diferentes condiciones: ambiente tranquilo, ruidoso, muy ruidoso, 12= filtros de adquisición de data (low-cut, hight-cut, etc.), \*=sistema de adquisición de datos (24 canales).

Tabla 3. Parámetros para la toma de datos Masw

PARAMETRO	AJUSTE
Configuración del tendido (Spread)	Lineal
Longitud del arreglo (Spread)	a 3 veces la profundidad de investigación deseada
Espaciamiento entre geófonos	De 1.5 – 3 m
Numero de receptores	De 12 a más de preferencia mayor a 16 geófonos
Tipo de geófono	Geófono vertical de 4.5 Hz
Localización de los disparos (Shots)	Mínimo un disparo localizado en una línea del tendido.
Distancia mínima entre el geófono más cercano y el shot (Near Offset)	Cerca del 10 al 20% del tendido total, se puede adicionar un shot cerca al 40% del tendido total.
Fuente	Combo de 8 lbs, 3.6kg, 16lib, 07.2kg, 20lbs, 9kg, etc.
Trigger	Combo conectado mediante un switch a un plato metálico y está a su vez al sismógrafo
Intervalo de muestreo	0.5 mili segundos
Tiempo de muestreo	De 1 a 2 segundos
Stacking	4 veces

Fuente: (VILLILLI VARGAS , 2018)

### ***Ventajas***

- El método de MASW es muy importante para una investigación geotécnica, pues nos indica el grado de rigidez del material cuales fueran sus condiciones.
- A diferencia de algunos ensayos en ingeniería civil (DPL, calicatas, ensayos de laboratorio), no presenta limites en cuanto a profundidad o tipo del material limitante.
- Determina la zonificación de un área específica en la cual se desconoce las zonas más críticas geotécnicamente para cualquier fin.

- La aplicación de este método tiene costos bajos y de rápida aplicación.
- Se obtienen resultados en campo para poder ir teniendo una idea de las características del subsuelo, inclusive podría ayudarnos a plantear nuevos puntos de estudio que no se propusieron al inicio.
- También realiza estudios para estabilidad de taludes, estudios de canteras, estudios para presas de agua, relaves, botaderos de minerales, diseño de puentes, etc.
- Permite obtener parámetros pseudo – dinámicos simultáneamente con el método de refracción sísmica para el análisis respectivo de ingeniería.

### ***Limitaciones***

- cuando existe contaminación con ruidos externos muy cercanos, daría una mala lectura de registros.
- Sólo permite diferenciar las capas del subsuelo que presentan mayor contraste de velocidad y mayor espesor, no obstante, en el caso de suelos con capas intermedias de menor velocidad el método si las puede visualizar, siempre y cuando estas capas sean de regular espesor.
- La profundidad está limitada de 25 m a 30 m, pero en algunos casos, esta profundidad de investigación puede aumentar, dependiendo de las características de suelo, permitiendo una mejor resolución.

- La pendiente de la superficie a lo largo de los geófonos puede afectar la exactitud de las curvas de dispersión resultantes.

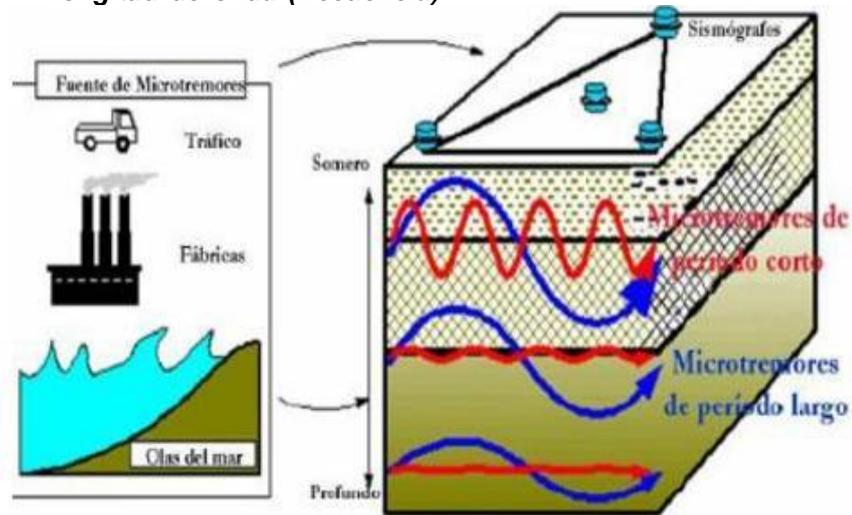
#### 2.2.6.3 MAM (Método de medición de microtrepidaciones en arreglos multicanal)

El Análisis de Microtrepidaciones en Arreglo Multicanal, consiste en realizar el monitoreo de vibraciones ambientales utilizando el ruido ambiental como fuente, mediante este análisis se determina el perfil de velocidades de ondas S. Las bases teóricas del método son las mismas que los Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW).

La diferencia del método (MASW) es que llega a la máxima próxima profundidad de investigación, que suele ser de 20 a 30 m. La cantidad de energía necesaria de la fuente activa para ganar un poco más de onda de bajas frecuencias, para incrementar la profundidad de investigación, a menudo se incrementa en varios órdenes de magnitud, lo que hace que los esfuerzos con una fuente activa sean poco práctica y antieconómica.

La Figura 27 muestra el diagrama esquemático del método de onda de superficie pasiva utilizando las microtrepidaciones.

**Figura 27. Esquema de las ondas superficiales de longitud de onda más corta reflejan la velocidad de la onda de corte vs superficial y las más largas reflejan las velocidades de la onda de corte vs más profunda, el perfil de la onda de corte vs puede calcularse midiendo la velocidad de fase para diferente longitud de onda (frecuencia)**



### **Adquisición**

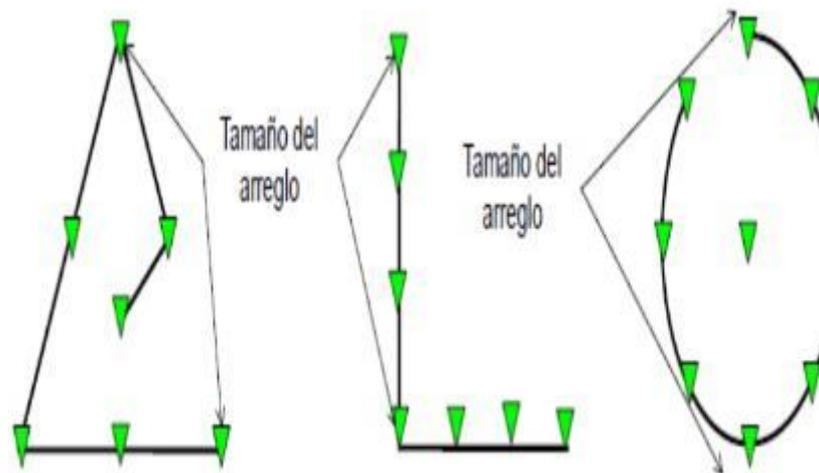
Al contrario de la metodología de onda de superficie activa, la Medición de Microtrepidaciones en Arreglos Multicanal (MAM) no requiere de ninguna fuente, sino que utiliza un arreglo instrumental bidimensional sobre la superficie, tales como arreglos en forma de triángulo, círculo o en cruz.

En teoría los arreglos isotrópicos, como un círculo o un triángulo equilátero, son preferibles en el método de MASW. Sin embargo, los arreglos isotrópicos requieren un amplio espacio y es complicada la obtención de tan amplio espacio en el casco urbano. En los últimos años se han realizado estudios teóricos sobre la aplicabilidad de los arreglos irregulares (por ejemplo, Yokoi et al., 2006). El uso de

arreglos irregulares en forma de L o arreglos lineales nos permite aplicar los métodos

pasivos en zonas urbanas (Figura 28). Hayashi (2008) llegó a la conclusión que el efecto de la forma del arreglo en el cálculo de la curva de dispersión es insignificante, Hayashi utilizó arreglos en forma de L, en círculo, en triángulo y en línea aplicados en diferentes partes del mundo.

**Figura 28. Tipos de arreglos MAM (derecha : arreglo , centro: arreglo en L , izquierda : arreglo circular**



Fuente: <https://es.scribd.com/doc/131373587/METODO-DE-MEDICION-DE-MICROTREPIDACION-MAM>

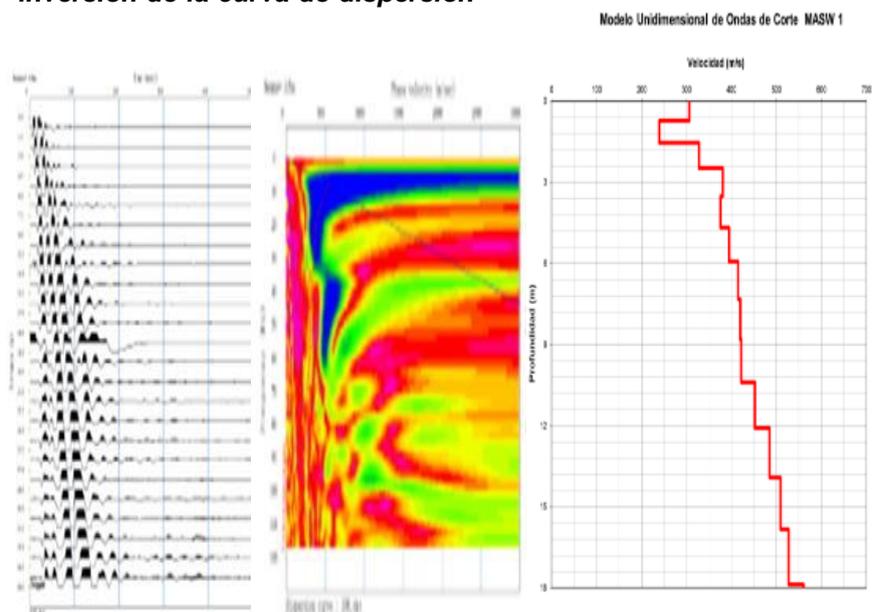
### **Procesamiento**

Es similar al análisis multicanal de ondas superficiales (MASW) activo e incluye tres pasos: 1) generar la imagen de dispersión (velocidad de fase - frecuencia), 2) extraer la curva de dispersión de la imagen y 3) invertir el perfil de la velocidad la onda de corte 1D ( $V_s$ ) de la curva de dispersión (Figura 36). Para el cálculo de la velocidad de fase de las microtrepidaciones mediante análisis multicanal de las ondas

superficiales, se usa el método de auto correlación espacial propuesto por Aki (1957), debido a que la dirección de propagación de las microtrepidaciones se desconoce. Por lo tanto, se toma un tiempo de registro de microtrepidaciones suficientemente largo para determinar una dirección de propagación promedio; entonces es posible calcular la función de auto correlación espacial y obtener la velocidad de fase.

Finalmente, a menudo es útil combinar las imágenes de dispersión activa y pasiva por dos razones: para aumentar el ancho de banda utilizable de dispersión (y, por lo tanto, el rango de profundidad) y para identificar mejor la naturaleza modal de las tendencias de la dispersión (Figura 29).

**Figura 29. IZQUIERDA. Registro sísmico de las ondas superficiales del ensayo Man y su curva de dispersión (CENTRO). DERECHA. Perfil sísmico de VS que se obtiene de la inversión de la curva de dispersión**



Fuente: Anexo 02

## ***Parámetros dinámicos del suelo***

### ***Amplificación***

Es un movimiento oscilatorio, es la distancia entre el punto más alejado de una onda y el punto de equilibrio.

Esto significa que, en cierto sentido, en física la amplitud de un movimiento oscilatorio, o señal electromagnética es una medida de la variación máxima del desplazamiento u otra magnitud física que varía habitualmente o casi habitualmente en el tiempo. La amplificación es la distancia entre el punto más alejado y el punto de equilibrio de una onda.

En los suelos blandos se registran más amplitudes sísmicas que sobre estratos rocosos, debido a que en las capas superficiales las ondas sísmicas sufren cambios muy evidentes. (González, López, & Moscoso, 2017). En espacios rocosos y de suelo firme no existe amplificación de la onda sísmica y se consideran zonas aptas para la realización de la construcción. (MEJIA MORENO & CALERO DAVILA, 2019, pág. 37)

### ***Periodo***

Tiempo que tarda el suelo a vibrar, esto por un movimiento sísmico.

En física, el período de una oscilación u onda (T), es el tiempo transcurrido entre dos puntos equivalentes de la onda. Es el lapso mínimo que separa dos instancias en donde el sistema se encuentra en el estado definido: posiciones iguales,

velocidades iguales y sobre todo las mismas amplitudes. Así, el periodo de oscilación de una onda es el tiempo empleado por la misma en completar una longitud de onda (Cantos, 1973).

El periodo fundamental del suelo ( $T_s$ ), es uno de los indicadores más usados mundialmente para estimar los efectos locales de los suelos, al ser sometidos a cargas dinámicas. (MEJIA MORENO & CALERO DAVILA, 2019, pág. 37)

### ***Frecuencia***

Es el número de ciclos por segundos, se mide por la cantidad de milisegundo que hay entre dos valles o cresta de una onda (Cantos, 1973). (MEJIA MORENO & CALERO DAVILA, 2019, pág. 38)

### ***Técnica de Nakamura***

Relaciona el espectro de Fourier de los componentes horizontales y verticales (H/V) del registro de micro tremores registrados en la superficie.

Nakamura se basa en tres hipótesis para desarrollar su técnica.

***el ruido ambiental*** es generado por la reflexión y refracción de ondas de corte al interior de capas de suelo superficiales y por ondas de superficie.

Fuentes superficiales locales de ruido no afectan el ruido ambiental en la base de la estructura no consolidada Capas

de suelo blando no amplifican la componente vertical de ruido ambiental

Las funciones SE y AS que representan la respuesta sísmica intrínseca del sitio y el efecto singular de onda Rayleigh pueden ser definidos como:

$$SE = \frac{HS}{HBAS} = VS/VB$$

Donde H y V representan los espectros de las componentes horizontales y verticales del ruido ambiental en superficie (S) o en el basamento (B). en la siguiente fórmula se muestra la respuesta sísmica de sitio que no incluye la contribución de la fuente

$$SM = \frac{SE}{AS} \rightarrow SM = \left(\frac{HS}{VS}\right) * \left(\frac{VB}{HB}\right)$$

Nakamura (1989) (22) y Theodulidis et al. 1996(31) demostraron que el espectro de las componentes vertical (VB) y horizontal (HB) son equivalentes a la base de la estructura.

$$Si: \frac{HS}{VS} = 1 \rightarrow SM = \frac{HS}{VS}$$

La respuesta sísmica de sitio SM puede ser expresada como el cociente espectral de las componentes horizontal y vertical del ruido ambiental en superficie. (Nakamura, Y, 1989) (MORI SANCHEZ , 2015, pág. 31).

### 2.2.7 Geología

La geología aporta especialmente conocimientos de la estructura y la dinámica terrestre, la litología y de la localización y explotación de yacimientos minerales y de combustible fósiles. asimismo, suministra información sobre las características, propiedades, capacidad de soportar las actividades humanas y la forma de utilización más adecuadas del sub suelo, la geología también suministra información relacionada con la ocurrencia de desastres naturales, bien sea por las características tectónicas o estructurales, de sismicidad o por la naturaleza litológica (composición y estado de las rocas)

### 2.2.8 Geomorfología de afloramiento en TORRE TORRE

La topografía está conformada por abundantes Lomas de pendiente moderada a Suave atravesada por numerosas quebradas al pie de la cordillera oriental, los depósitos sedimentarios están compuestos por una intercalación de capas bien estratificadas de gravas con clastos subredondeados a redondeados con una matriz areno limosa y capas de gravas poco clasificadas de forma angulosa en una matriz lodosa fuertemente rojiza a lo largo de grandes superficies erosivas. debido a la erosión diferencial y a la compactación de la fracción lodosa del terreno, en los ejes de las quebradas se muestran grandes acantilados constituidos por Torres o columnas aisladas que tienen cerca de 30 m de altura, por otro lado, el interperismo físico – pluvial muestra cárcavas verticales bien definidas; dichas

características geomorfológicas son apreciadas en el centro Turístico de TORRE.

#### 2.2.9 Evolución sedimentaria en TORRE

El registro sedimentario no consolidado se observó por medio de columnas Estratigráficas presentes en cuatro lugares: Torre Torre, Huayucachi, Miraflores y Miluchaca los cuales poseen depósitos no consolidados de al menos dos tipos de facies sedimentarias Principales (SF y DF) y una secundaria (F) tal como se describe a continuación:

- Flujos de Lodo (F): Compuestos principalmente por arcillas y Limos y en menor proporción de arenas de color beige ocre rosáceo claro cuya textura matriz – soportada engloba ocasionales lentes bien estratificados de gravas moderadamente clasificadas. la mejor exposición de este de facies se observa en el sector de Miraflores donde se nota la presencia de grandes bloques ocasionales envueltos en una matriz arcillosa. en esta facie sedimentaria la formación de cárcavas y grietas de desecación es frecuente. (AYALA, 2012)
- FLUJOS DE GRAVAS ESTRATIFICADAS (sheetflood – SF) : COMPUESTO PRINCIPALMENTE DE GRAVAS cuya granulometría está conformada desde gránulos , hasta cantos bien clasificados de tamaño hasta 16 mm a los 256 mm dentro de un arreglo estratiforme – lenticular , textura clasto soportada dentro de una matriz arenosa lodosa y pardo rojiza presentando imbricación de clastos y estratificaciones cruzadas en gravas con

gradación normal , frecuentemente estas capas estratificadas se encuentran en la parte superior de las facies DF y posteriormente gradan transitoriamente a las facies tipo F , por lo que en muchos sectores es difícil distinguirla de las Facies tipo DF ya que se encuentran Inter digitadas mutuamente dentro de espesores muy cortos . la mejor exposición de este tipo de facies se observa en centro turístico de Torre Torre.

- FLUJO DE DETRITOS (debris flow – Df) : Compuestos por gravas (cantos y bloques ) , gránulos y guijarros suabangulos y subredondeado retrabajados en una matriz predominante lodosa y arenosa asociada a una textura caótica cuya clasificación de las gravas es de moderada a mala , aunque en algunos tramos se aprecia la variación vertical de la clasificación de los clastos , siendo mala a moderada en la base y bien clasificada en el tope , esta se encuentra erosionando alas facies tipo SF y F teniendo sus mejores exposiciones en la parte superior de los depósitos sedimentarios descritos en Torre Torre y Miluchaca.

#### 2.2.10 Geología en TORRE TORRE

Los depósitos cuaternarios de TORRE-TORRE ,ubicados en el pie de flanco montañoso al este de la ciudad de Huancayo en la sierra central peruana consta de más de 200m de espesor ,están constituidos por Limos y Arcillas por una topografía de pendientes suaves a abruptas ,afectadas por la erosión de cárcavas y el encañonamiento de quebradas desde los 3300 m.s.n.m , tales depósitos consolidados de la edad pliocena –tardía - pleistocena

Temprana y de origen glaciar fluvial descansan regionalmente sobre la depresión interandina del Mantaro .

Estratigráficamente, se hallan en discordancia sobre el basamento metamórfico de filitas, cuarcita y pizarras del grupo Excelsior de edad pre cambriana devónica (Megard et al.; 1968). para la descripción de litofacies, resulta adecuado el uso del código Miall (1978).

## 2.2.11 Clasificación sísmica de los suelos

### 2.2.11.1 Clasificación sísmica de los suelos según la ASCE 2010

Actualmente, las categorías del suelo usados en código de edificaciones, para diseño sísmico son generalmente basados en, o al menos correlacionado con la velocidad de las ondas que se propagan por las capas superficiales.

De acuerdo con la ASCE (2010), los suelos se clasifican en 6 grupos diferentes que están en función del promedio de todas las velocidades de onda de corte, correspondiente a cada capa existente en una potencia de 30 metros más superficiales, ver tabla N° 1, el concepto de  $V_{s30}$  está basado en la idea de que la amplificación del terreno y los efectos de sitio ocurren principalmente en los primeros 30m de profundidad.

$$v_{s30} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{v_{si}}}$$

$v_{s30}$  = Velocidad de Onda cortante en m/s

$d_i$  = Espesores de las capas comprendidas entre 20 y 30

m =

n = Numero de Capas

Con el parámetro Vs30 se calcula de forma preliminar el periodo de vibración fundamental del suelo siendo la relación siguiente.

$$T_0 = \frac{4H}{V_{s30}}$$

Tabla 4: Clasificación sísmica del suelo según la Asce

$T_0$  = *Periodo Caracteristico del Suelo*

TIPO DE SUELO	Nombre del Suelo	PROPIEDADES PROMEDIO EN LOS 30 METROS MAS SUPERFICIALES		
		Velocidad de Onda de Corte, Vs (m/s)	Resistencia a la penetración estándar, N	Resistencia al Corte no Drenada, Su (psf)
A	Roca muy Dura	Vs>1500	N/A	N/A
B	Roca	760<Vs<1500	N/A	N/A
C	Suelo muy Denso o Roca Blanda	360<Vs<760	N>50	Su≥2000
D	Suelo Rígido	180<Vs<360	15≤N≤50	1000≤Su≤2000
	Suelo Blando	Vs<180	N≤15	Su≤1000
E	-	Cualquier perfil de suelo con más de 3 m de espesor que tenga las siguientes características: 1. Índice de Plasticidad (IP)>20 2. Contenido de Humedad (W)≥40 3. Resistencia al corte no drenado Su<500 psf		
F	-	Cualquier perfil de suelo que contenga una o más de las siguientes características: 1. Suelos Vulnerables a una posible fractura o colapso bajo efecto sísmico, por ejemplo: Suelos licuables, arcillas altamente sensibles y suelos débilmente cementados. 2. Turbas y /o arcillas altamente orgánicas (H>3m de turba y/ o arcilla, altamente orgánica, donde H =espesor del suelo). 3. Arcillas de muy alta plasticidad (H>7.6m, con IP>75). 4. Arcillas suaves a medias (H>36m)		

Fuente: (MORI SANCHEZ , 2015)

### 2.2.11.2 Clasificación según la N.T.P.E 0.30 diseño sismorresistente

Según la norma del Perú de Diseño Sismo Resistente E-0.30, los perfiles del suelo se clasifican tomando en cuenta

las propiedades mecánicas del suelo, el espesor del estrato, el periodo fundamental de vibración y la propagación de ondas de corte, los tipos de perfiles de suelo.

Tabla 5 : Clasificación de los perfiles del suelo

Perfil	Vs	N60	Su
S0	>1500m/s	-	-
S1	500m/s a 1500m/s	>50	>100kPa
S2	180m/s a 500m/s	15 a 50	50KPa a 100KPa
S3	<180m/S	<15	25KPa a 50KPa
S4	Clasificación basada en el EMS		

Fuente: R.N.E. N.T.P E.030

## 2.2.12 Condiciones geotécnicas

### 2.2.12.1 Perfiles del suelo

Para los efectos de la N.T.P. E030, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta la velocidad promedio de propagación de las ondas de corte. ( $V_s$ ), estas propiedades deben determinarse para los 30 m superiores del perfil de suelo.

#### Perfil Tipo S0: Roca Dura

A este tipo corresponden las rocas sanas con velocidades de propagación de onda de corte  $V_s$  mayor que 1500 m/s

Las mediciones deberán corresponder al sitio del proyecto o a perfiles de la misma roca en la misma formación con igual o mayor intemperismo o fracturas. cuando se conoce que la roca dura es continua hasta una profundidad de 30 m, las mediciones de las velocidades de las ondas de corte superficiales pueden ser usadas para estimar el valor de  $V_s$ .

### **Perfil Tipo S1: Suelos Intermedios**

A este tipo corresponden las rocas con diferentes grados de fracturación, de macizos homogéneos y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de ondas de corte  $V_s$  entre 500 m/s y 1500 m/s, incluyendo los casos en los que se cimienta sobre:

**Roca fracturada**, con una resistencia a la compresión no confinada que mayor o igual que 500 KPa (5Kg/cm<sup>2</sup>)

**Arena muy Densa o grava arenosa densa**, N60 mayor que 50.

**Arcilla muy compacta** (de espesor menor que 20 m), con una resistencia al corte en condición no drenada  $S_u$  mayor que 100KPa (1 Kg/Cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

### **Perfil Tipo S2: Suelos Intermedios**

A este tipo se encuentran los suelos medianamente rígidos, con velocidades de propagación de onda de corte  $V_s$ , entre 180 m/s y 500m/s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre.

Arena Densa, gruesa a media, o grava arenosa medianamente densa, con valores de SPT N60 entre 15 y 50.

Suelo cohesivo compacto, con una resistencia al corte en condiciones no drenada  $S_u$ , entre 50 KPa (0,5Kg/cm<sup>2</sup>) y 100

Kpa (1 Kg/cm<sup>2</sup>) y con un incremento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

***Perfil Tipo S3: Suelos Blandos***

Pertenecen a este tipo los suelos flexibles con una velocidad de transmisión de onda de corte  $V_s$ , menor o igual a 180m/s, incluyendo los casos en los que se cimienta sobre:

Arena media a fina, o grava arenosa, con valores de SPTN60 menor que 15.

Suelo cohesivo blando, con resistencia al corte en condiciones no drenada, entre 25 Kpa (0.25kg/cm<sup>2</sup>) y 50 KPa (0,5 Kg/cm<sup>2</sup>) y con un aumento gradual de las propiedades mecánicas con la profundidad.

***Perfil Tipo S 4: Condiciones excepcionales***

Pertenecen los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorable, en los cuales se requiere efectuar un estudio específico para el sitio. solo será necesario considerar un perfil tipo S 4 cuando el estudio de Mecánica de Suelos (EMS) así lo determine.

2.2.12.2 Propiedades Físicas del suelo

***Contenido de humedad***

La humedad es la relación entre el peso del agua con el peso de los sólidos en una determinada masa de suelo.

Esto significa que, en cierto sentido, la humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada

en porcentaje, del peso del agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

Este modo operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ . el peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. la pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua. (MINISTERIO DE , 2017)

La humedad se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$w = \frac{w_1 - w_2}{w_2 - w_t} * 100 = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Donde:

$w$ : es el contenido de humedad en, %

$W_w$ : peso del agua

$W_s$ : peso seco del material

$w_1$ : es el peso de la tara más el suelo húmedo, en gramos

$w_2$ : es el peso de la tara más el suelo secado al horno, en gramos

$w_t$ : es el peso de la tara, en gramos

### **Granulometría**

Determinar la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituye

Esto significa que, en cierto sentido, el estudio granulométrico se refiere a la determinación de la cantidad

en por ciento de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo. para el conocimiento de la composición granulométrica de un determinado suelo existen diversos procedimientos. para clasificar por tamaños las partículas gruesas. (CRESPO VILLALAZ, 2004, pág. 45)

### ***Cálculo granulométrico***

Valores de análisis de tamizado para la porción que se retiene en el tamiz N° 4(4,760 mm)

Se hace un cálculo del porcentaje que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) se divide el peso que pasa dicho tamiz por el suelo originalmente tomado y se multiplica el resultado por 100. Se resta el peso original, el peso del pasante por el tamiz de 4,760 mm (N° 4). Para obtener el peso de porción retenida Para realizar la comprobación, el material pasa por el tamiz de 9,52 mm (3/8"), se le suma al peso total del suelo que pasa por el tamiz de 4,760 mm (N° 4) el peso de la fracción que pasa el tamiz de 9,52 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4,760 mm (N° 4). Para los demás tamices se continúa el cálculo de la misma manera.

Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se divide el peso total que pasa entre el peso total de la muestra y se multiplica el resultado por 100.

Valores del análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (N° 200) de la siguiente forma:

Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100% los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.  $\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$

### ***Consistencia del suelo***

La presencia de minerales remueve el suelo con humedad sin desmoronarla.

Esto significa que, en cierto sentido, cuando los minerales de arcilla están presentes en el suelo de grano fino, el suelo se puede remover en presencia de algo de humedad sin que se desmorone. esta naturaleza cohesiva se debe al agua absorbida que rodea a las partículas de arcilla. en. (BRAJA M, 2015, pág. 64)

### ***- Corte directo***

Es una prueba de laboratorio que determina las propiedades de resistencia interna del suelo.

Esto significa que, en cierto sentido, la resistencia cortante de un suelo es la resistencia interna por unidad de área que la masa de suelo puede ofrecer a la falla y al deslizamiento a lo largo de cualquier plano en su interior.

Para el cálculo de las propiedades del suelo se usa el criterio de MOHR – COULOMB

$$\tau_f = f(\sigma) \dots \dots \dots (10.1)$$

Donde:

$\tau_f$  : Esfuerzo cortante al plano de falla

$\sigma$  : Esfuerzo normal en el plano de falla

La envolvente de falla definida por la ecuación (10.1) es una curva. Tiene una relación que puede definirse

(Coulomb,1776):

$$\tau_f = c + \sigma \tan \emptyset \dots \dots \dots (10.2)$$

Donde:

C= cohesión

$\emptyset$  = Angulo de fricción interna

La ecuación anterior se denomina criterio de falla de Mohr-Coulomb.

En suelo saturado, el esfuerzo normal total en un punto es la suma del esfuerzo efectivo y la presión del agua intersticial, o

$$\sigma = \sigma^I + \mu$$

El esfuerzo efectivo,  $\sigma^I$ , lo realizan los sólidos del suelo. por lo tanto, para aplicar la ecuación (10.2) a la mecánica de suelos, es necesario describirla como

$$\tau_f = c' + (\sigma - \mu) \tan \emptyset' = c'' + \sigma^I \tan \emptyset' \dots \dots \dots (10.3)$$

Donde:

$c'$  = esfuerzo de cohesión efectiva

$\emptyset'$  = Angulo de fricción efectiva

### 2.2.12.3 Parámetros de sitio (S, Tp y TL)

Los parámetros se describen en las siguientes tablas:

Tabla 6: Factor de suelo "s"

	S0	S1	S2	S3
Z4	0.80	1.00	1.05	1.10
Z3	0.80	1.00	1.15	1.20
Z2	0.80	1.00	1.20	1.40
Z1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: RNE. N.T.P E0.30 "Diseño Sismorresistente"

Tabla 7: Periodo Tp y TL

	Perfil de Suelo			
	S0	S1	S2	S3
Tp(s)	0.3	0.4	0.6	1.0
TL(s)	3.0	2.5	2.0	1.6

Fuente: RNE. N.T.P E0.30 "Diseño Sismorresistente"

### 2.2.12.4 Capacidad admisible

Es la capacidad del suelo para soportar las cargas aplicadas sobre él. técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el suelo tal que no se produzca un fallo por corte del suelo o un asentamiento diferencial excesivo.

La capacidad admitida está basada en uno de los siguientes criterios funcionales.

- Si la función del suelo de cimentación es dar soporte a determinada tensión independiente de la deformación, la capacidad admitida es denominada carga de hundimiento.

- Si se busca un equilibrio entre la tensión que se aplica al suelo y la deformación sufrida por este, se calcula la capacidad portante a partir de criterios de asiento admisible.
- Para el cálculo de la capacidad de carga del terreno de fundación se debe conocer la geometría de la cimentación; el ancho del cimiento, (B), la profundidad de desplante, D, y el largo de la cimentación, la capacidad portante se determina con métodos directos, basados en ensayos de laboratorio como corte directo, ensayos de penetración estándar (SPT), entre otros y métodos indirectos basados en geofísica como las técnicas de refracción sísmica, análisis de ondas superficiales (Masw), etc.

#### 2.2.12.5 Cálculo de la capacidad admisible método sísmico

$$q_{adm} = 0.025 \cdot V_s \cdot \gamma \cdot \alpha$$

Donde  $V_s$  velocidad de corte (m/s),  $\gamma$  densidad natural del suelo (Kn/m<sup>3</sup>), y  $\alpha$  es un factor de corrección que se utiliza únicamente para suelos que dependen del ancho del cimiento (m) en la siguiente tabla se muestra los valores correspondientes:

Tabla 8: Valores de  $\alpha$ , para diferentes anchos de cimiento

$\alpha$ , para diferentes anchos de cimiento	
$\alpha=1$	$0 \leq B \leq 1.2\text{m}$
$\alpha=1.13-0.11B$	$1.2 \leq B \leq 3\text{m}$
$\alpha=0.83 - 0.01B$	$3 \leq B \leq 12\text{m}$

Fuente: (NARANJO AGUAY, DRANICHNIKOV, 2012)

Las expresiones empíricas propuestas son para estimar la presión de apoyo admisible solamente, (TEZCAN, S.2007)

**La capacidad de carga se da en Kg/cm<sup>2</sup>**

La densidad natural del terreno se calcula de manera indirecta a partir de la celeridad de transmisión de la onda P y una estimación de acuerdo con el tipo de material de la densidad natural inicial  $\gamma^\circ$  (Tezcan, S.2007)

$$\gamma = \gamma^\circ + 0.002V_p$$

dónde:  $\gamma^\circ$  toma valores de acuerdo con el terreno; ver la siguiente tabla

Tabla 9 : Valores de  $\gamma^\circ$  para diferentes tipos de suelo

$\gamma^\circ$ PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELO	
$\gamma^\circ = 16$	Para arenas Sueltas y Suelos Arcillosos
$\gamma^\circ = 1.7$	Para Suelos Areno Gravoso
$\gamma^\circ = 1.8$	Para Conglomerados formados por arcillas y Limos
$\gamma^\circ = 2.0$	Para rocas Volcánicas
$\gamma^\circ = 2.4$	Para rocas Compactas

Fuente: (NARANJO AGUAY , DRANICHNIKOV , 2012)

Otra manera de determinar la densidad natural del terreno es haciendo únicamente de la  $V_p$  ,(Naranjo Aguay, h., & Dranichnikov, T. 2013).

$$\gamma = 1.516 * 10^{-2} * \sqrt[2]{V_p} + 1.3$$

Densidad natural del terreno en función de las ondas de corte

Vs: 
$$\gamma = 4.3 * V_s^{0.25}$$

## 2.3 Definición de Términos

**1. Basamento rocoso:** son las rocas modernas que se encuentran sobre las rocas más viejas generalmente metamórficas estas rocas son paleozoicas o precambrianas o forman parte de los escudos, ejemplo, gneis, cuarcita, granito, etc.

**2. Clasificación SUCS:** (Método del sistema unificado de clasificación de suelos), clasificación geotécnica de suelos, desarrollada inicialmente por A. Casagrande que se basa en sus características de granulometría y de plasticidad (Norma ASTM D2487)..

**3. Geología regional:** Rama encargada de los levantamientos geológicos de las más grandes regiones, puede ser de cuadrángulos geográficos, distritales departamentales, etc. IMGEMMET en el Perú es el que realiza este levantamiento. son de mucha utilidad para los planeamientos industriales

**4. Geología Estructural:** Estudia las deformaciones de la corteza terrestre que tienen relación con el tiempo geológico. Esta rama estudia las deformaciones orogénicas, diastrofias, epirogénicas, etc. Las deformaciones pueden ser pliegues (homoclinales, anticlinales, sinclinales, domos.etc), fallas (normales, inversas, etc.), intrusiones (vetas, diques, lacolitos, batolitos, etc.)

**5. Perfil del suelo:** son excavaciones realizadas en el suelo para mostrar los diferentes suelos de cada estrato y el espesor en los que se encuentra.

**6.Roca Fracturada:** es la pérdida continua entre dos partes de roca. además, se genera una grieta que se propaga hasta la presencia de una falla general o que se alcance otro estado de equilibrio.

**7.Suelo blando:** son suelos normal o ligeramente consolidado o subconsolidado, quiere decir es un suelo que es su historia de esfuerzos nunca ha tenido más carga que la tiene actualmente.

**8.Suelo denso:** suelo problemático típico de arcillas.

**9.Vibración producida por fuentes naturales:** conocidos también como microsismos, causados por relámpagos, oleaje, presión atmosférica, viento, actividad volcánica, etc. Este tipo de fuentes son muy inestables, por lo que originan los microtemores de largo periodo con variación de 2 a 3 segundos; están compuestas principalmente por ondas Rayleigh.

**10.Vibración producida por fuentes artificiales:** Son vibraciones causadas por acción del hombre o maquinarias, debido a este tipo de fuente muy estables se originan los microtemores con corto periodos que tienen una variación de 0.1 a 1 segundo, por lo que son vibraciones principalmente de ondas S y Rayleigh.

## 2.4 Hipótesis

### 2.4.1 Hipótesis General

La evaluación de las propiedades dinámicas y geotécnicas del suelo arcilloso mediante los métodos geofísicos de MASW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA es significativa en TORRE TORRE –JUNIN.

#### 2.4.2 Hipótesis Específicas

- Las características físicas del suelo arcilloso son variables se determinan mediante calicatas en TORRE TORRE -JUNIN.
- Los resultados de las propiedades dinámicas son 2 (frecuencia y periodo) se determinan con el método de microtremor en el suelo arcilloso en TORRE TORRE -JUNIN.
- Los resultados de las propiedades geotécnicas del suelo arcilloso son variables se determinan mediante el método de Refracción Sísmica y Masw en el suelo arcilloso de TORRE TORRE -JUNIN.

#### 2.5 Variables

##### 2.5.1 Definición Conceptual de la Variable

**VARIABLE DEPENDIENTE: Suelo Arcilloso**, con un porcentaje de 50% o más que pasa el tamiz número 200.

Son las fracciones correspondientes que pasan la malla N°200 (crespo villalaz; pag 102)

Son Suelos arcillosos porque el tamaño predomina en las partículas dentro de un suelo, se define como partículas menores a 0.002mm, desarrollan plasticidad cuando se mezclan con una cantidad limitada de agua. (Braja m.das. pag28)

**VARIABLE INDEPENDIENTE: Métodos Geofísicos**, generan conocimiento sobre las propiedades físicas y dinámicas del suelo a diferentes niveles de profundidad.

La prospección sísmica consiste en la generación de ondas sísmicas utilizando una fuente de emisión y se registra una serie

de estaciones que tienen una distribución sobre todo el terreno. A partir de este estudio de las diferentes formas de onda y el tiempo de trayecto que tienen, se obtiene imágenes del subsuelo que se relacionan con las capas geológicas. (secciones sísmicas, campos de velocidades, etc.). (Knott C., 1989) (Urquiza Quiroz, pág. 22).

### 2.5.2 Definición Operacional de la Variable

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable dependiente  Suelo Arcilloso	Características Físicas del suelo	Porcentaje de humedad
		Porcentaje de retenido
		Porcentaje de agua
		Angulo de fricción Cohesión
	Propiedades geotécnicas	Velocidad de Ondas S
	Propiedades Dinámicas	Velocidad de Ondas S
Velocidad de Ondas P		
Frecuencia Periodo		
Variable Independiente  Métodos Geofísicos	Ensayo de Masw	Velocidad de ondas s
		Velocidad de ondas p
	Ensayo de Refracción Sísmica	Velocidad de ondas P
		Velocidad de ondas S
	Ensayo de Microtremors	Frecuencia del suelo
		Periodo del suelo

### 2.5.3 Operacionalización de la Variable

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Sub dimensiones	Indicadores	Unidades
VARIABLE Dependiente Suelo Arcilloso	Suelos de grano fino con 50% más que pasa el tamiz número 200	Características Físicas del Suelo	Contenido de Humedad	Porcentaje de humedad	%
			Granulometría	Porcentaje de Retenido	%
			Límite de Consistencia	Porcentaje de agua	%
			Corte Directo	Angulo de Fricción Cohesión	°
		Propiedades geotécnicas	Clasificación Sísmica del Suelo según la ASCE	Velocidad de Ondas S	m/s
			Clasificación Sísmica del Suelo Según la N.T.P E.030		
		Propiedades Dinámicas	Coef.poisson Modulo volumétrico Módulo de corte Módulo de Young	Velocidad de Ondas S Velocidad de Ondas P	m/s
			Movimiento sísmico débil o Microtemblores	Frecuencia Periodo	Hz S

VARIABLE Independiente  Métodos Geofísicos	Métodos que permite generar conocimiento sobre las propiedades físicas y dinámicas del suelo a diferentes niveles de profundidad.	Ensayo de Masw	Viaje de Ondas de Cuerpo	Velocidad de ondas S	m/s
		Ensayo de Refracción Sísmica	Viaje de Ondas de Cuerpo	Velocidad de ondas S	m/s
		Ensayo de Microtremors	Vibración del suelo	Frecuencia del Suelo ----- Periodo del Suelo	Hz ----- S

## CAPITULO III

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Método de Investigación

La investigación tuvo un METODO CUANTITATIVO guiado y orientado por el método científico, según Sampieri, (2010, p.120) indica que el método cuantitativo es aquel que expresa resultados de forma numérica y no tiene que realizar una escala para poder analizarlos sino aplicación estadística.

#### 3.2 Tipo de Investigación

La investigación fue de tipo Aplicada. Según Borja, (2012, p,10). la investigación es aplicada cuando se pretende conocer, construir y/o modificar un problema real.

#### 3.3 Nivel de Investigación

La investigación tuvo un Nivel de Investigación EXPLORATORIO – DESCRIPTIVO, según Sampieri (2010. p.79-80). los estudios exploratorios en pocas ocasiones tienen un fin en sí mismos, generalmente se determinan tendencias, se identifican áreas, ambientes, contextos y situaciones de estudio; o posicionan en tono de investigaciones futuras de mayor elaboración y rigurosidad, el cual se persigue en la investigación realizada.

#### 3.4 Población y Muestra

**Población:** El suelo arcilloso localizado en asociación Soto Valle del sector Torre Torre –Junín con una extensión del terreno a estudiar de 240m<sup>2</sup>. Que se encuentra a unos 550m de las torres de arcillas siendo este una de las principales zonas turísticas de la ciudad de Huancayo.

**Muestra:** se definió la muestra para los métodos geofísicos de acuerdo con la extensión del terreno y experiencia del ingeniero a cargo de desarrollar estos métodos. Para las muestras alteradas se realizaron de acuerdo con la N.T.P. según el artículo 11.2. programa de investigación mínimo –PIM ítem b (número de puntos de investigación) tabla N°6, se trata de una edificación tipo C en número de puntos a investigar es 1 cada 800m<sup>2</sup>, no obstante, se realizaron dos muestras debido a las dos líneas sísmicas que realizamos para los métodos geofísicos.

Tabla 10: Tabla de muestras

Ensayo	Muestra	Se obtiene
Refracción sísmica y Masw	2 líneas sísmicas de 5 impactos shots.	Velocidad de viaje de ondas sísmicas (P y S)
Microtremor	3 estaciones	Frecuencia periodo
Calicatas	2 muestra	Granulometría humedad límites de atterberg, humedad natural, ángulo de fricción y cohesión.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

- Análisis bibliográfico de los métodos geofísicos.
- Observación del terreno.
- Análisis de la N.T.P. E 0.30, Diseño sismo resistente.
- Análisis de laboratorio para las muestras alteradas.
- Análisis de los resultados obtenidos in situ de los métodos geofísicos.
- Informe de los resultados de los métodos geofísicos.
- Informe de los resultados de las muestras alteradas.

- Evidencia fotográfica de los ensayos realizados (métodos geofísicos y calicatas)

### 3.6 Procesamiento de la Información

#### ***Ensayo de Refracción Sísmica y Masw***

- Se definieron los ejes de líneas sísmicas de refracción de 36 m de longitud con espaciamiento entre geófonos de 1.5m.
- Sobre cada eje definido se marcaron los puntos donde se ubicaron los geófonos
- Se utilizó como fuente de vibración una comba de 20lbs.
- Se colocaron los geófonos a los cables principales a su vez el equipo de adquisición de datos.
- Los registros de cada impacto fueron grabados optimizando la relación señal / ruido para cada punto de disparo.
- Los registros de los ensayos obtenidos en campo fueron procesados con el software seismager.
- Con los registros de las ondas sísmicas en campo se determinó: curva tiempo-distancia o dromoconas.
- Se realizó la interpretación de perfiles sísmicos mediante el análisis de inversión.
- Las interpretaciones de las líneas sísmicas fueron correlacionadas con los resultados del ensayo masw.
- Los resultados de los ensayos mw fueron proyectados sobre los perfiles sísmicos, las cuales proporcionan una idea de la velocidad de ondas de corte  $V_s$ , de la estratigrafía a profundidad, proporcionan un modelo unidimensional.

- Se obtuvieron informes de trabajo de campo y gabinete.

### ***Ensayo de Microtremor***

- Se definieron los puntos de ubicación de las estaciones.

- Una vez definido la ubicación del equipo (estación), se perfilo el nivel del suelo (Horizontal), para el asiento de las patas del acelerómetro.

- Se estacionó el equipo, posicionando primeramente el Acelerómetro (triaxial) sobre el terreno, seguidamente se sobrepuso el control de mando y finalmente el GPS.

- Para el registro de datos se utilizó una laptop (previamente instalada el software de adquisición), configurada para recepcionar las señales de las tres componentes (X, Y, Z) durante 40 min, en cada ensayo.

- Terminado el ensayo, se desinstalo el equipo, y se procedió a movilizarse hacia la siguiente estación de medición.

- Las grabaciones de vibraciones ambientales se obtuvieron utilizando el acelerómetro triaxial ZET 48-c de la empresa ZETLAB.

- Los valores de periodo y frecuencia se obtuvieron por el método de Nakamura procesado con el software Geopsy de Sesame movilizarse hacia la siguiente estación de medición.

### **3.7 Técnicas y Análisis de Datos**

- Los registros de cada ensayo se procesaron con el software GEOPSY, el cual se rige por el criterio SESAME para el análisis H/V.

- La clasificación de los perfiles del suelo fue determinada siguiendo los lineamientos de la NTP E030 2019, ASCE 2010 y bibliografía existente

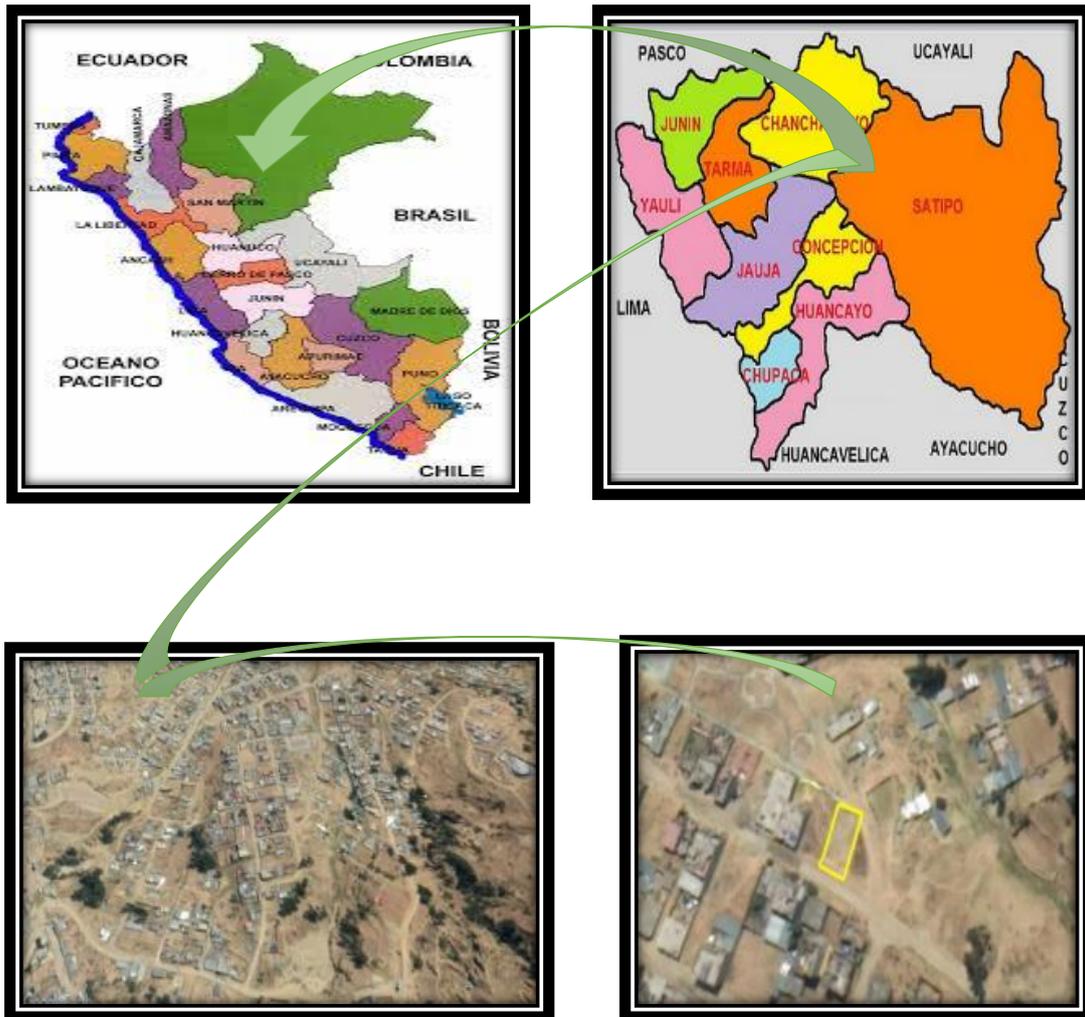
- Para obtener los periodos fundamentales por el método de Nakamura (procesado con el software Geopsy de SESAME).
- Los registros de los ensayos de Refracción Sísmica obtenidos en campo fueron procesados con el software SeisImager.
- Los parámetros dinámicos fueron calculados haciendo uso de la velocidad de ondas compresionales ( $V_p$ ) y velocidad de las ondas de cizalla  $V_s$ .
- La velocidad de las ondas compresionales y de cizalla se determinaron por estrato de cada perfil a una profundidad de 10 metros.
- Mediante calicatas realizadas a cielo abierto con una profundidad de 4m se obtuvieron los parámetros geotécnicos.

## CAPITULO IV

### 4 RESULTADOS

#### 4.1 Identificación y Localización de la Zona de Estudio

**Figura 30. Ubicación nacional y departamental (ARRIBA), ubicación local y del terreno (ABAJO)**



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2 Resultados

##### 4.2.1 Primera Hipótesis Especifica

Siendo la primera hipótesis específica ***Las características físicas del suelo arcilloso son variables se determinan***

**mediante calicatas en TORRE TORRE -JUNIN. Se afirma que mediante el ensayo de calicatas se logró determinar las características físicas del suelo cuyos resultados se detallan a continuación.**

**Calicata N° 1: (ensayo de granulometría norma MTC E107)**

**Porcentaje de suelo retenido de acuerdo con la granulometría realizada de la muestra n°1**

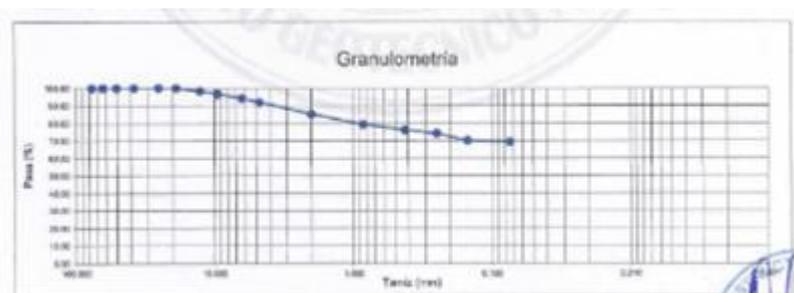
Tabla 11: Porcentaje de retenido de suelo de acuerdo con la granulometría de la calicata N° 1

Tipo de suelo	% Suelo
Grava (ret>4)	8.13
Arena (4>ret>200)	22.50
Finos (pas. n°200)	69.38

Fuente: Anexo 03

Como se observa en la tabla de acuerdo con el proceso de tamizado el mayor porcentaje de retenido es pasante la malla n°200 el cual clasifica a la calicata N°1 como un suelo fino.

**Figura 31. Gráfico de la curva granulométrica de la calicata N° 1**



Fuente: Anexo 03

La imagen representa la curva granulométrica de la calicata N°1 cuya gráfica se realizó de acuerdo con el porcentaje que pasa y a la abertura de cada tamiz debidamente normalizado. representan el tamaño de grano del suelo.

**Calicata N° 1: (contenido de humedad norma MTC E108)**

Representa la relación entre el peso del agua y el suelo expresado en porcentaje. De acuerdo con los resultados de laboratorio se obtuvo el siguiente resultado.

Tabla 12. Porcentaje de contenido de humedad de la calicata n°1

Contenido de humedad	11.09%
----------------------	--------

Fuente: Anexo 03

**Calicata N° 1: (límites de consistencia MTC E110-111)**

Define como se comporta el suelo en presencia de humedad, de acuerdo con las pruebas de laboratorio se da a conocer los valores de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, cuyos valores se presentan a continuación.

Tabla 13: Límites de consistencia de la Calicata N° 1

Límite líquido (LL)	31.81%
Límite plástico (LP)	18.70%
Índice de plasticidad (IP)	13.12%

Fuente: Anexo 03

**Calicata N° 1: (clasificación SUSC del suelo C-1)**

La clasificación SUSC se realizó de acuerdo con los resultados que se obtuvieron del tamizado y los ensayos de límites de consistencia.

De acuerdo con el tamizado se obtuvo el suelo fino con mayor porcentaje 69.38% por lo tanto de acuerdo con la tabla 4.2. clasifica al suelo como un suelo de grano fino 50% o más que pasa el tamiz #200.

Se tiene como resultado un  $LL=31.81\%$  menor al  $50\%$  con un  $IP>7$ , entonces se puede clasificar como símbolo de grupo como un CL. El porcentaje que pasa el tamiz n°200 es más de  $30\%$ , porcentaje de grava= $8.13\%$ , porcentaje de arena = $22.50\%$ .por lo tanto porcentaje de arena  $>$  porcentaje de grava, porcentaje de grava también es menos de  $15\%$ . por lo tanto, el nombre del grupo es arcilla mal gradada arenosa.

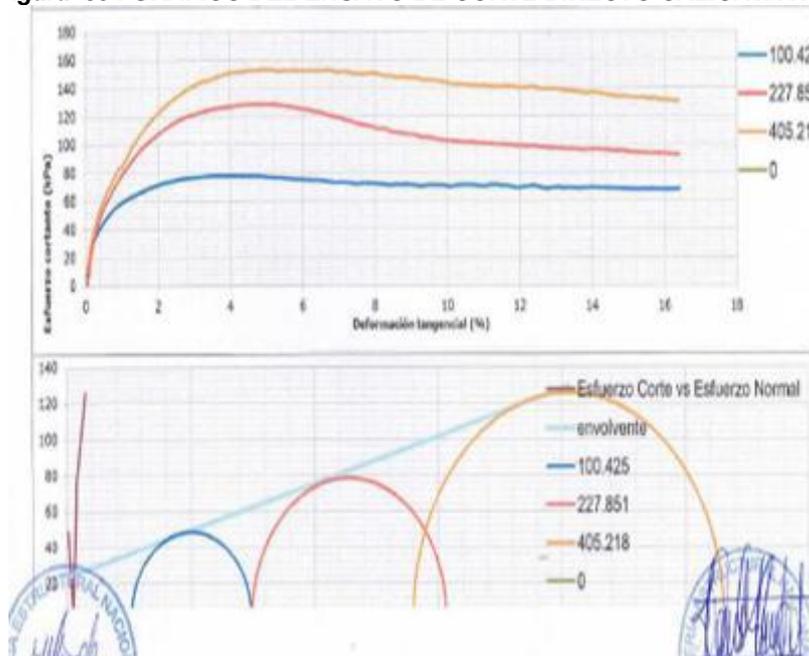
Tabla 14:Clasificación SUCS de la Calicata N° 1

Símbolo de grupo	Nombre de grupo
CL	Arcilla mal gradada arenosa

Fuente: Anexo 03

**Calicata N° 1: (ensayo de corte directo)**

**Figura 35 : GRAFICO DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO CALICATA N° 1**



Fuente: Anexo 03

Tabla 15. Ángulo de fricción y cohesión de la calicata N° 1

	Valores
Angulo de friccion	14.24°
Cohesion	22.29KPa

Fuente: Anexo 03

**Calicata N° 2: (ensayo de granulometría norma MTC E107)**

**Porcentaje de suelo retenido de acuerdo con la granulometría realizada de la muestra n°2.**

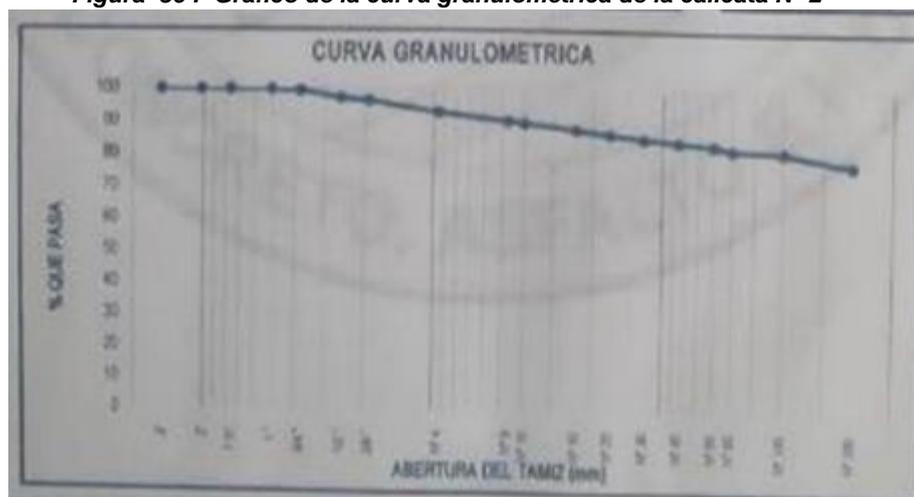
Tabla 16: Porcentaje De Retenido De Suelo De Acuerdo Con La Granulometría De La Calicata N° 2

Tipo de suelo	% Suelo
Grava (ret>4)	7.10
Arena (4>ret>200)	15.31
Finos (pas. n°200)	77.59

Fuente: Anexo 03

Como se observa en la tabla de acuerdo con el proceso de tamizado el mayor porcentaje de retenido es pasante la malla n°200 el cual clasifica a la calicata N°1 como un suelo fino.

**Figura 36 : Gráfico de la curva granulométrica de la calicata N° 2**



Fuente: Anexo 03

La imagen representa la curva granulométrica de la calicata N°2 cuya grafica se realizó de acuerdo con el porcentaje que pasa y a la abertura de cada tamiz debidamente normalizado. representan el tamaño de grano del suelo.

**Calicata N° 2: (contenido de humedad norma MTC E108)**

Representa la relación entre el peso del agua y el suelo expresado en porcentaje. De acuerdo con los resultados de laboratorio obtenemos el siguiente resultado.

Tabla 17: Porcentaje de contenido de humedad de la calicata N°2

Contenido de humedad	de	12.27%
----------------------	----	--------

Fuente: Anexo 03

**Calicata N° 2: (límites de consistencia MTC E110-111)**

Define que comportamiento tendrá el suelo en presencia de humedad, de acuerdo con las pruebas de laboratorio se da a conocer los valores de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, cuyos valores se presentan a continuación.

Tabla 18: Límites de consistencia de la calicata N° 2

Límite líquido (LL)	28.35%
Límite plástico (LP)	18.71%
Índice de plasticidad (IP)	9.64%

Fuente: Anexo 03

**Calicata N° 2: (clasificación SUSC del suelo C-1)**

La clasificación SUSC se realizará de acuerdo con los resultados obtenidos del tamizado y los ensayos de límites de consistencia.

De acuerdo con el tamizado se obtuvo el suelo fino con mayor porcentaje 69.38% por lo tanto de acuerdo a la tabla 4.2. clasifica al suelo como un suelo de grano fino 50% o más que pasa el tamiz #200 .

Se tiene como resultado un LL=31.81% menor al 50% con un IP>7, entonces se clasifica como símbolo de grupo como un CL.

El porcentaje que pasa el tamiz n°200 es mayor a 30%, porcentaje de grava equivalente a 7.10%, porcentaje de arena equivalente a 15.31%.por lo tanto el porcentaje de arena > porcentaje de grava, porcentaje de grava también es menos de 15%. por lo tanto, el nombre del grupo es arcilla mal gradada arenosa. (arcilla ligera de plasticidad media con arena)

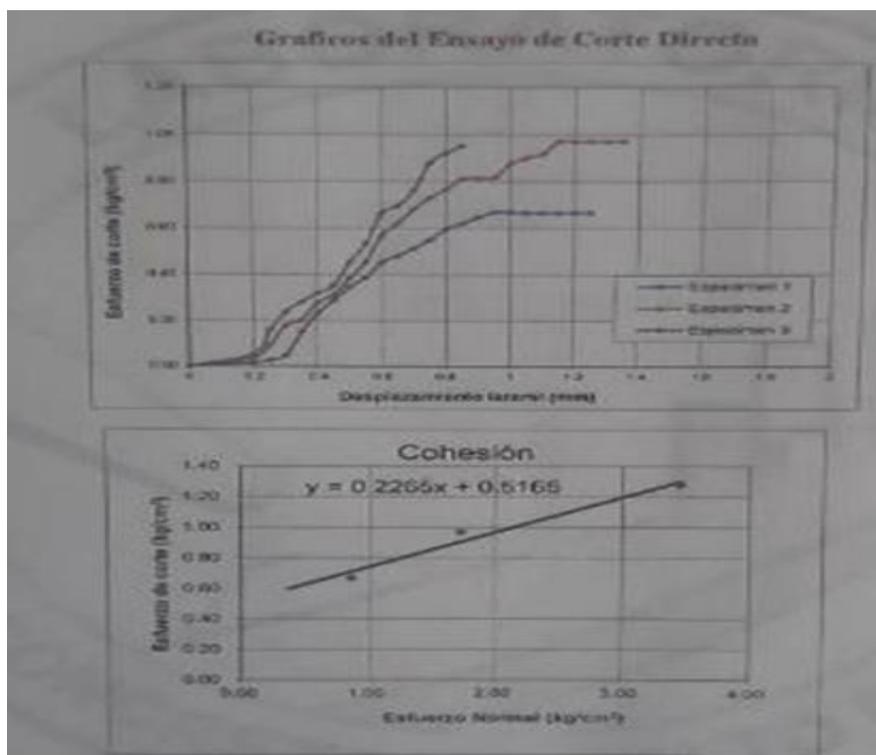
Tabla 19: Clasificación SUSC de la calicata N° 2

Simbolo de grupo	Nombre de grupo
CL	Arcilla media plasticidad arenosa

Fuente: Anexo 03

**Calicata N° 2: (ensayo de corte directo)**

Figura 32. Gráfico del ensayo de corte directo calicata N° 2



Fuente: Anexo 03

Tabla 20: Angulo de fricción y cohesión de la calicata N° 2

	Valores
Angulo de fricción	12.76°
Cohesion	0.517 Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: Anexo 03

Tabla 21: Resumen de valores de ensayos obtenidas mediante calicatas

	CALICATA N° 1	CALICATA N°2
<b>GRANULOMETRIA</b>		
GRAVA	8.13	7.10
ARENA	22.50	15.31
FINOS	69.38	77.59
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		
%	11.09	12.27
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>		

LIMITE LIQUIDO	31.81	28.35
LIMITE PLASTICO	18.70	18.71
INDICE DE PLASTICIDAD	13.64	9.64
<b>CLASIFICACION SUCS</b>		
	CL	CL
<b>CORTE DIRECTO</b>		
ANGULO DE FRICCION	14.24°	12.76°
COHESION	22.29	0.517

Fuente: Elaboración Propia

- De acuerdo con la tabla de resumen de ensayos mediante calicatas se puede observar el mayor porcentaje de suelo retenido es el de finos para ambas calicatas entonces se clasifico como un suelo de grano fino de porcentaje de 50% o más que pasa el tamiz #200.
- Los valores de contenido de humedad que se muestran en la tabla de resumen de ensayos mediante calicatas indican que el suelo se encuentra en un estado seco no siendo la principal característica de un suelo cohesivo ya que estos tipos de suelo tienen alto contenido de humedad.
- Los valores obtenidos de límites de consistencia son usados para la clasificación SUCS del suelo de acuerdo con los valores obtenidos que se presentan en la tabla de resumen de ensayos mediante calicatas se pudo obtener como símbolo de grupo CL cuyo significado como nombre de grupo es arcilla de media

plasticidad arenosa dándose esta denominación para ambas calicatas.

- Los valores obtenidos del ángulo de fricción y cohesión que se muestran en la tabla de resumen de ensayos mediante calicatas identifican la resistencia al corte del suelo.

#### 4.2.2 Segunda Hipótesis Específica

Siendo la segunda hipótesis específica: ***los resultados de las propiedades dinámicas son 2 (frecuencia y periodo) se determinan con el método de microtremor en el suelo arcilloso en TORRE TORRE -JUNIN. Se afirma que las dos propiedades dinámicas de frecuencia y periodo se obtienen mediante el método de microtremor cuyos resultados se detalla a continuación.***

Para desarrollar los trabajos en campo del presente estudio, se emplearon equipos y herramientas cuyas características generales se indican a continuación.

#### ***Herramientas para desarrollar el ensayo de microtremor***

- Estación Sísmica Acelerógrafo ZET 048-C
- Batería interna para todo día de trabajo.
- GPS / GLONASS incorporado.
- Brújula y nivel para su eficiente instalación.
- Tarjeta SD de 32 Gb incorporado para trabajos
- Software compatible con Windows 7 y Windows 10.
- Geófono tri-axial integrado de alta precisión (24 bits).
- Generador integrado para geófono de calibración.

- Frecuencia de banda extendida [0.1 Hz – 400 Hz].

**Figura 33. Acelerógrafo ZET 048-c**



Fuente: anexo 02

Se definieron los puntos de ubicación de las estaciones para los ensayos de microtremor, tomando en cuenta las condiciones del terreno, con el fin de tomar nota del tipo de suelo donde se va a instalar el equipo (acelerómetro), y existencia de construcciones cercanas existen y factores externos que pudieran perturbar la medición de los registros.

Tabla 22: Coordenadas de los ensayos de microtremor

ESTACION	ESTE	NORTE
E1	479767.97	8666891.31
E2	479774.46	8666884.43
E3	479784.14	8666867.77

Fuente: Anexo 02

Una vez definido la ubicación del equipo (estación), se perfiló el nivel del suelo (Horizontal), para el asiento de las patas del acelerómetro; se estacionó el equipo, posicionando primeramente el Acelerómetro (triaxial) sobre el terreno, seguidamente se sobrepuso el control de mando y finalmente el GPS. Posterior a lo

antes mencionado se niveló horizontalmente el equipo y el eje Y del equipo en dirección al Norte Magnético.

Para el registro de datos se utilizó una laptop (previamente instalada el software de adquisición), configurada para recepcionar las señales de las tres componentes (X, Y, Z) durante 40 min, en cada ensayo.

Terminado el ensayo, se desinstalo el equipo, y se procedió a movilizarse hacia la siguiente estación de medición.

**Figura 34. La figura (1) representa la primera estación, la figura (2) representa la segunda estación y la figura (3) representa la tercera estación del ensayo de microtremor**



Fuente: anexo 02

Posterior a los trabajos de campo se realizó en gabinete el procesamiento e interpretación del ensayo de microtremor, información que fue complementada con los datos del

levantamiento topográfico e información obtenida de la zona en evaluación.

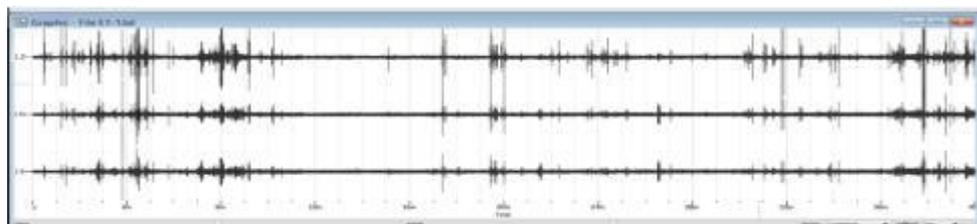
Las mediciones de los registros de campo se llevaron a cabo siguiendo el criterio SESAME, considerando las condiciones de experimento que se recomiendan. El tiempo de grabación de vibraciones ambientales fue de 40 minutos, dependiendo de características propias como el ruido antrópico, el viento, etc., para tener un registro óptimo y ventanas de tiempo suficientes para el análisis.

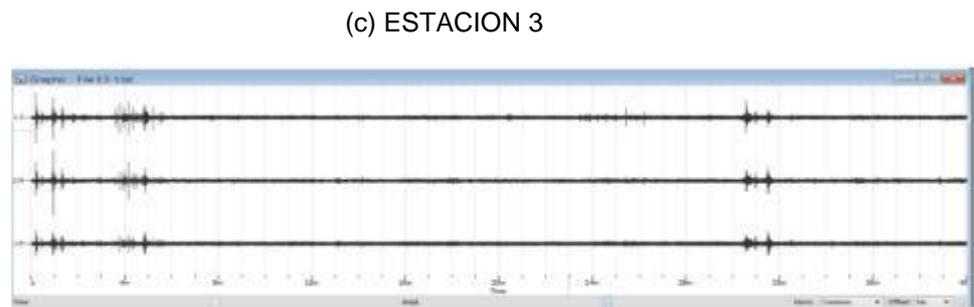
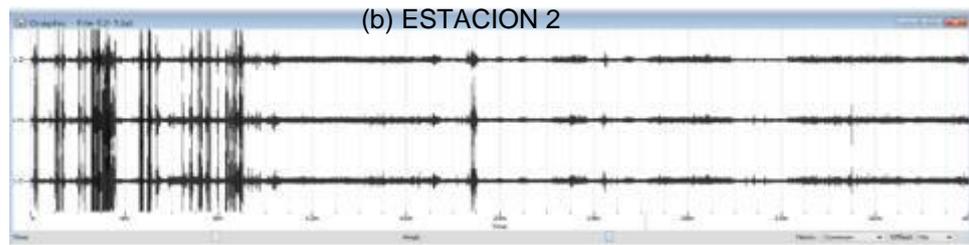
La grabación de vibraciones ambientales se realizó con el acelerómetro triaxial ZET 48-C de la empresa ZETLAB. El instrumento se ubicó en dirección Norte y fue nivelado correctamente.

Se realizaron mediciones en tres (03) puntos (Estaciones - E). La ubicación de cada punto se puede observar en la Figura 35. Los registros de cada ensayo se procesaron en el software GEOPSY, el cual se rige por el criterio SESAME para el análisis H/V.

Las siguientes figuras muestran los registros en las componentes X, Y y Z del acelerómetro triaxial.

**Figura 35. Registro de las componentes X, Y y Z**  
(a) ESTACION 1



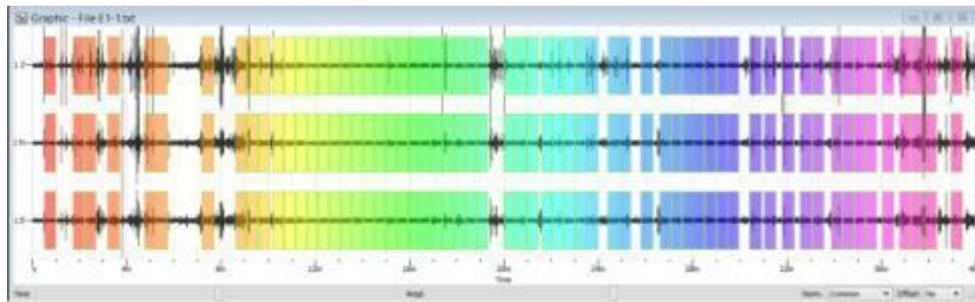


**Fuente: anexo 02**

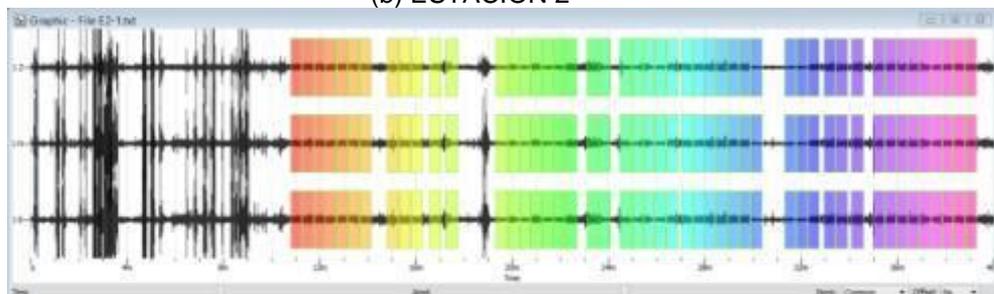
Las siguientes figuras muestran la selección de ventanas de procesamiento.

**Figura 36. Selección de ventanas de procesamiento utilizando el software Geopsy**

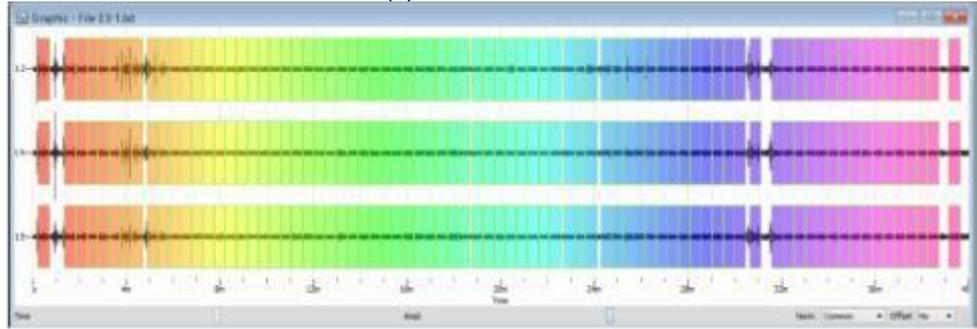
(a) ESTACION 1



(b) ESTACION 2



(c) ESTACION 3

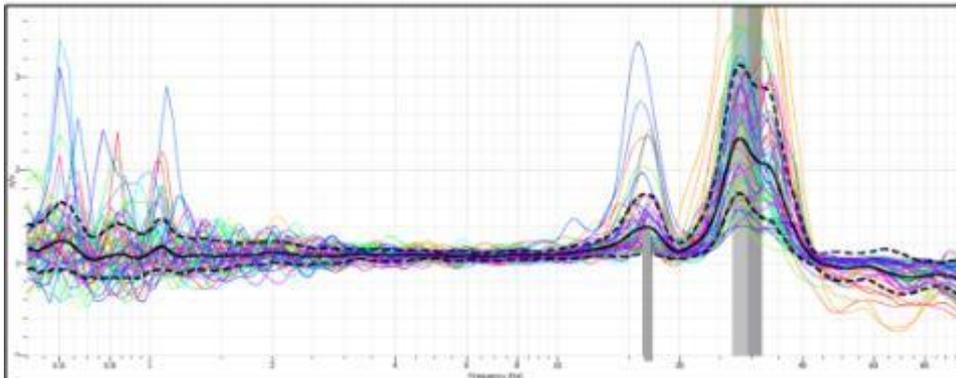


Fuente: anexo 02

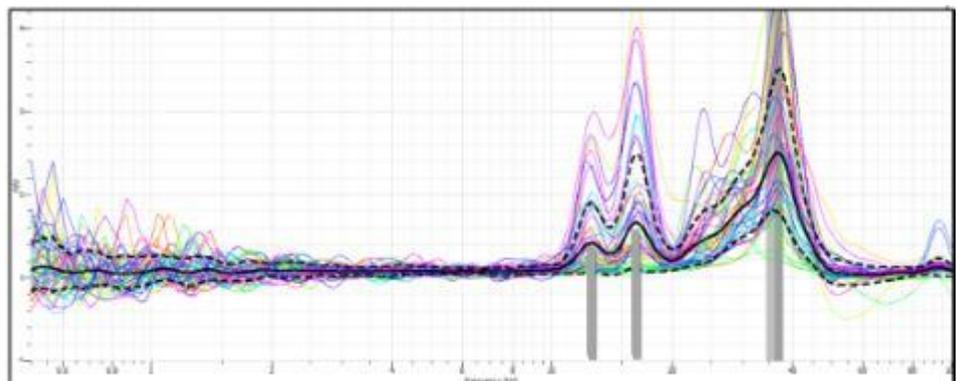
Las siguientes figuras muestran la selección de ventanas de procesamiento.

**Figura 37. Espectro de Fourier resultante de la señal con todas las ventanas seleccionadas, resultado de frecuencia y periodo fundamental hasta 100 Hz.**

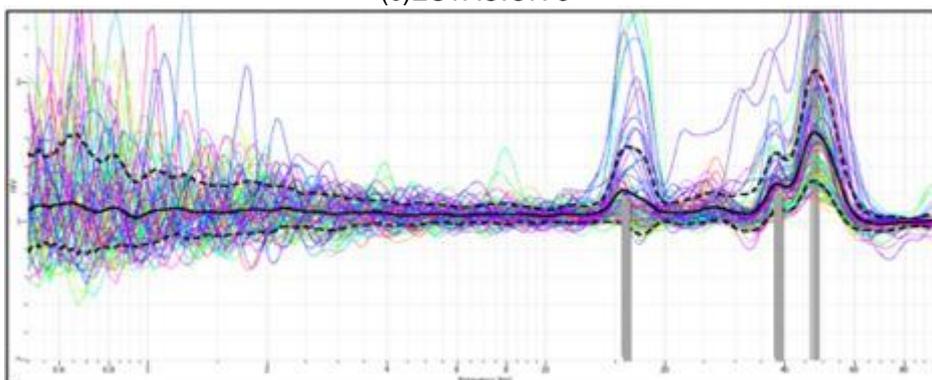
(a) ESTACION 1



(b) ESTACION 2



(c)ESTACION 3



Fuente: anexo 02

En cada estación (E) se realizó un ensayo de Microtremor, cada registro de 40 minutos y un muestreo de 1000 muestras por segundo. En la tabla se presenta un resumen de los ensayos Microtremor, resultados de frecuencias y periodos fundamentales.

Tabla 23: Resultados de frecuencia y periodo fundamental del suelo

Estación	$f_0$ Hz	$T_0$ S	Tipo de Suelo	Descripción
E1	16.0	0.062	B-A	Suelo Rígido o roca blanda a roca
	29.4	0.034	B-A	Suelo Rígido o roca blanda a roca
E2	13.5	0.074	B-A	Suelo Rígido o roca blanda a roca
	16.0	0.062	B-A	Suelo Rígido o roca blanda a roca
E3	15.8	0.063	B-A	Suelo Rígido o roca blanda a roca
	37.5	0.027	B-A	Suelo Rígido o roca blanda a roca

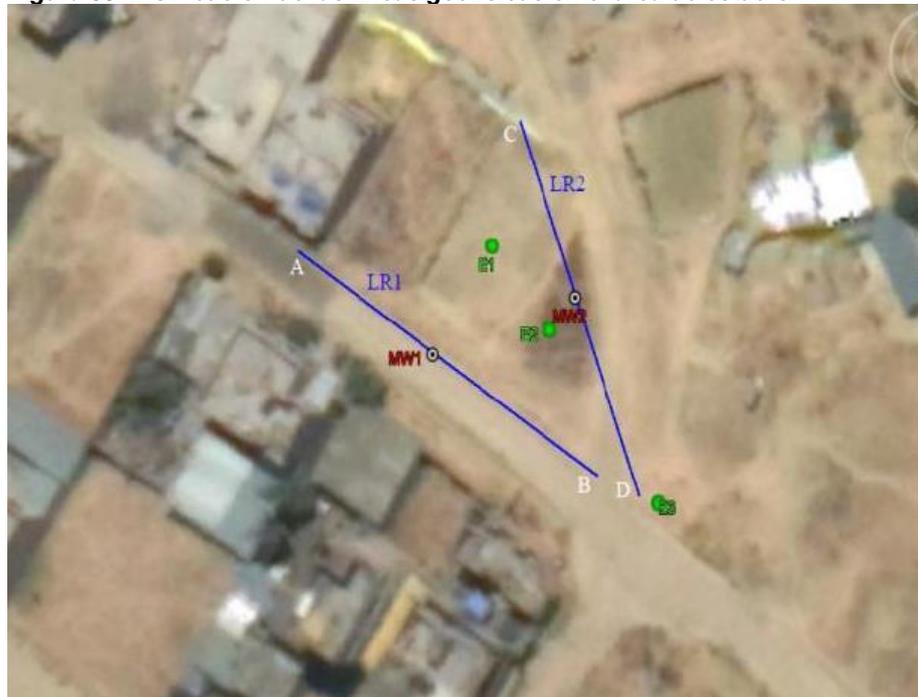
Fuente: Anexo 02

- La estación E1 se ubicó en centro del área de estudio (Ver Figura 39), el registro de datos de dicha estación dio como resultado frecuencias predominantes ( $f_0$ ) de 16.0 Hz y 29.4 Hz, las cuales proporcionan periodos fundamentales ( $T_0$ ) de 0.062 s y 0.034 s, respectivamente, según se observa en la tabla 22.
- La estación E2 se ubicó aledaño al área de estudio (Ver Figura 39), el registro de datos de dicha estación dio como

resultado frecuencias predominantes ( $f_0$ ) de 13.5 Hz y 16.0 Hz, las cuales proporcionan periodos fundamentales ( $T_0$ ) de 0.074 s y 0.062 s, respectivamente, según se observa en la tabla 22.

- La estación E3 se ubicó aledaño del área de estudio (Ver Figura 39), el registro de datos de dicha estación dio como resultado frecuencias predominantes ( $f_0$ ) de 15.8 Hz y 37.5 Hz, las cuales proporcionan periodos fundamentales ( $T_0$ ) de 0.063 s y 0.027 s, respectivamente, según se observa en la tabla 22.

**Figura 38. Distribución de las líneas geofísicas en el área de estudio**



Fuente: anexo 02

#### 4.2.3 Tercera Hipótesis Específica

Siendo la tercera hipótesis específica: ***las propiedades geotécnicas del suelo arcilloso son variables se determinan mediante el método de Refracción Sísmica y Masw en el suelo arcilloso de TORRE TORRE -JUNIN. Se afirma que mediante el método de refracción sísmica y Masw se determinan las***

***propiedades geotécnicas del suelo arcilloso cuya obtención de resultados se detalla a continuación.***

Para desarrollar los trabajos en campo del presente estudio, se emplearon equipos y herramientas cuyas características generales se indican a continuación.

- Adquisidor de datos Geode de 24 canales.
- 24 geófonos de 14 Hz.
- 24 geófonos de 4.5 Hz.
- 02 cables de 240 m.
- 01 laptop
- 01 comba de 20 lbs de pesa
- 01 plato metálico.
- 02 baterías de 12 voltios.
- Herramientas varias.

***Figura 39. Adquisidor de datos es-3000 de 24 canales***



Fuente: anexo 02

Tabla 24: Coordenadas de líneas de refracción sísmica

ENSAYO	LONGITUD	PTOS	ESTE	NORTE
LR1	36	A	479747.00	8666891.00
		B	479775.00	8666873.00
LR2	36	C	479772.00	8666902.00
		D	479781.00	8666868.00

Fuente: Anexo 02

Tabla 25:Coordenadas de los sondeos Masw

ENSAYO	ESTE	NORTE
MW1	479761.00	8666882.00
MW2	479776.50	8666885.00

Fuente: Anexo 02

Los trabajos en campo consistieron en definir los ejes de las líneas sísmicas de refracción de 36 m de longitud sobre la superficie del terreno, con espaciamentos entre geófonos de 1.5 m, y definir los ejes de los sondajes MASW sobre la superficie y espaciamiento entre geófonos de 1.5 m. Según la disponibilidad de espacio en la zona en evaluación.

Para los ensayos de refracción sísmica y ensayos MASW se empleó como fuente de vibraciones una comba de 20 lbs de peso con caída controlada para los ensayos MASW, como se puede apreciar en las figuras 41 y 42.

Sobre cada eje definido se marcaron los puntos donde se ubicaron los geófonos y se realizaron los impactos (Shots), tanto para los ensayos de refracción sísmica y de MASW, luego se procedió a colocar e instalar los geófonos a los cables principales y estas a su vez al equipo de adquisición de datos.

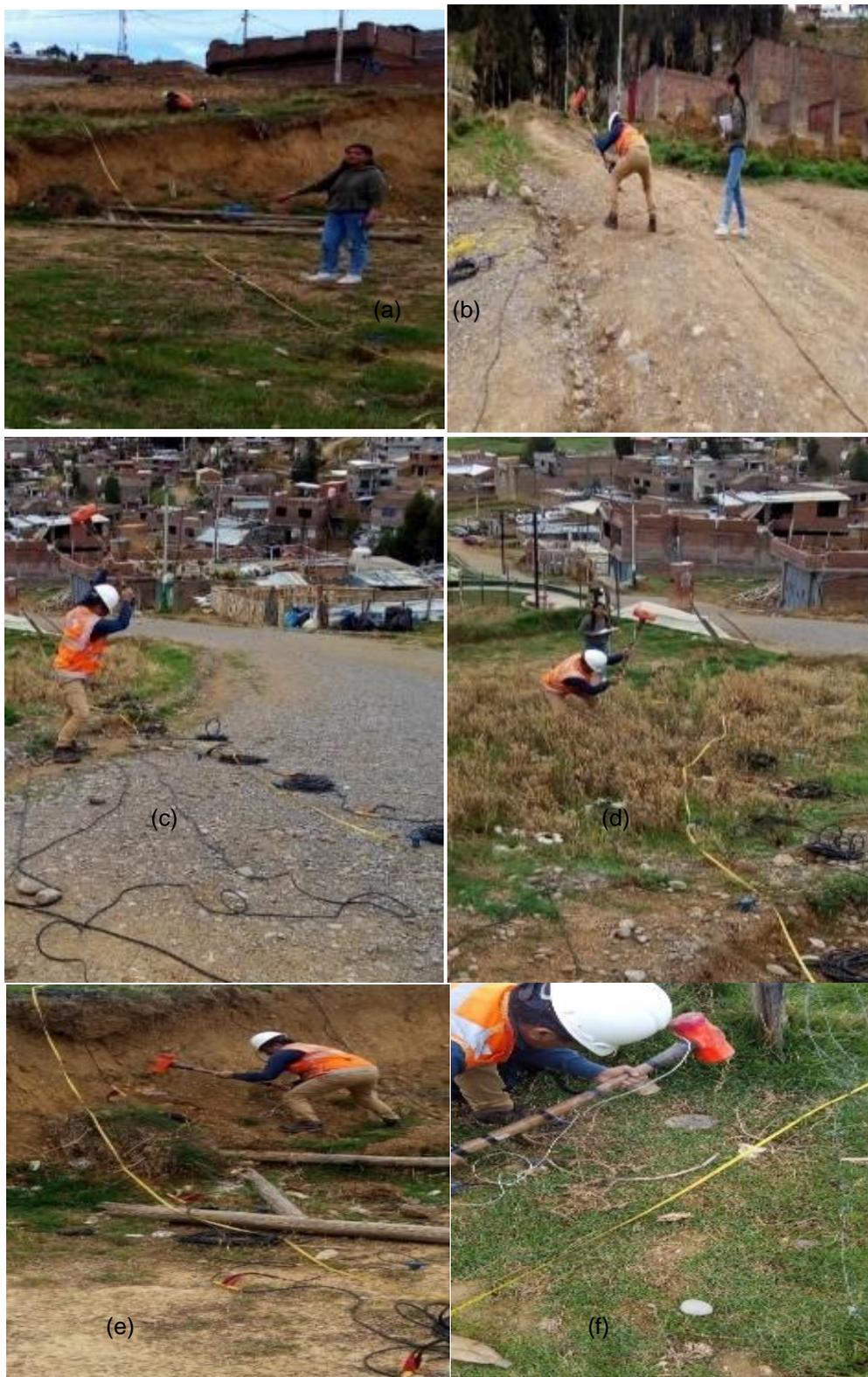
Los registros de cada impacto fueron grabados optimizando la relación señal/ruido para cada punto de disparo.

**Figura 40. (1) Alineamiento de lr 1 y mw1, (2) instante del primer impacto shot lr1, (3) instante del segundo impacto shot mw1 (4) instante del tercer impacto shot lr 1, (5) instantes del cuarto impacto shot mw2**



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 41: (a) Alineamiento de lr 2 y mw 2, (b) instante del primer impacto shot mw1, (c) instante del primer impacto shot lr 2, (d) instante del segundo impacto shot mw1, (e) instante del segundo impacto shot lr2, (f) instante del tercer impacto shot mw1**



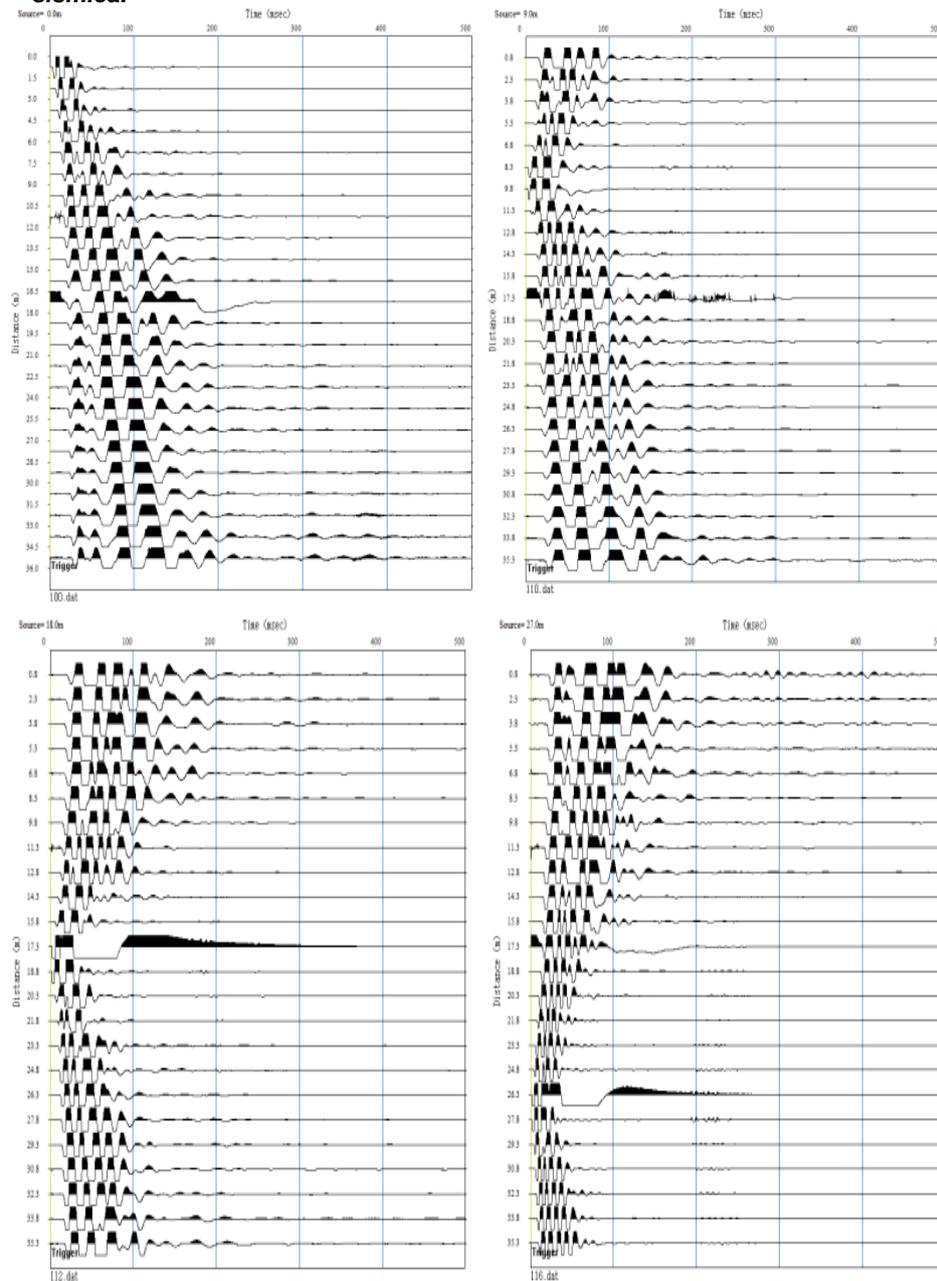
Fuente: elaboración propia

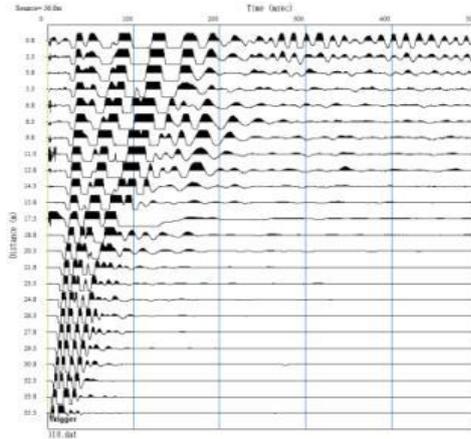
Posterior a los trabajos de campo se realizó en gabinete el procesamiento e interpretación de los ensayos geofísicos (refracción sísmica y Masw).

### ***Procedimiento para la obtención del Perfil Sísmico***

### **Registros sísmicos de cada Impacto (Shot) de LR 1.**

**Figura 42: Registro sísmico de cada impacto shot de la primera línea de refracción sísmica.**



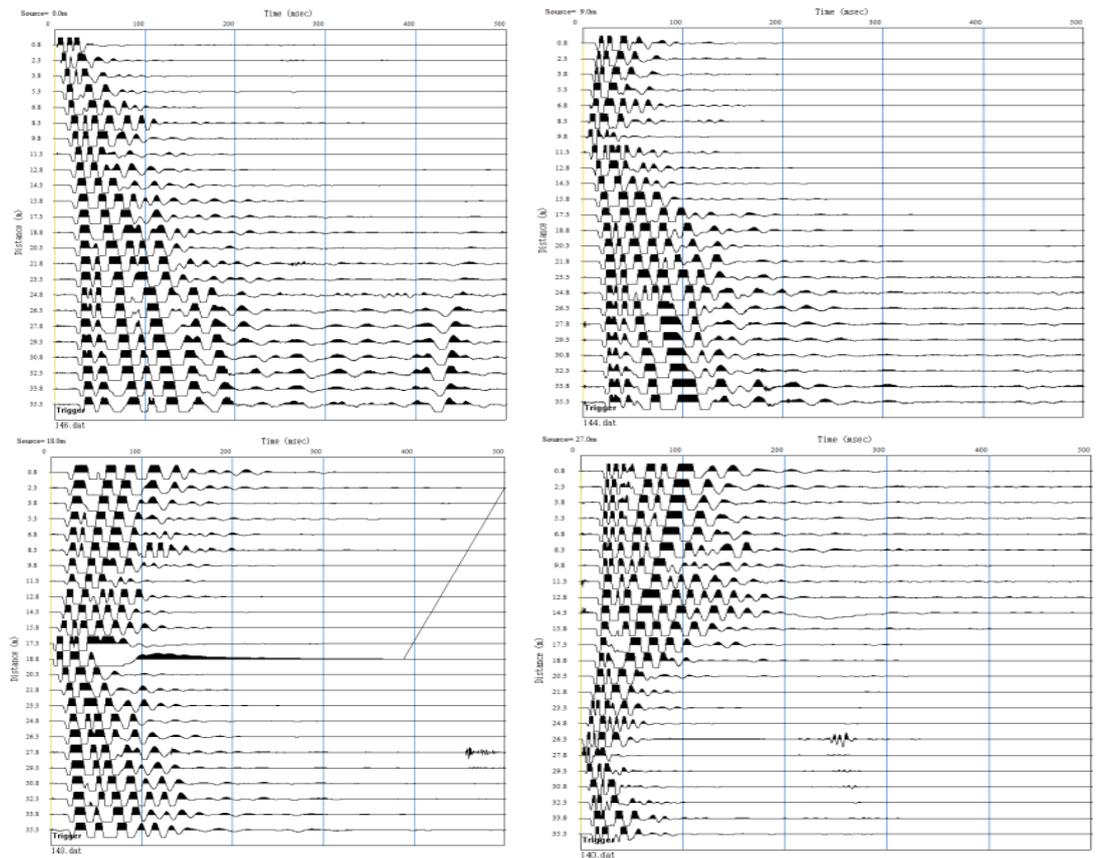


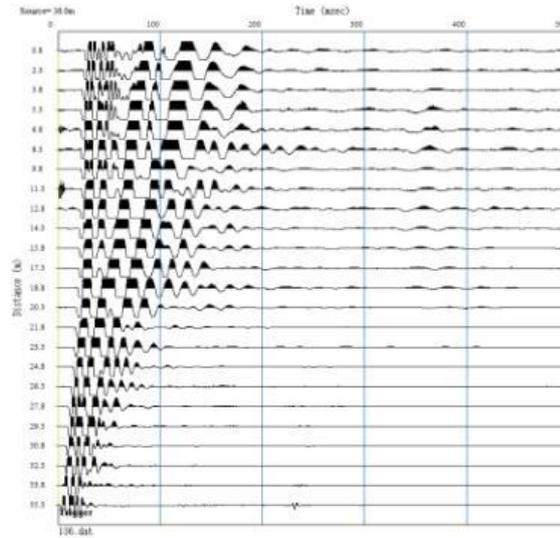
Fuente: Anexo 02

Al efectuar los estudios de refracción sísmica in situ, los primeros resultados que nos dan los instrumentos están en forma gráfica que ofrecen un primer análisis del estudio.

### **Registros sísmicos de cada Impacto (Shot) de LR 2.**

**Figura 43. Registro sísmico de cada impacto shot de la segunda línea de refracción sísmica**

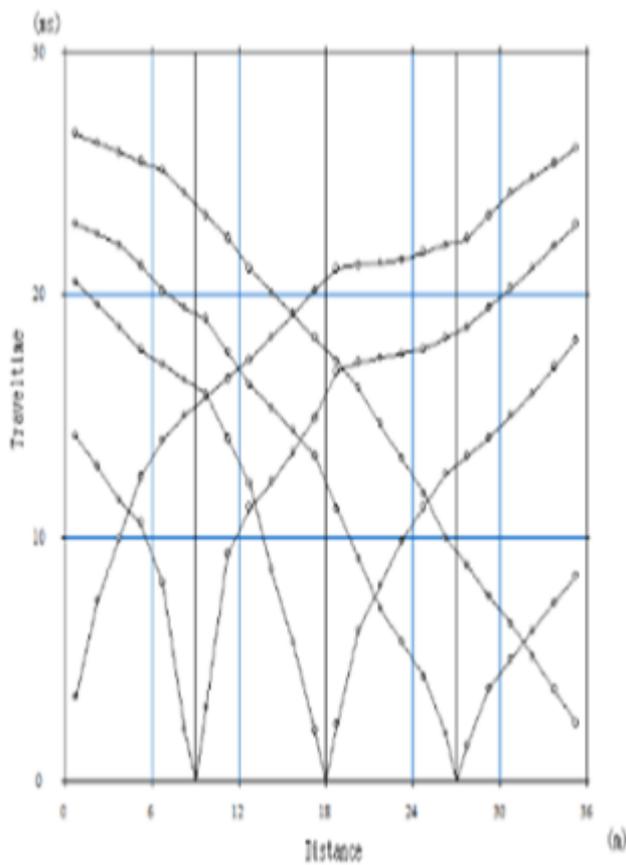




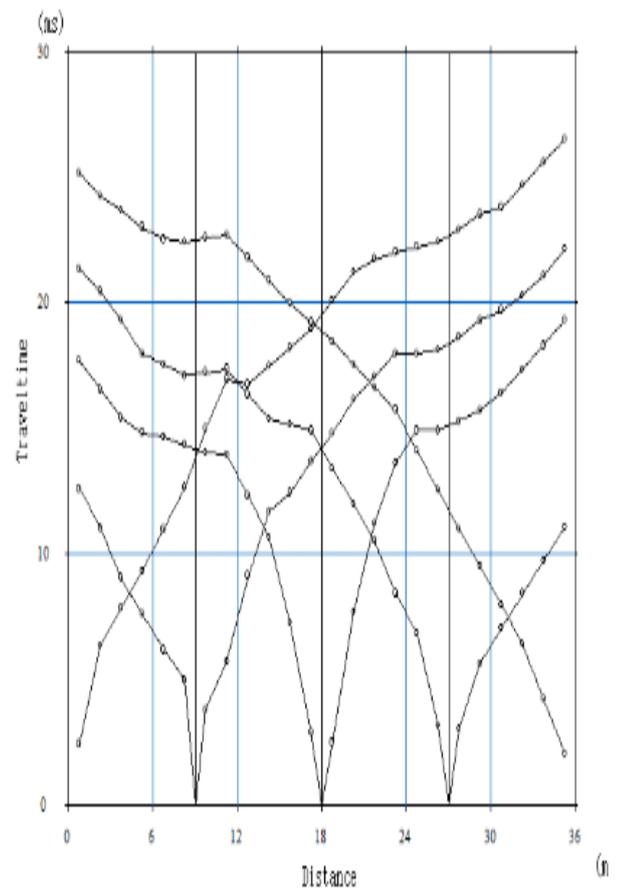
Fuente: Anexo 02

**Figura 44. Curvas dromocronas de la línea de refracción sísmica 1 y de la línea de refracción sísmica 2**

**Domocrona de LR 1.**



**Domocrona de LR 2.**

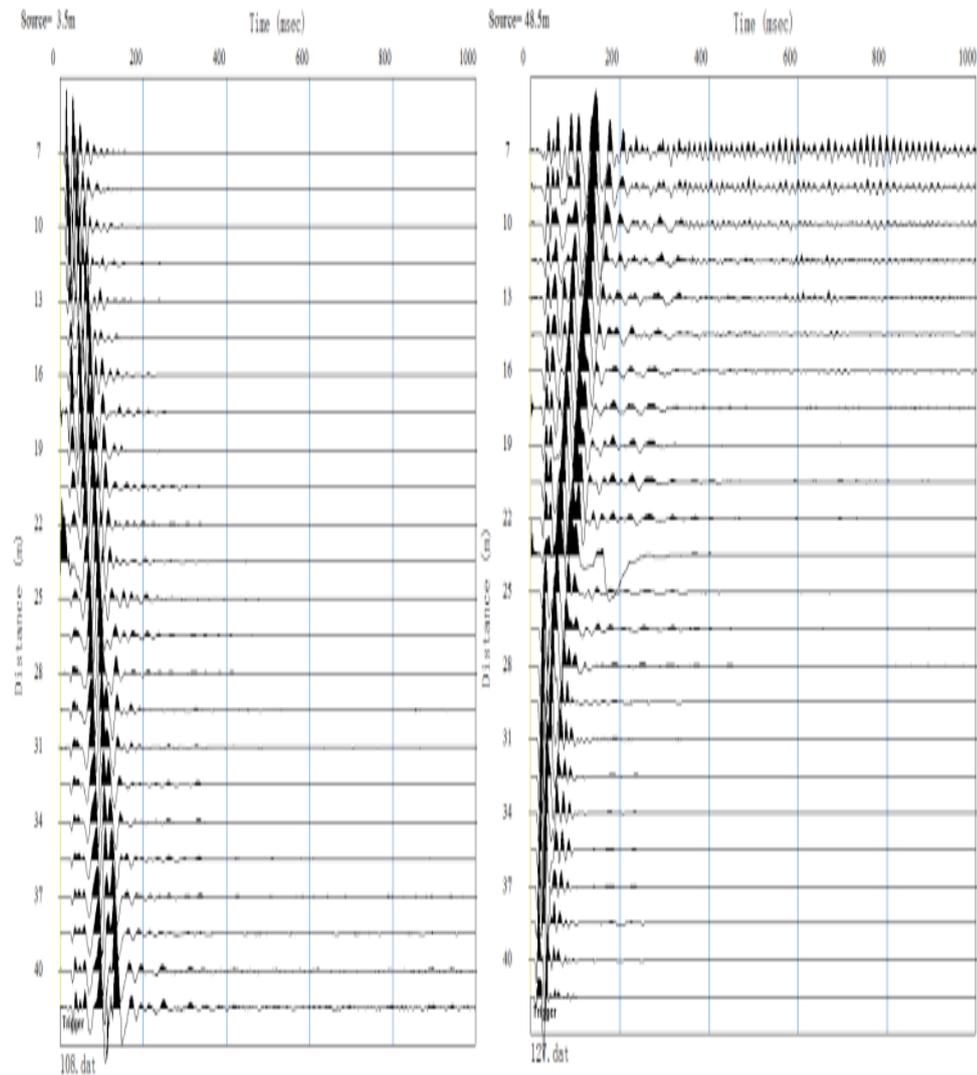


Fuente: Anexo 02

Las curvas dromoconas son la representación gráfica de los tiempos empleados por cada onda para llegar al receptor mediante la generación de ondas, mediante las curvas dromocronas obtenemos las velocidades de las ondas P o compresionales ( $V_p$ ) para cada estrato, a partir de esto se identifica que características geo sísmicas tiene el material, las propiedades dinámicas y el espesor de cada estrato.

### **Registros sísmicos de cada Impacto (Shot) de MW 1.**

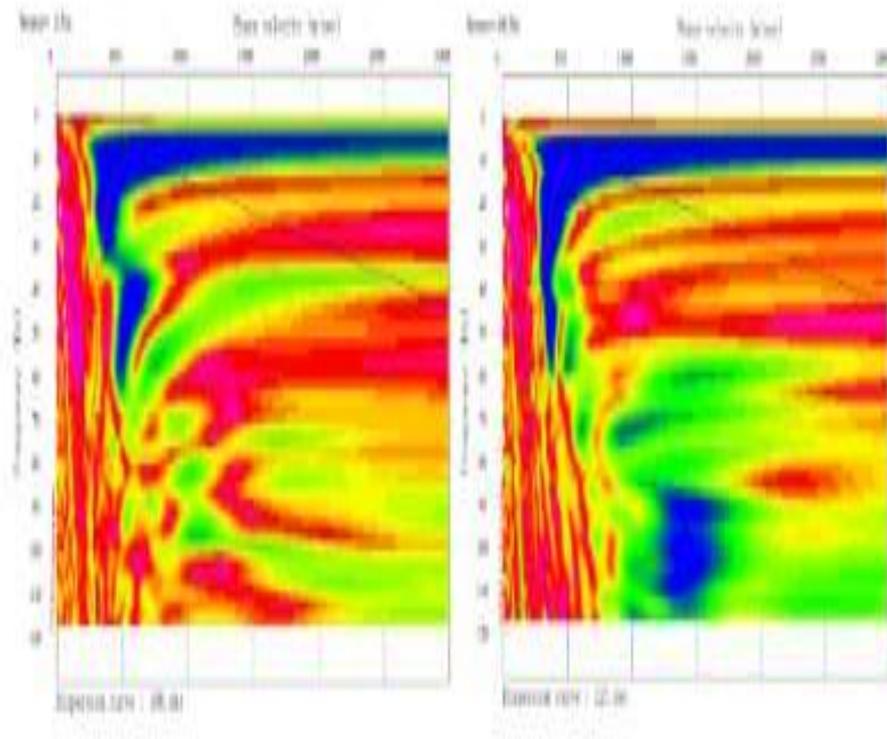
**Figura 45. Registro sísmico de cada impacto shot de la línea sísmica mw1**



Fuente: Anexo 02

### **Curvas de Dispersión de MW 1.**

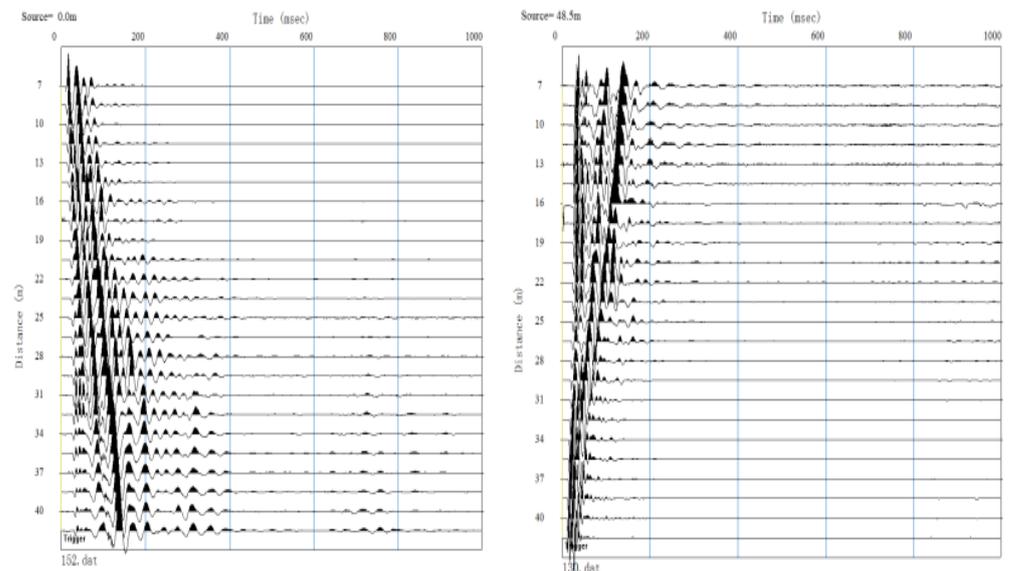
**Figura 46. Curvas de dispersión obtenidos de los registros sísmicos mw1**



Fuente: Anexo 02

### **Registros sísmicos de cada Impacto (Shot) de MW 2.**

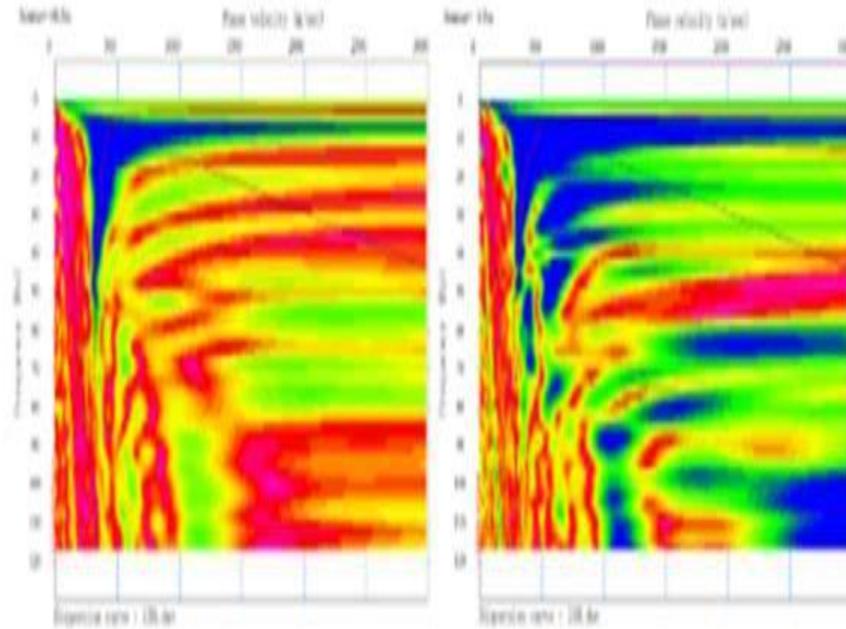
**Figura 47. Registro sísmico de cada impacto shot de la línea sísmica**



Fuente: Anexo 02

## Curvas de Dispersión de MW 2.

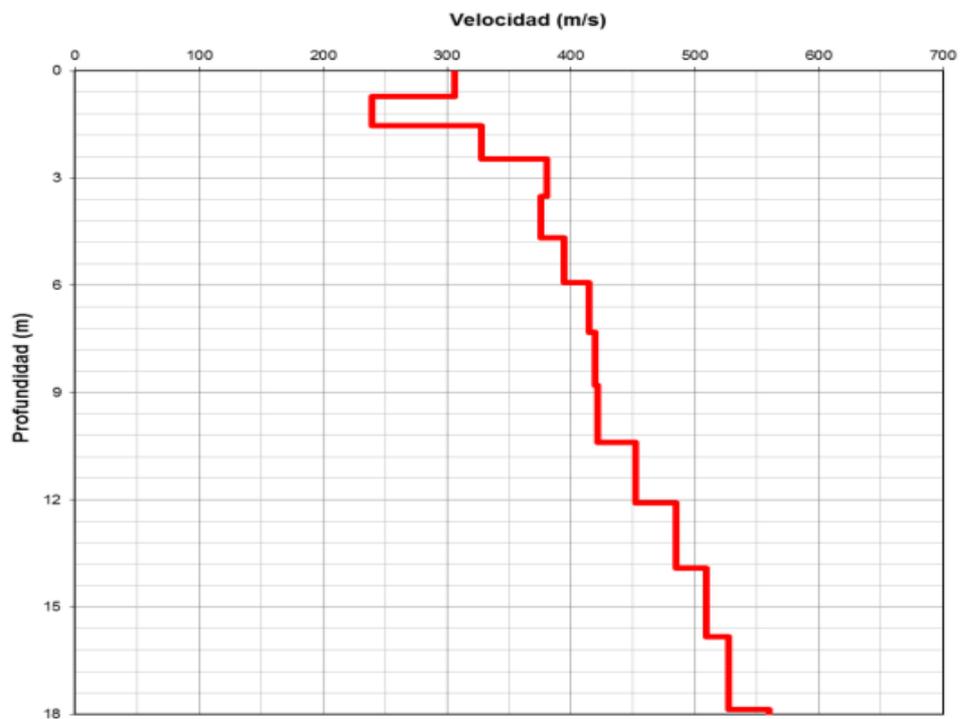
Figura 48. Curvas de dispersión obtenidos de los registros sísmicos mw2



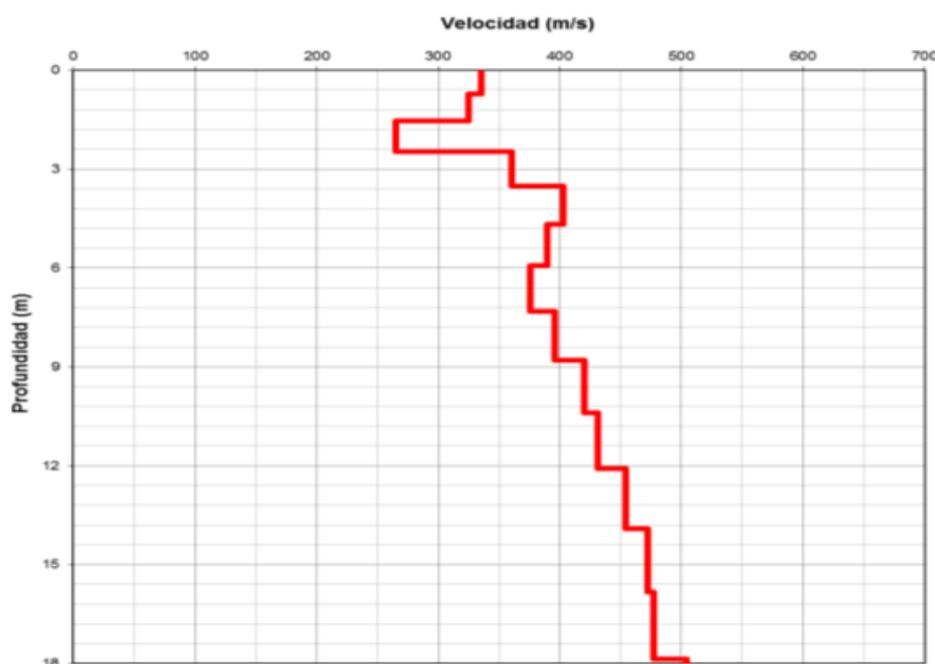
Fuente: Anexo 02

## Modelo unidimensional de Ondas de Corte MASW 1 y MASW 2

Figura 49. Modelo unidimensional de las ondas de corte de masw 1



**Figura 50. Modelo unidimensional de las ondas de corte de Masw 1**



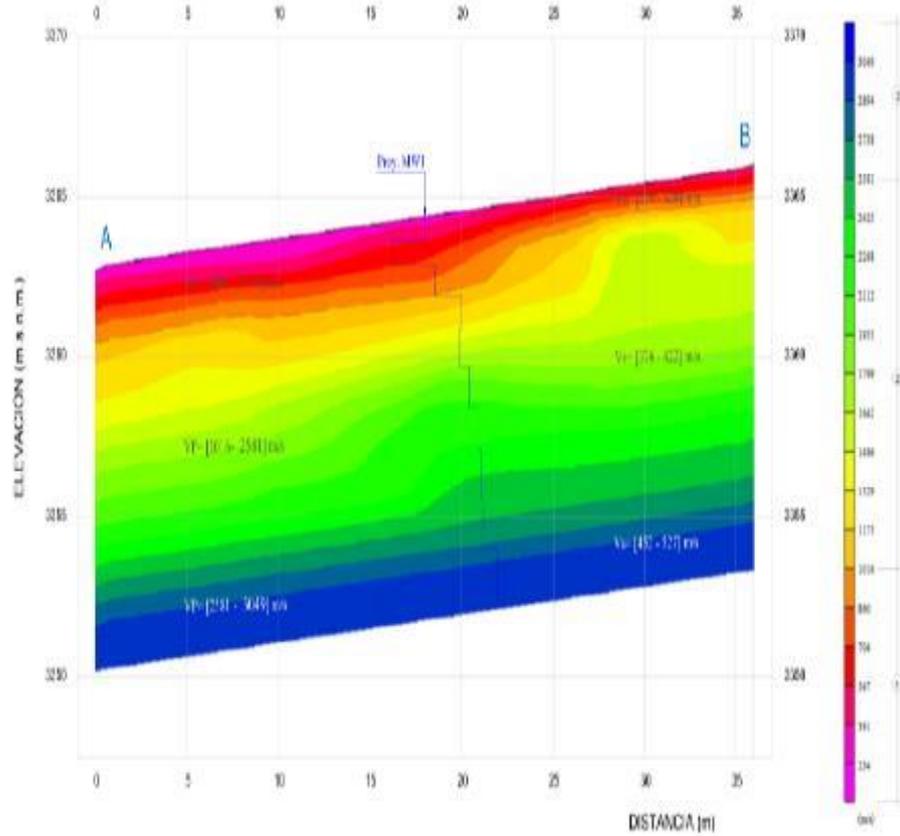
Fuente: Anexo 02

Estos modelos unidimensionales indica un perfil de suelo verticalmente heterogéneo (medio estratificado), el modelo estratificado del terreno está en función de la velocidad de las ondas de corte  $V_s$ , velocidad de ondas P compresionales y espesor de los estratos, entre estos parámetros las velocidades de ondas de corte tienen el efecto más importante de fiabilidad en la obtención del modelo unidimensional.

**Perfil Sísmico LR 1.-** Este perfil sísmico consistió en 36 m de longitud sobre la superficie del terreno y espaciamiento de 1.5 m entre geófonos, dentro del alineamiento de la línea sísmica se realizaron 05 shots. Sobre el resultado del perfil sísmico LR 1 se proyectó el resultado del ensayo MW la cual proporciona las velocidades de ondas de corte ( $V_s$ ) de la estratigrafía a

profundidad. El perfil sísmico muestra la presencia de tres estratos.

**Figura 51. Perfil sísmico de la línea de refracción sísmica 1 (Ir1)**



Fuente: anexo 02

Tabla 26. Resumen del primer perfil sísmico, espesor de estrato, velocidad de viaje de ondas y tipo de suelo por estrato

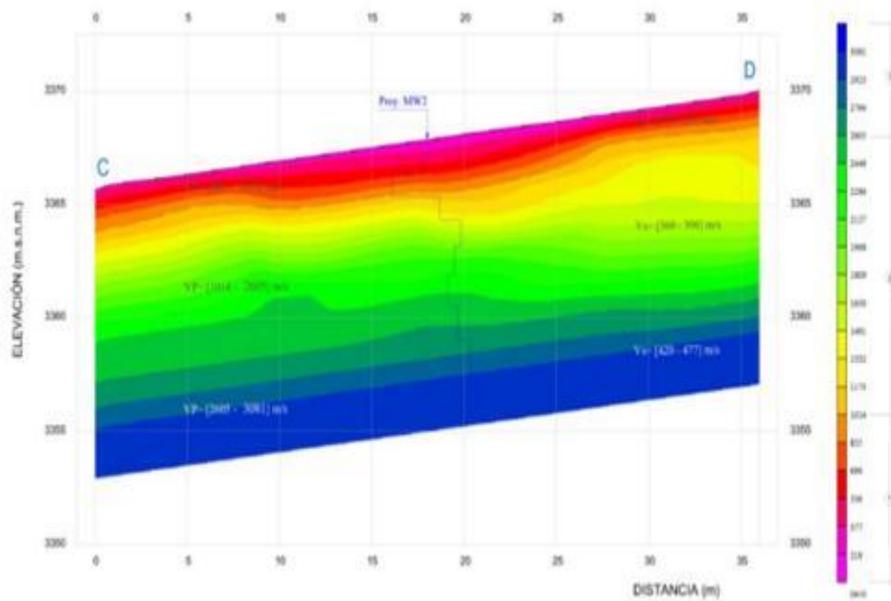
	ESTRATO N°01	ESTRATO N°02	ESTRATO N° 03
VP	200m/s – 1016m/s	1016m/s-2581m/s	2581m/s-3049m/s
VS	239 - 328m/s	376 m/s – 422m/s	452m/s – 527m/s
ESPESOR	0.9 – 2.4 m	7,5 – 8,8 m	Más profundidad
TIPO DE SUELO	Suelo blando y muy Denso	Suelo muy denso o roca muy fracturada v/o muy alterada	Roca Fracturada y/o Alterada

Fuente: Elaboración Propia

**Perfil Sísmico LR 2.-** Este perfil sísmico consistió en 36 m de longitud sobre la superficie del terreno y espaciamiento de 1.5 m

entre geófonos, dentro del alineamiento de la línea sísmica se realizaron 05 shots. Sobre el resultado del perfil sísmico LR 2 se proyectó el resultado del ensayo MW 2 (en el centro de la línea sísmica LR 2) la cual proporciona las velocidades de ondas de corte ( $V_s$ ) de la estratigrafía a profundidad. El perfil sísmico muestra la presencia de tres estratos (ver figuras 50).

**Figura 52. Perfil sísmico de la línea de refracción sísmica 2 (Ir2)**



Fuente: anexo 02

Tabla 27: Resumen del segundo perfil sísmico, espesor de estrato, velocidad de viaje de ondas y tipo de suelo por estrato

	ESTRATO N°01	ESTRATO N°02	ESTRATO N° 03
VP	200m/s – 1014m/s	1014m/s-2605m/s	2605m/s- 3081m/s
VS	335m/s – 265 m/s	360 m/s – 396m/s	420m/s – 477m/s
ESPESOR	1.2 m – 2.4 m	6.0 – 7.7 m	Más profundidad
TIPO DE SUELO	Suelo blando o suelo Denso	Suelo denso a roca muy fracturada y/o muy alterada	Roca Fracturada y/o Alterada

Fuente: Elaboración Propia

## CAPITULO V

### 5 Discusión de Resultados

Las características físicas del suelo arcilloso mediante calicatas, se realizaron mediante excavaciones de las cuales tomamos muestras alteradas en bolsas de 30 kg cada calicata (02 calicatas), mediante ellas obtuvimos las características físicas del suelo analizados en laboratorio de suelos como son: granulometría y su respectivo método de clasificación, límites de consistencia, humedad, ángulo de fricción y cohesión que se determinaron mediante el ensayo de corte directo. cuyos parámetros lo observamos en la tabla de resumen de ensayos mediante calicatas Tabla N° 21.

Estos hallazgos guardan relación con lo hallado por, Salinas (2020), "Caracterización del Suelo de la Parcela el Puquio, Otuzco, 2018 ", mediante la excavación de 06 calicatas y toma de muestras alteradas e inalteradas analizadas en laboratorio se obtuvieron las siguientes características: granulometría y su respectiva clasificación, límites de consistencia, humedad, ángulo de fricción y cohesión , solo diferimos de los resultados numéricos ya que no se analizaron el mismo tipo de suelo y no se hicieron las mismas cantidades de calicatas.

Rodríguez (2018), afirma que el conocimiento de las principales características físicas de los suelos es de fundamental importancia en el estudio de la mecánica de suelo, pues mediante su atinada interpretación se puede predecir el futuro comportamiento de un terreno bajo cargas cuando dicho terreno presente diferente granulometría, contenido de humedad, consistencia, etc.

La evaluación de las propiedades dinámicas (Frecuencia y periodo) del suelo Arcilloso mediante el método geofísico de microtremor consiste en monitorear vibraciones ambientales aplicando la técnica de Nakamura (H/V) de la cual obtendremos los valores de frecuencia fundamental y periodo del suelo; los resultados de frecuencia y periodo obtenidos mediante la técnica de Nakamura varían de acuerdo a la profundidad del estrato y a la independencia de cada estación (03 estaciones), pudiendo observar estos valores en Tabla 23 resultado de frecuencia y periodo fundamentales.

Estos hallazgos no guardan relación con lo hallado por, Mejía y Calero (2019), "Caracterización de las condiciones geológicas y sísmicas en la parte N y Sw del recinto universitario Rubén Darío (RURD, UNAN MANAGUA)", ya que esta investigación se realizó en depósitos volcánicos y suelos no consolidados donde se ubica la falla geológica activa denominada falla de Zogaib, utilizando el análisis de 65 puntos de microtremor, se consiguió la agrupación de los datos en 3 familias donde concluye que, familia 1; periodos dominantes de 0.1 seg a 0.3 seg, frecuencia de 3.3. a 20 Hz, con una amplificación encima de 4 hasta de 9 veces; familia 2, periodos dominantes de 0.31 a 0.5 seg, frecuencia de 0.31 seg a 0.5 seg, con una frecuencia de 2 a 3.2 Hz, amplitudes de 4 a 7.9 veces, familia 3, periodos dominantes de 0.1 a 0.32 seg, con frecuencia dominante de 3.1 y 5.5 Hz, amplificaciones de 4.1 a 9 veces más relativo.

Nakamura (1989), se fundamenta en la hipótesis de ruido ambiental (vibraciones ambientales) para obtener la frecuencia, amplitud y periodo fundamental del suelo relacionando el espectro de Fourier de la

componentes horizontales y verticales (H/V) del registro de microtremor registrados en la superficie del suelo haciendo uso del método de cociente espectral se determina la frecuencia fundamental y periodo del suelo.

La evaluación de las propiedades geotécnicas del suelo arcilloso utilizando los métodos de Refracción Sísmica y Masw, se determinan mediante la variación de velocidades de ondas P y S, identificando la rigidez de cada estrato de suelo, clasificando cada estrato de acuerdo con el tipo de suelo encontrado y clasificando el perfil sísmico obtenido de acuerdo con la N.T.P E.030 Diseño Sismo resistente obteniendo como resultado un perfil de tipo S2. Cuyos resultados de variación de velocidad de ondas S y P, identificación del tipo suelo encontrado, lo observamos en las Tablas N° 26 y 27.

Estos hallazgos no guardan relación con lo hallado por, Villilli (2018) quien al estudiar la “Caracterización Geotécnica de los suelos del volcánico Sencca, mediante refracción sísmica y análisis de ondas superficiales (masw) en el A.A.H.H. Villa Florida del distrito de Yura – Arequipa”, no se coincidieron con las mismas velocidades de ondas S y P ya que esta investigación realizó los estudios en suelos volcánicos (tobas no consolidadas) clasificado según el método SUCS como un suelo areno limoso SM, no presenta límites de consistencia por lo que no identifica material cohesivo entonces se realizó 4 ensayos de refracción sísmica y 4 ensayos de masw en la cual se concluye que, la velocidad de propagación de las ondas S para el tipo de suelos que están conformados por las tobas del volcánico Sencca son de 246,50m/s a 393,27m/s hasta una profundidad de 30 metros, por lo que se trata de un suelo con rigidez

mediana con S2 como clasificación sísmica, propia de suelos arenosos como lo indica la E0.30 "Diseño Sismo resistente"

Urquiza (2020), indicó que la velocidad de ondas sísmicas tiene dependencia de las características del suelo donde se propagan y a la profundidad a la cual llegan.

Park (2003), la variación de velocidades de las ondas de corte es beneficiosa para el análisis de la rigidez del suelo.

## 6 CONCLUSIONES

1. En síntesis, la evaluación de las propiedades dinámicas y geotécnicas del suelo Arcilloso mediante los métodos geofísicos de MASW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA, dan resultados que identifican las propiedades dinámicas que son frecuencia y periodo como también las geotécnicas mediante la generación de ondas P y S identificando el tipo de suelo y variación de velocidades de ondas.
2. Se concluye que mediante la elaboración de calicatas se obtuvieron las características físicas del suelo siendo estas características las siguientes: granulometría la cual indica el porcentaje de suelo retenido grava 8.13 % , arena 22.50% y finos 69.30 % (c1) , grava 7.10% , arena 15.31% y finos 77.59% (c2) se puede observar el mayor porcentaje de suelo retenido es el de finos para ambas calicatas entonces se clasificó como un suelo de grano fino con un porcentaje de 50% o más que pasa el tamiz #200 , contenido de humedad 11.09% (c1) contenido de humedad 12.27% (c2) , límite líquido 31.81% , límite plástico 18.70% , índice de plasticidad 13.64% (c1) , límite líquido 28.35% , límite plástico 18.71% , índice de plasticidad 9.64% (c2) , Se tiene como resultado un LL= menor al 50% con un IP>7, entonces se clasifica como símbolo de grupo como un CL , el porcentaje de arena > porcentaje de grava , también es menor de 15% , por lo tanto el nombre del grupo fue arcilla de media plasticidad arenosa, y finalmente el ensayo de corte el cual indica la resistencia del suelo mediante el ángulo de

fricción  $14.24^\circ$  (c1) , ángulo de fricción  $12.76^\circ$  (c2) y cohesión 22.29 (c1) , cohesión 0.517(c2)

3. Concluimos que mediante el método de microtremor obtenemos los valores de las propiedades dinámicas (Frecuencia y periodo) del suelo Arcilloso. Siendo los valores de frecuencia son 16.0 - 29.4 Hz (E1), 13.5 - 16.0 Hz(E2), 15.8 -37.5 Hz (E3), los valores de periodo son: 0.062 - 0.034 Seg (E1), 0.074 - 0.062 Seg (E2), 0.063 - 0.027 Seg (E3), las futuras edificaciones en este suelo por los resultados de periodos obtenidos indican que deben ser construidas de uno o dos niveles por el periodo característico de la estructura , lo que se busca es que este periodo característico de la estructura se aleje lo más que pueda del periodo del suelo para evitar su propio colapso y salvaguardar vidas frente a un evento sísmico .
4. Concluimos que utilizando métodos de Refracción Sísmica y Masw las característica geotécnica del suelo son identificadas mediante la generación de ondas S y P , se tuvo la variación de velocidad de ondas S y P de la siguiente manera :( 239 - 328m/s , 376 m/s – 422m/s , 420m/s – 477m/ , perfil sísmico 1 ) (335m/s – 265 m/s, 360 m/s – 396m/s, 420m/s – 477m/s, perfil sísmico 2 ) de acuerdo a estas velocidades se clasificó al suelo como un suelo blando , obteniendo un perfil de tipo S2 según la variación de velocidad de ondas de corte establecidas en la N.T.P E0.30 “Diseño Sismo resistente” .

## **7 RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda hacer una extensión de área de trabajo para obtener más información del suelo y una amplia obtención de datos geofísicos que permitan caracterizar dinámica y geotécnicamente al suelo en estudio.
2. Se recomienda realizar el mapa de zonificación geofísica para identificar zonas con mayor riesgo durante un temblor o terremoto.
3. Se recomienda dar charlas de prevención de riesgos a los pobladores de la zona de estudio y concientizar en cuanto a la construcción de número de pisos de sus futuras construcciones de viviendas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILES TAPIA , BARZALLO URGILES , J. F. (2016). *CARACTERIZACION DE SUELOS DEL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE CUENCA MEDIANTE METODOS GEOFISICOS*. CUENCA -ECUADOR: UNIVERSIDAD DE CUENCA.

AYALA, H. Y. (2012). *EVOLUCION SEDIMENTARIA DE LOS DEPOSITOS DE DEBRIS FLOW Y SHEETFLOODEN LA CIUDAD DE HUANCAYO(DEPARTAMENTO DE JUNIN ,PERU)*. LIMA: SAN MARCOS .

BRAJA M, D. (2015). *FUNDAMENTOS DE INGENIERIA GEOTECNICA* . MEXICO: CENGAGE LEARNING EDITORES,S.A. DE C.V.

CANQUI ANQUISE, T. B. (2013). *SISMICA DE REFRACCION Y MICROTREMOR PARA CARACTERIZACION DE PARAMETROS DINAMICOS SUPERFICIALES EN UN ESTUDIO GEOTECNICO EN LA QUEBRADA CARAMOLLE , DISTRITO DE POCOLLAY - TACNA*. TACNA: UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASAGRE GROHMANN - TACNA.

CRESPO VILLALAZ, C. (2004). *MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES* . MEXICO: LIMUSA; S.A de C.V GRUPO NORIEGA EDITORES .

DAVILA BURGA, J. (2011). *DICCIONARIO GEOLOGICO*. PERU: ARTHALTUNA GROUTING, GEOTECHNICAL & INSTRUMENTATION .

LOPEZ AVALOS , MEJIA CARRILLOS , DANILO VEGA, J. M. (2008). *APLICACION DEL METODO DE REFRACCION SISMICA PARA LA DETERMINACION DE VELOCIDADES DE LAS ONDAS P*. SAN SALVADOR: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

MEJIA MORENO, B. D., & CALERO DAVILA, J. E. (2019). *CARACTERIZACION DE LAS CONDICIONES GEOLOGICAS Y SISMICAS EN LA PARTE N Y SW DEL RECINTO UNIVERSITARIO RUBEN DARIO (RURD,UNAN-MANAGUA)*. NICARAGUA.

MINISTERIO DE , T. C. (2017). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES RD N° 18-2016-MTC/14*. LIMA: VICEMINISTERISO DE TRANSPORTE.

MORI SANCHEZ , N. (2015). *CLASIFICACION LOCAL DE LOS SUELOS DE CHIMBOTE MEDIANTE METODOS GEOFISICOS*. LIMA.

NARANJO AGUAY , DRANICHNIKOV , H. (2012). *CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE BASADO EN GEOFISICA Y METODO CONVENCIONAL*. ECUADOR-: UNIVERSITARIA ABYA - YALA.

URQUIZO QUIROZ , C. O. (2020). *ESTUDIO GEOFISICO POR EL METODO DE REFRACCION SISIMICA MASW1D,MAW2D Y MAM PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PUENTE CANTUTA -REGION DE JUNIN* . JUNIN.

VILLILLI VARGAS , N. F. (2018). *CARACTERIZACION GEOTECNICA DE LOS SUELOS DEL VOLCANICO SENCCA,MEDIANTE REFRACCION SISMICA Y ANALISIS DE ONDAS SUPERFICIALES (MASW) , EN EL A.A.H.H. VILLA FLORIDA DEL DISTRITO DE YURA - AREQUIPA*. AREQUIPA.

## **ANEXOS**



**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

**“EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOFISICOS MASW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE – JUNIN”.**

Problema	Objetivo	Marco Teórico	Hipótesis	Operacionalización de Variables			Metodología	
<p><b>Problema General</b> ¿Cómo Realizar la Evaluación de las propiedades dinámicas y geotécnicas del suelo Arcilloso mediante métodos Geofísicos de MASW, MICROTREMOR, REFRACCIÓN SÍSMICA en TORRE TORRE -JUNIN?</p> <p><b>Problema Específicos</b></p> <p>a) ¿Cómo determinar las características físicas del suelo arcilloso mediante calicatas en TORRE -Junín?</p> <p>b) ¿Cómo determinar los resultados de las propiedades dinámicas (frecuencia y periodo), del suelo Arcilloso mediante el método Geofísico de Microtremor en TORRE TORRE - JUNIN?</p> <p>c) ¿Cómo determinar los resultados de las propiedades geotécnicas mediante el método de Refracción Sísmica y Masw del suelo arcilloso en TORRE TORRE - JUNIN?</p>	<p><b>Objetivo General</b> Realizar la evaluación de las propiedades dinámicas y geotécnicas del suelo Arcilloso mediante Métodos Geofísicos de MASW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA en TORRE TORRE – JUNIN</p> <p><b>Objetivo Especifico</b></p> <p>a) Determinar las características físicas del suelo arcilloso mediante calicatas en TORRE TORRE – JUNIN</p> <p>b) Determinar los resultados de las propiedades dinámicas (Frecuencia y periodo) del suelo Arcilloso mediante el método Geofísico de Microtremor en TORRE TORRE – JUNIN.</p> <p>c) Determinar los resultados de las propiedades geotécnicas del suelo arcilloso mediante los métodos de Refracción Sísmica y Masw en TORRE TORRE – JUNIN</p>	<p><b>Antecedentes Nacionales</b></p> <p>-Villilli (2018) , “Caracterización Geotécnica de los suelos del volcánico Sencca, mediante refracción sísmica y análisis de ondas superficiales (masw) en el A.A.H.H. Villa Florida del distrito de Yura – Arequipa ”, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa , Arequipa, Perú , 2018, objetivo, determinar las velocidades propagación de las ondas longitudinales (P) y transversales (S) mediante los métodos de refracción sísmica y análisis multicanal de ondas superficiales (masw) que permitirán generar perfiles estratigráficos de la zona de estudio , resultados , se determinó la velocidad de las ondas de corte a partir de los ensayos masw y la variación de ellos fue de acuerdo a la profundidad de los estratos , conclusiones , la velocidad de propagación de las ondas S para suelos formados por las tobas del volcánico Sencca son de 246,50m/s a 393,27m/s hasta los 30 metros de profundidad , tratándose de un suelo medianamente rígido con una clasificación sísmica S2 , propia de suelos arenosos como lo indica la E0.30 “Diseño Sismo resistente”. -Urquiza (2020), “Estudio Geofísico por el Método de Refracción Sísmica, Masw1d, Masw2d y Mam para el diseño estructural del puente cantuta –</p>	<p><b>Hipótesis General</b> La evaluación de las propiedades dinámicas y geotécnicas del suelo arcilloso mediante los métodos geofísicos de MASW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA es significativa en TORRE TORRE –JUNIN.</p> <p><b>Hipótesis Especificas</b></p> <p>a) Las características físicas del suelo arcilloso son variables se determinan mediante calicatas en TORRE TORRE -JUNIN.</p> <p>b) Los resultados de las propiedades dinámicas son 2 (frecuencia y periodo) se determinan con el método de microtremor en el suelo arcilloso en TORRE TORRE - JUNIN.</p> <p>c) Los resultados de las propiedades geotécnicas del suelo arcilloso son variables se determinan mediante el método de Refracción Sísmica y Masw en el suelo arcilloso de TORRE TORRE - JUNIN.</p>	<p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Suelo Arcilloso</p>	<p><b>Dimensiones</b></p> <p>Características Físicas del Suelo</p> <p>Propiedades geotécnicas</p> <p>Propiedades Dinámicas</p>	<p><b>Sub Dimensiones</b></p> <p>Contenido de Humedad</p> <p>Granulometría</p> <p>Límite de Consistencia</p> <p>Capacidad de carga admisible</p> <p>Clasificación Sísmica del Suelo según la ASCE</p> <p>Clasificación Sísmica del Suelo Según la N.T.P E.030</p> <p>Coef.poisson</p> <p>Modulo volumétrico</p> <p>Módulo de corte</p> <p>Módulo deYoung</p> <p>Movimiento sísmico débil o</p>	<p><b>Indicadores</b></p> <p>Porcentaje de humedad</p> <p>Porcentaje de Retenido</p> <p>Porcentaje de agua</p> <p>Angulo de Fricción</p> <p>Cohesión</p> <p>Velocidad de Ondas S</p> <p>Velocidad de Ondas S</p> <p>Velocidad de Ondas S</p> <p>Velocidad de Ondas P</p> <p>Frecuencia</p>	<p><b>Método de Investigación</b> Cuantitativo</p> <p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> Exploratorio</p> <p>Descriptivo</p> <p><b>Población</b> El suelo arcilloso localizado en Torre Torre –Junín con una extensión de 240m2</p> <p><b>Muestra</b> Se vio por conveniente realizar esta cantidad de muestras por la extensión y envergadura del área de estudio.</p> <p><b>Método de refracción sísmica y Masw</b> Se Determinará 2 líneas sísmicas de 36 m (5 impactos shot en cada línea sísmica)</p> <p><b>Método de Microtremor</b> Se determinará 3 estaciones de microtremors</p> <p><b>Muestra alterada</b> 2 calicatas a cielo abierto cada 3 metros</p>

		<p>región Junín”, Universidad San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú, 2020, objetivo, obtener el perfil de ondas longitudinales (Vp), con el fin de conocer las variaciones tanto en profundidad como horizontal del sub suelo, resultados, la variación de velocidades de las ondas de corte varía de acuerdo a la profundidad de cada estrato, conclusiones, la velocidad de ondas P y S varían de acuerdo a la profundidad de cada estrato donde se realizó cada método para poder determinarlos .</p> <p>-Zeballos (2017), “Métodos de Refracción Sísmica masw –mam y parámetros elásticos del puente vehicular interregional Pampas, Ayacucho – Apurímac 2016”, Universidad Peruana los Andes, Huancayo, Perú, objetivo, determinar cuál es el perfil sísmico unidimensional de ondas de corte evaluadas mediante el análisis de ondas superficiales en arreglo multicanales masw y mam en el puente vehicular interregional – Pampas, resultados , los métodos aplicados en cada estribo determinaron las velocidades de ondas de corte y compresionales que variaron de acuerdo a la profundidad de cada estrato de los perfiles sísmicos, conclusiones , con la propagación de las ondas de corte se analizara la rigidez del suelo ,obteniéndose el perfil sísmico unidimensional de ondas de corte de acuerdo a la profundidad de sub suelo .</p> <p><b>Antecedentes Internacionales</b></p> <p>-Mejía y Calero (2019) , “Caracterización de la condiciones geológicas y sísmicas en la parte N y Sw del recinto universitario Rubén Darío ( RURD,UNAN MANAGUA)”,Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Managua, Nicaragua , 2019, Objetivo, analizar los datos de microtremor mediante la aplicación de la técnica del cociente espectral H/V o técnica</p>		<p><b>Variable independiente</b></p> <p>Métodos Geofísicos</p>	<p>Ensayo de Masw</p> <p>-----</p> <p>Ensayo de Refracción Sísmica</p> <p>-----</p> <p>Ensayo de Microtremors</p>	<p>Microtemblores</p> <p>Viaje de Ondas de Cuerpo</p> <p>-----</p> <p>Vibración del suelo</p>	<p>Periodo</p> <p>Velocidad de Ondas S</p> <p>Velocidad de Ondas P</p> <p>-----</p> <p>Frecuencia del Suelo</p> <p>-----</p> <p>Periodo del Suelo</p> <p>-----</p>	<p>de distancia cada una con una profundidad de 4m cada una</p>
--	--	---	--	--	---	---	--	---

		<p>de Nakamura con el propósito de estimar frecuencia, periodos y amplitudes de vibraciones de los suelos y estimar el efecto de sitio en el área de investigación , resultados , con el programa japonés FouSpcMicGv4.exe del doctor Kiminobu desarrollado en el año 2004 , se calculó la función de transferencia empírica ( periodo y amplitud) obteniendo el valor promedio de las componentes horizontales y verticales que según Nakamura es la función de transferencia aproximada del suelo , conclusiones , se encontraron tres diferentes formas de aplicación en el área de estudio , familia 1 ; periodos dominantes de 0.1 seg a 0.3 seg ,frecuencia de 3.3. a 20 Hz , con una amplificación encima de 4 hasta de 9 veces ; familia 2 , periodos dominantes de 0.31 a 0.5 seg ,frecuencia de 0.31 seg a 0.5 seg, con una frecuencia de 2 a 3.2 Hz , amplitudes de 4 a 7.9 veces , familia 3 , periodos dominantes de 0.1 a 0.32 seg , con frecuencia dominante de 3.1 y 5.5 Hz , amplificaciones de 4.1 a 9 veces más relativo .</p> <p>-Badette (2020), “Determinación de Periodos Fundamentales del suelo mediante Vibración Ambiental en la Comunidades de Jardines del caribe y la playa Puerto Rico”, Universidad de Puerto Rico, recinto universitario de Mayagüez, Puerto Rico, objetivo, determinar los periodos fundamentales para los respectivos puntos seleccionados mediante la aplicación del método de cociente espectral H/V (o método de Nakamura), resultados, se realizó 90 puntos para la medición de periodos se encontraron inconvenientes por accesibilidad los valores de periodos obtenidos oscilan desde de 0.60seg hasta 1,26seg , conclusiones, con los valores de periodos obtenidos se realiza un mapa de isoperiodos para la Urbanización de Jardines de Caribe y el barrio la Playa .</p>						
--	--	--	--	--	--	--	--	--

		<p>-Navarro (2018), "Aplicación del método Masw para la caracterización Sísmica del suelo en Zona Urbana", Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, Colombia, objetivo, la caracterización sísmica del sub suelo obtenida según los valores de la velocidad de las ondas de cizalladura (Vs) serán contrastados con diversos sondeos distribuidos por las ciudades , resultados, el estudio cuenta con 45 estaciones (450 m) , se obtuvieron 6 perfiles se clasificaron de acuerdo a la velocidad de ondas de cizalladura obteniendo suelo medio blando tipo c , suelo blando tipo D , suelo duro o roca blanda tipo B , tipos A, roca dura conclusiones , el método de Masw es un dispositivo móvil de gran longitud en ciudades urbanas con ruido ambiental , al realizar estudios es necesario la presencia de la policía para la ayuda en la organización del tráfico .</p>						
--	--	---	--	--	--	--	--	--

## ANEXO 02\_ESTUDIOS GEOFISICOS

### ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE ENSAYOS DE MICROTREMORS, REFRACCIÓN SÍSMICA y MASW

**PROYECTO:** EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y  
GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE  
METODOS GEOFISICOS MASW, MICROTREMOR,  
REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE –JUNIN.

#### INFORME FINAL



Preparado para:

Rosa Villalobos

Preparado por:



**HUANCAYO - PERÚ**

**Diciembre, 2019**

## **ESTUDIO GEOFÍSICO MEDIANTE ENSAYOS DE MICROTREMORS REFRACCIÓN SÍSMICA y MASW**

### **1.0 GENERALIDADES**

#### **1.1 Antecedentes**

La Srta. Rosa Villalobos solicitó a la empresa **HGS Engineering S.A.C.**, elaborar el estudio geofísico mediante Ensayos de Refracción Sísmica, MASW y ensayos de Microtremors, como parte del proyecto de investigación "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOFISICOS MASW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE –JUNIN".

Luego de la planificación de la exploración geofísica, se dio inicio a los trabajos de campo para la elaboración del presente estudio, cuyo contenido se describe a continuación.

#### **1.2 Objetivo del Estudio**

Se realizó el estudio geofísico con el objeto de determinar el perfil estratigráfico del suelo, determinar las velocidades de ondas de corte y, determinar el periodo fundamental del suelo, para lo cual se realizaron los ensayos de Refracción Sísmica, MASW y Microtremors.

#### **1.3 Ubicación de la Zona en Estudio**

La zona en estudio está ubicada en Torre Torre – en la ciudad de Huancayo, región Junín, cuya coordenada UTM referencial es 8666891 Norte y 479768 Este, en la zona 18S (ver Figura 1.1).

Los ensayos geofísicos fueron distribuidos por HGSE en coordinación con la Srta. Rosa Villalobos tal como se observa en la Figura 1.2. Las Tablas 1.1, 1.2, 1.3 indican los extremos de las líneas de Refracción Sísmica, los puntos de ubicación de los ensayos MASW y las estaciones de Microtremors, respectivamente.



**Figura 1.1.- Ubicación general de Zona de Estudio (Fuente: Google Earth).**



**Figura 1.2.-** Distribución de las líneas geofísicas sobre el área en estudio

**Tabla 1.1.-** Ubicación de los extremos de las Líneas Sísmicas de Refracción (LS).

ENSAYO	LONGITUD [m]		ESTE	NORTE
LR 1	36	A	479747.00	8666891.00
		B	479775.00	8666873.00
LR 2	36	C	479772.00	8666902.00
		D	479781.00	8666868.00

**Tabla 1.2:** Ubicación de los sondeos MASW.

ENSAYO	ESTE	NORTE
MW 1	479761.00	8666882.00
MW 2	479776.50	8666885.00

**Tabla 1.3.-** Ubicación de los ensayos Microtremors (E).

Estación	ESTE	NORTE
E1	479767.97	8666891.31
E2	479774.46	8666884.43
E3	479784.14	8666867.77

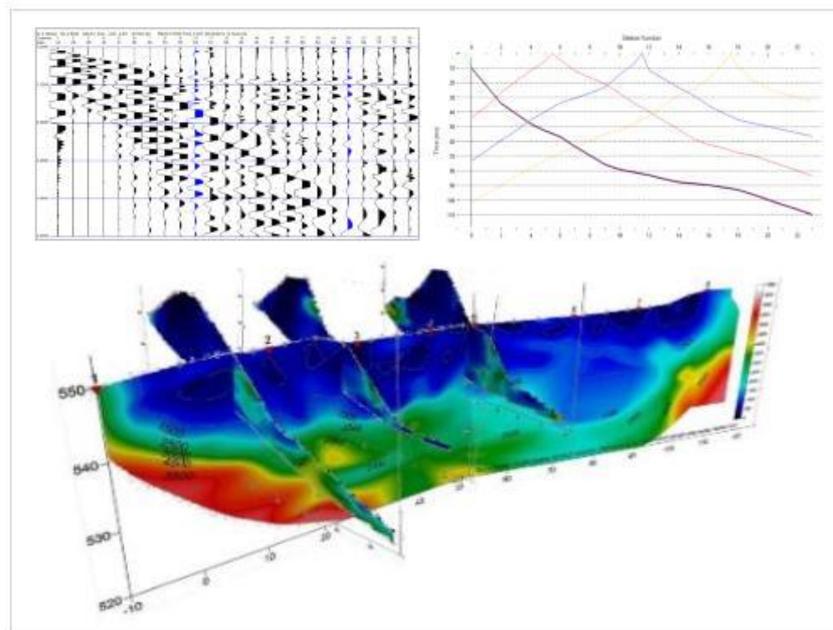
## 2.0 FUNDAMENTOS DE LOS ENSAYOS GEOFÍSICOS

### 2.1 Ensayos de Refracción Sísmica y MASW

Los ensayos de Refracción Sísmica, ensayos de Medición de Ondas Superficiales en Arreglos Multicanales (MASW) consisten en registrar ondas vibratorias en la superficie del terreno a distancias variables el arribo de las ondas de compresión (Ondas P) y ondas corte (Ondas S), con las cuales se determinan los cambios de velocidades a lo largo de los contactos. Para realizar el servicio solicitado, con el alcance indicado en los objetivos, se realizaron las siguientes actividades:

#### 2.1.1 Ensayos de Refracción Sísmica

El ensayo de refracción sísmica es un método de exploración geofísica no destructivo que permite determinar la estratigrafía del subsuelo en forma indirecta, basándose en el cambio de las propiedades dinámicas de los materiales que lo conforman. Este método consiste en la medición de los tiempos de viaje de las ondas de compresión (Ondas P) y algunas veces de las ondas de corte (Ondas S) generadas por una fuente de energía impulsiva a unos puntos localizados a distancias predeterminadas a lo largo de un eje sobre la superficie del terreno, según se observa en la Figura 2.1.



**Figura 2.1.-** El ensayo de Refracción Sísmica nos permite determinar las velocidades de propagación de ondas P a través de los diferentes estratos de suelos y rocas.

La energía, que se propaga en forma de ondas, es detectada, amplificada y registrada de tal manera que puede determinarse su tiempo de arribo en cada punto.

El tiempo cero o inicio de la grabación es generado por un dispositivo de arranque o "trigger" que activa el sistema de adquisición de datos al momento de producirse el impacto o explosión. La diferencia entre el tiempo de arribo y el tiempo cero permite evaluar el tiempo de propagación de las ondas desde la fuente de energía hasta el lugar en que éstas son registradas.

Los datos de tiempo y distancia obtenidos para diferentes ubicaciones del punto de aplicación de la energía (shot), nos permite determinar las velocidades de propagación de ondas P a través de los diferentes estratos de suelos y rocas cuya estructura, geometría y continuidad son investigadas.

En este método, la profundidad de investigación (h) es directamente proporcional a la longitud de la línea extendida (L) en el terreno, con una relación de aproximadamente 1/3 a 1/4. Las ondas grabadas son producto de refracciones de discontinuidades del medio. Una condición importante para la aplicación y validez del método, es que la velocidad de propagación de las ondas aumente con la profundidad ( $V_1 < V_2 < V_3 \dots$ ).

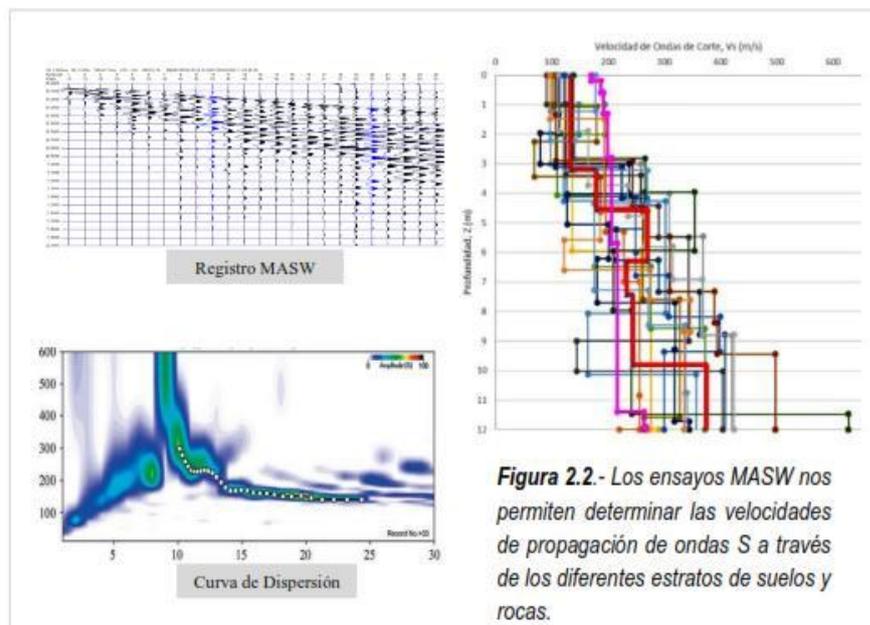
### 2.1.2 Sondajes MASW

Los sondajes MASW (multichannel analysis of surface waves) o Análisis de Ondas Superficiales en Arreglo Multicanal consisten en la interpretación de las ondas superficiales (Ondas Rayleigh) de un registro en arreglo multicanal, generadas por una fuente de energía impulsiva en puntos localizados a distancias predeterminadas a lo largo de un eje sobre la superficie del terreno, obteniéndose el perfil de velocidades de ondas de corte ( $V_s$ ) para el punto central de dicha línea (Figura 2.2).

La interpretación de los registros consiste en obtener de ellos una curva de dispersión (un trazado de la velocidad de fase de las ondas superficiales versus la frecuencia), filtrándose solamente las ondas superficiales ya que la velocidad de fase se aproxima en un 90% a 95% del valor de  $V_s$ , y luego mediante un cálculo inverso iterativo (método de inversión) se obtiene el perfil  $V_s$  desde la curva de dispersión calculada para cada punto de estudio.

Esta técnica se ha venido utilizando con bastante frecuencia en la exploración geotécnica para la cimentación de puentes, presas de tierra, presas de relaves y pads de lixiviación, obteniéndose buenas correlaciones con los perfiles estratigráficos del suelo en los casos donde se han realizados perforaciones diamantinas, así como con los resultados de los

ensayos SPT, por lo que tiene una buena confiabilidad y constituye una alternativa muy económica para la evaluación de los parámetros elásticos del suelo de fundación.



**Figura 2.2.-** Los ensayos MASW nos permiten determinar las velocidades de propagación de ondas S a través de los diferentes estratos de suelos y rocas.

**Figura 2.2.-** El ensayo de MASW, nos permite determinar las velocidades de propagación de ondas S a través de los diferentes estratos de suelos y rocas.

## 2.2 Ensayos de Microtremors – Método de Nakamura

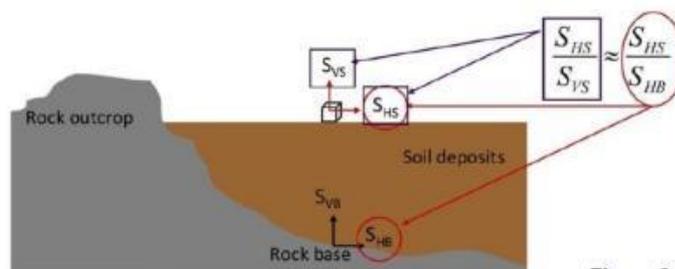
En sismología la intensidad de un movimiento del terreno es función de parámetros tales como la magnitud del sismo, la distancia epicentral, las características de la fuente sísmica y las condiciones locales del terreno. Sin embargo, la geología local es uno de los parámetros más importantes, ya que influye grandemente en el tipo de respuesta de sitio para cualquier sitio en particular. Es decir que, para un terremoto dado, la intensidad sísmica depende en gran medida del lugar donde se mide. Estudios de la magnitud de los daños causados por terremotos recientes y su distribución espacial confirman la importancia de los efectos locales de sitio, ya que la severidad de los daños suele estar relacionada con amplificaciones locales debidas a las condiciones geológicas y geotécnicas del lugar.

Es necesario anticipar el daño que la amplificación puede llegar a causar. Esto puede resultar en una prospección antes del desastre, con el objetivo de determinar cómo y dónde las señales sísmicas pueden ser modificadas por condiciones geológicas locales o morfológicas. Debido a las limitaciones que dificultan la utilización de registros sísmicos fuertes en los estudios, por su escasez temporal y espacial, se puede sacar provecho de la

información proveniente de movimientos sísmicos débiles y de microtemblores para la caracterización dinámica de los suelos y la subsiguiente de evaluación de la amenaza sísmica local.

El término microtremor o microtemblores se utiliza para denotar todo tipo de ruido sísmico ambiental o vibraciones ambientales, tales como: vibraciones producidas por actividades humanas, generalmente de alta frecuencia; vibraciones causadas por fuentes superficiales locales como las industrias y el tráfico; ruido natural de baja frecuencia generado por mareas, vientos, y telesismos.

Para caracterizar el comportamiento dinámico del suelo en la zona en estudio, se utilizará registros de vibraciones ambientales (microtemblores) y la relación espectral de las componentes horizontales y verticales propuesta por Nakamura (1989). Nakamura propuso que el cociente entre la componente horizontal y la componente vertical en el dominio frecuencial era un buen estimador del efecto de sitio. Esta técnica se aplicó por primera vez a microtemblores de zonas urbanas de Japón. Este método ha sido ampliamente difundido en los últimos años y utilizado por la fiabilidad de sus resultados, por su rapidez y economía en su ejecución. Nakamura supone que la razón (H/V) o razón espectral corresponde a la función de transferencia de los niveles superficiales sometidos a movimientos horizontales (Figura 2.3).

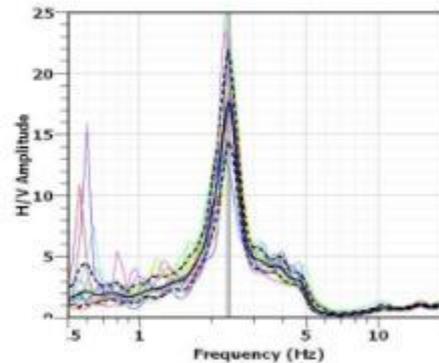


- $S_{HS}$  = Espectro de movimiento horizontal en la superficie
- $S_{VS}$  = Espectro de movimiento vertical en la superficie
- $S_{HB}$  = Espectro de movimiento horizontal en la base
- $S_{VB}$  = Espectro de movimiento vertical en la base

**Figura 2.3.- Estructura geológica típica de una cuenca sedimentaria (Nakamura, 1989).**

Los registros adquiridos en campo y la interpretación de las mismas permitirán conocer el periodo natural o fundamental del suelo y el factor de amplificación (Figura 2.4), parámetros que definirán el comportamiento dinámico del suelo ante la ocurrencia de un evento sísmico.

**Figura 2.4.-** Ejemplo de relación espectral horizontal y vertical vs Frecuencia.



### 3.0 EQUIPO E INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN CAMPO

Para desarrollar los trabajos en campo del presente estudio, según el alcance establecido en el objetivo, se emplearon equipos y herramientas cuyas características generales se indican a continuación.

#### A. Ensayos Geofísicos Sísmicos (Refracción Sísmica y MASW):

- Adquisidor de datos Geode de 24 canales.
- 24 geófonos de 14 Hz.
- 24 geófonos de 4.5 Hz.
- 02 Cables de 240 m.
- 01 Laptop
- 01 comba de 20 lbs de pesa
- 01 plato metálico.
- 02 baterías de 12 voltios.
- Herramientas varias.



**Figura 3.1.-** Vista del adquisidor de datos ES-3000 de 24 canales.

#### B. Ensayos Microtremors

- Estación Sísmica Acelerógrafo ZET 048-C
- Batería interna para todo día de trabajo.
- GPS / GLONASS incorporado.
- Brújula y nivel para su eficiente instalación.
- Tarjeta SD de 32 Gb incorporado para trabajos
- Software compatible con Windows 7 y Windows 10.



- Geófono tri-axial integrado de alta precisión (24 bits).
- Generador integrado para geófono de calibración.
- Frecuencia de banda extendida [0.1 Hz – 400 Hz].



**Figura 3.2:** Acelerómetros ZET 048-C, utilizados para la adquisición de datos.

#### 4.0 PROCEDIMIENTO DE LOS TRABAJOS DE CAMPO

La ubicación de las líneas geofísicas fue coordinada en campo por parte de la Srta. Rosa Villalobos y HGSE, el espaciamento entre geófonos fueron definidos en función a la profundidad de exploración requerida por el solicitante y en función al espacio máximo permisible en campo.

##### ▪ Refracción sísmica y MASW

Los trabajos en campo consistieron en definir los ejes de las líneas sísmicas de refracción de 36 m de longitud sobre la superficie del terreno, con espaciamentos entre geófonos de 1.5 m, y definir los ejes de los sondajes MASW sobre la superficie y espaciamento entre geófonos de 1.5 m. Según la disponibilidad de espacio en la zona en evaluación.

Para los ensayos de refracción sísmica y ensayos MASW se empleó como fuente de vibraciones una comba de 20 lbs de peso con caída controlada para los ensayos MASW, como se puede apreciar en las figuras 4.1 y 4.2.

Sobre cada eje definido se marcaron los puntos donde se ubicaron los geófonos y se realizaron los impactos (Shots), tanto para los ensayos de refracción sísmica como para los ensayos MASW, luego se procedió a colocar e instalar los geófonos a los cables principales y estas a su vez al equipo de adquisición de datos.

Los registros de cada impacto fueron grabados optimizando la relación señal/ruido para cada punto de disparo.



**Figura 4.1:** Alineamiento de LR 1 y MW 1 e instantes del impacto shot 3.



**Figura 4.2:** Alineamiento de LR 2 y MW 2 e instantes del impacto shot 2 y 3.

- **Ensayo de Microtremors**

Se definieron los puntos de ubicación de las estaciones para los ensayos de microtremors, tomando en cuenta las condiciones del terreno, con el fin de tomar nota del tipo de suelo donde se va a instalar el equipo (acelerómetro), y existencia de construcciones cercanas existen y factores externos que pudieran perturbar la medición de los registros;

Una vez definido la ubicación del equipo (estación), se perfilo el nivel del suelo (Horizontal), para el asiento de las patas del acelerómetro;

Se estacionó el equipo, posicionando primeramente el Acelerómetro (triaxial) sobre el terreno, seguidamente se sobrepuso el control de mando y finalmente el GPS. Posterior a lo antes mencionado se nivelo horizontalmente el equipo y el eje Y del equipo en dirección al Norte Magnético.

Para el registro de datos se utilizó una laptop (previamente instalada el software de adquisición), configurada para recepcionar las señales de las tres componentes (X, Y, Z) durante 40 min, en cada ensayo.

Terminado el ensayo, se desinstalo el equipo, y se procedió a movilizarse hacia la siguiente estación de medición.

**Figura 4.3:** Vista Panorámica Estación E1



**Figura 4.4:** Vista Panorámica Estación E2



**Figura 4.5:** Vista Panorámica Estación E3

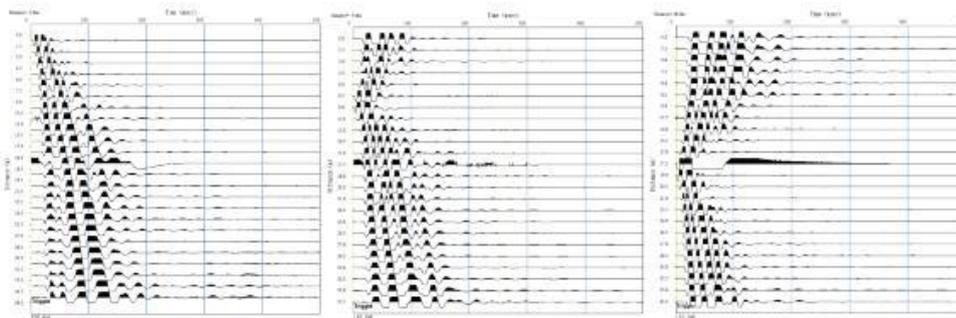
El procesamiento de datos fue complementado con la información de levantamiento topográfico de cada uno de los ensayos geofísicos, información complementaria muy importante para el procesamiento e interpretación de la información obtenido en campo. La topografía fue proporcionada por El Solicitante.

## 5.0 PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Posterior a los trabajos de campo se realizó en gabinete el procesamiento e interpretación de cada uno de los ensayos geofísicos, información que fue complementada con los datos del levantamiento topográfico e información obtenida de la zona en evaluación.

### 5.1 Perfiles Sísmicos

Con los registros de las ondas sísmicas obtenidos en campo (ver Figura 5.1 y 5.3) se determinaron las curvas tiempo-distancia o dromocronas las cuales se muestran en la Figura 5.2 y 5.4 y representan las primeras llegadas de las ondas P refractadas a cada uno de los geófonos ubicados a distancias determinadas. Con la información mencionada anteriormente y la topografía de cada una de las líneas sísmicas se realizó la interpretación de los perfiles sísmicos mediante el análisis de inversión (J. Rando, 1917).



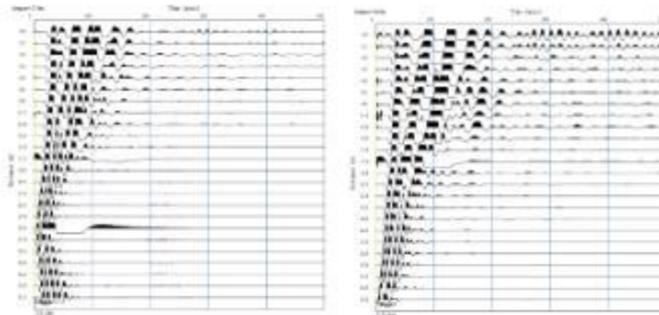


Figura 5.1.- Registros sísmicos de cada Impacto (Shot) de LR 1.

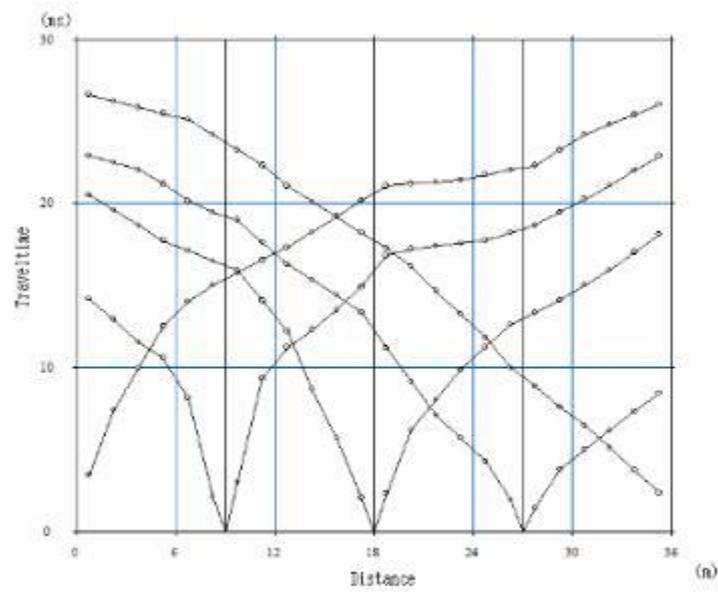
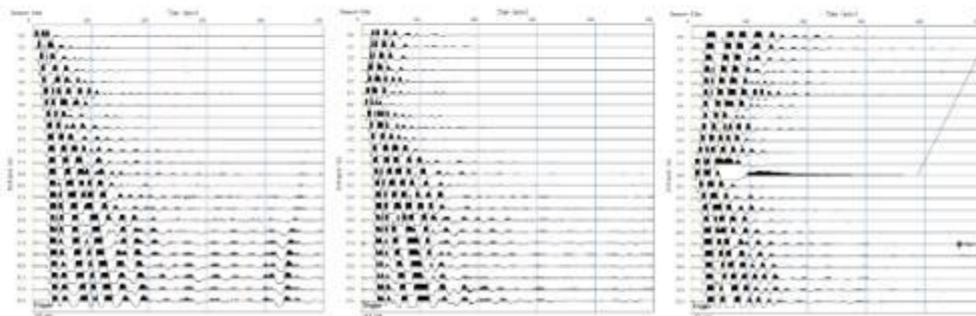
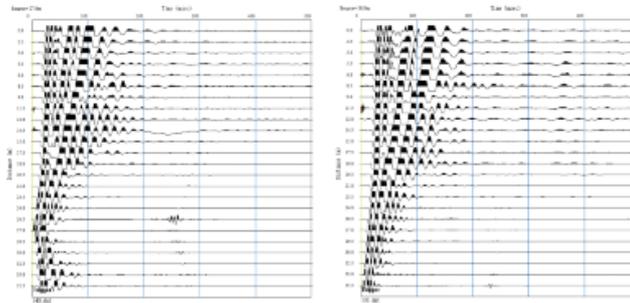
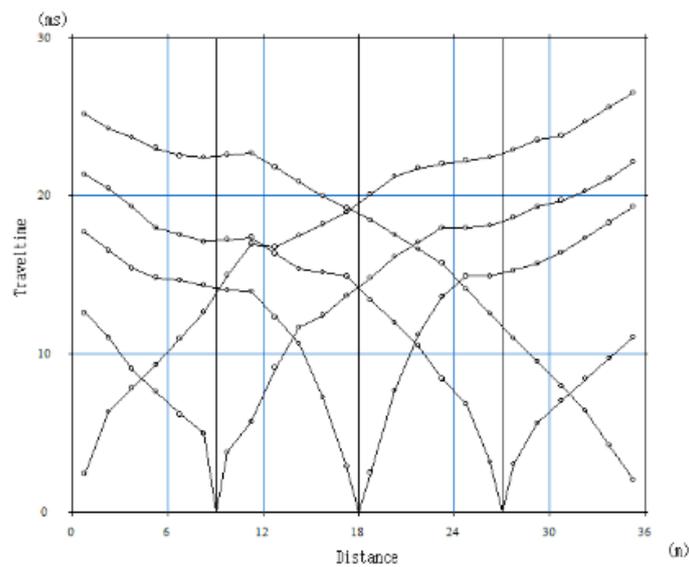


Figura 5.2.- Domocrona de LR 1.



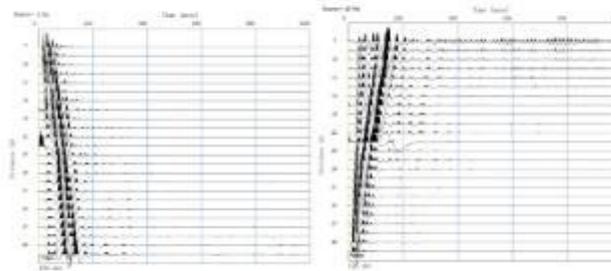


**Figura 5.3.- Registros sísmicos de cada Impacto (Shot) de LR 2.**

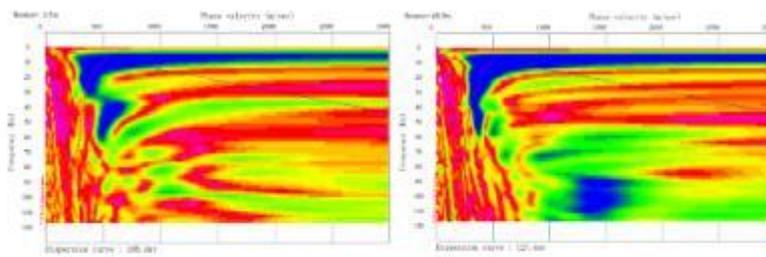


**Figura 5.4.- Tomocrona de LR 2.**

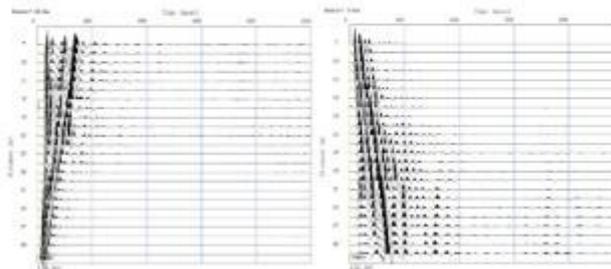
La interpretación de las líneas sísmicas (LR) fueron correlacionados con los resultados de los ensayos MASW. Los resultados de los ensayos MW fueron proyectadas sobre los perfiles sísmicos, las cuales proporcionaron una idea de las velocidades de ondas de corte ( $V_s$ ) de la estratigrafía a profundidad. Los resultados de los ensayos MASW se presentan en la Figura 5.5, 5.6, 5.7, 5.8 y 5.9, este último Modelo Unidimensional de Ondas de Corte.



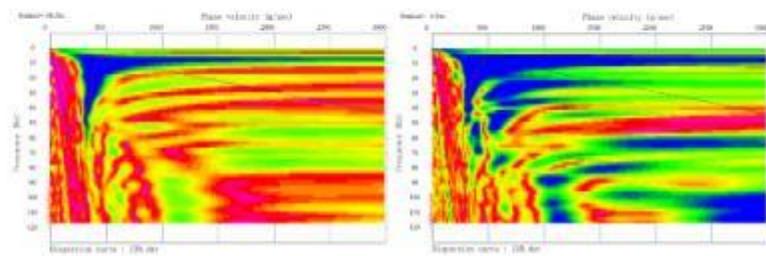
**Figura 5.5.** - Registros sísmicos de cada Impacto (Shot) de MW 1.



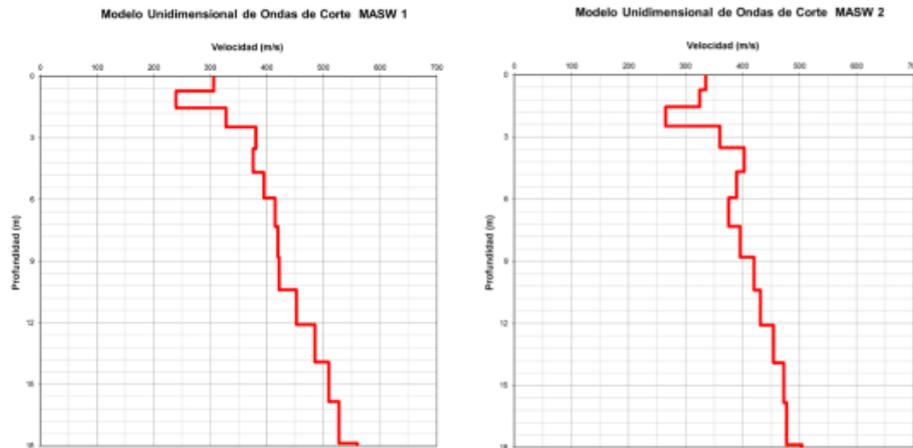
**Figura 5.6.** - Curvas de Dispersión de MW 1.



**Figura 5.7.** - Registros sísmicos de cada Impacto (Shot) de MW 2.



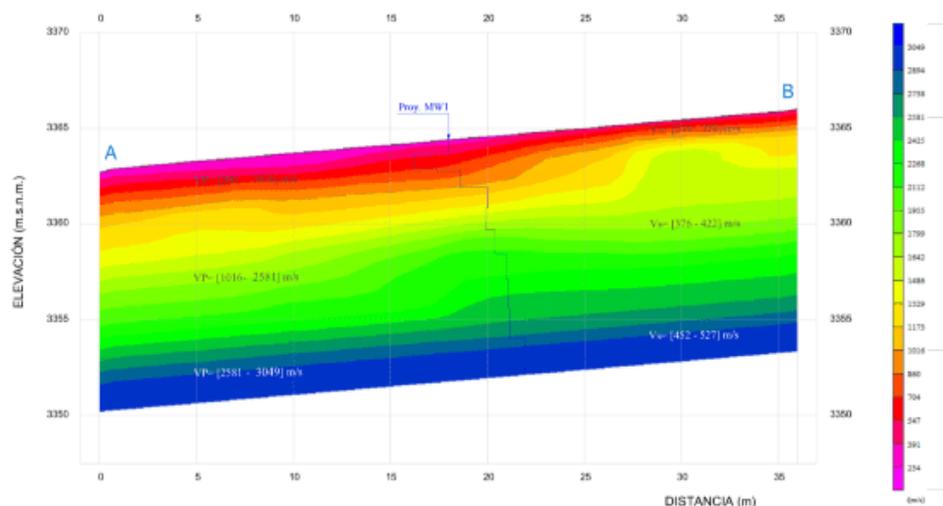
**Figura 5.8.** - Curvas de Dispersión de MW 2.



**Figura 5.9.- Modelo unidimensional de Ondas de Corte MASW 1 y MASW 2.**

A continuación se presentan los resultados de integración e interpretación de los ensayos geofísicos realizados en la zona de evaluación:

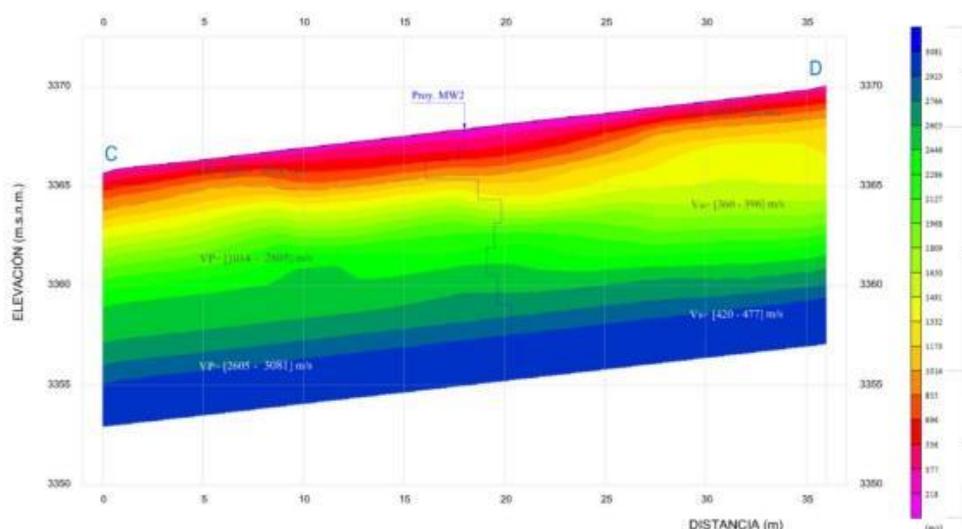
**Perfil Sísmico LR 1.-** Este perfil sísmico consistió de 36 m de longitud sobre la superficie del terreno y espaciamiento de 1.5 m entre geófonos, dentro del alineamiento de la línea sísmica se realizaron 05 shots. Sobre el resultado del perfil sísmico LR 1 se proyectó el resultado del ensayo MW 1 (en el centro de la línea sísmica LR 1) la cual proporciona las velocidades de ondas de corte ( $V_s$ ) de la estratigrafía a profundidad. El perfil sísmico muestra la presencia de tres estratos (ver figuras 5.10).



**Figura 5.10.- Perfil sísmico LR 1.**

- El primer estrato presenta valores de velocidad de ondas P ( $V_p$ ) entre 200 m/s a 1016 m/s, velocidad de ondas de corte ( $V_s$ ) de 306 m/s, con un espesor variable de 0.9 m a 2.4 m. Estratigráficamente estaría conformado por suelo blando a suelo denso.
- El segundo estrato nos muestra velocidades de propagación de ondas P ( $V_p$ ) entre 1016 m/s a 2581 m/s, velocidad de ondas de corte ( $V_s$ ) entre 376 m/s a 422 m/s, con un espesor variable de 7.5 m a 8.8 m. Estratigráficamente estaría conformado por suelo muy denso a roca muy fracturada y/o muy alterada.
- El tercer estrato nos muestra velocidades de propagación de ondas P ( $V_p$ ) entre 2581 m/s a 3049 m/s, velocidad de ondas de corte ( $V_s$ ) entre 452 m/s a 527 m/s, incrementándose con la profundidad. Estratigráficamente estaría conformado por roca fracturada y/o alterada.

**Perfil Sísmico LR 2.-** Este perfil sísmico consistió de 36 m de longitud sobre la superficie del terreno y espaciamiento de 1.5 m entre geófonos, dentro del alineamiento de la línea sísmica se realizaron 05 shots. Sobre el resultado del perfil sísmico LR 2 se proyectó el resultado del ensayo MW 2 (en el centro de la línea sísmica LR 2) la cual proporciona las velocidades de ondas de corte ( $V_s$ ) de la estratigrafía a profundidad. El perfil sísmico muestra la presencia de tres estratos (ver figuras 5.11).



**Figura 5.11.- Perfil sísmico LR 2.**

- El primer estrato presenta valores de velocidad de ondas P ( $V_p$ ) entre 200 m/s a 1014 m/s, velocidad de ondas de corte ( $V_s$ ) de 335 m/s a 265 m/s, con un espesor variable de 1.2 m a 2.4 m. Estratigráficamente estaría conformado por suelo blando a suelo denso.
- El segundo estrato nos muestra velocidades de propagación de ondas P ( $V_p$ ) entre 1014 m/s a 2605 m/s, velocidad de ondas de corte ( $V_s$ ) entre 360 m/s a 396 m/s, con un espesor variable de 6.0 m a 7.7 m. Estratigráficamente estaría conformado por suelo denso a roca muy fracturada y/o muy alterada.
- El tercer estrato nos muestra velocidades de propagación de ondas P ( $V_p$ ) entre 2605 m/s a 3081 m/s, velocidad de ondas de corte ( $V_s$ ) entre 420 m/s a 477 m/s, incrementándose con la profundidad. Estratigráficamente estaría conformado por roca fracturada y/o alterada.

## 5.2 Periodo Fundamental de Vibración del Suelo

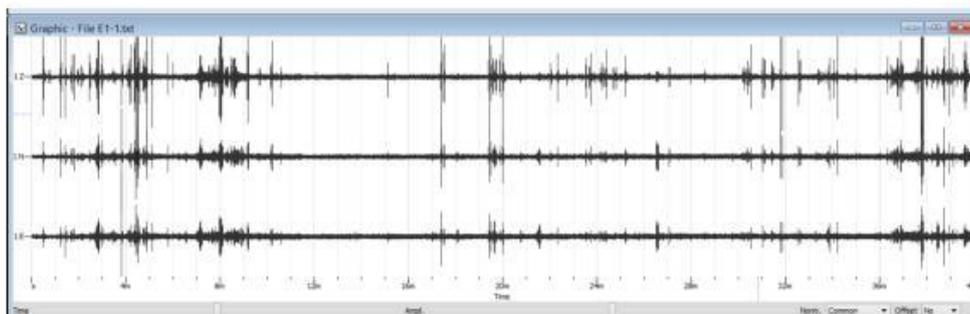
Las mediciones de los registros de campo se llevaron a cabo siguiendo el criterio SESAME, teniendo en cuenta las condiciones experimentales recomendadas. El tiempo de grabación de vibraciones ambientales fue de 40 minutos, dependiendo de las características propias de cada lugar (ruido antrópico, viento, etc.), para tener un registro representativo y ventanas de tiempo suficientes para el análisis.

El proyecto SESAME es un proyecto de investigación Europeo realizado durante tres años. Se creó con el objetivo de tener un procedimiento de análisis y evaluación fiable de riesgo y estrategia de mitigación sísmica. Se basa en la caracterización de efectos de sitio utilizando grabaciones ambientales (microtremores) combinadas con la técnica de razón espectral H/V (HVSR), (J-SESAME User Manual v.1.05, 2003).

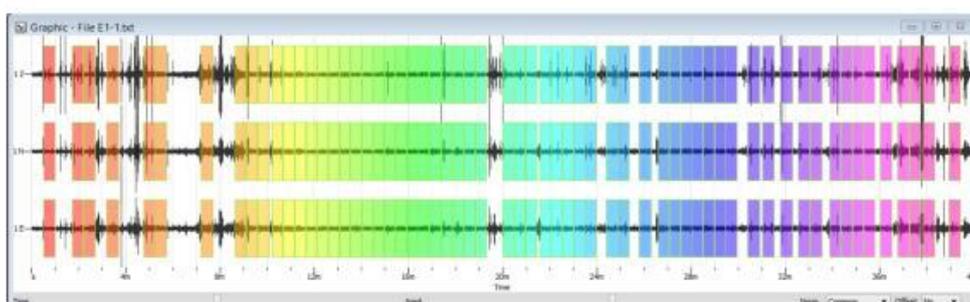
La grabación de vibraciones ambientales se obtuvo utilizando el acelerómetro triaxial ZET 48-C de la empresa ZETLAB. El instrumento se ubicó en dirección Norte y fue nivelado correctamente.

Se realizaron mediciones en tres (03) puntos (Estaciones - E). La ubicación de cada punto se puede observar en la Figura 1.2. Los registros de cada ensayo se procesaron en el software GEOPSY, el cual se rige por el criterio SESAME para el análisis H/V.

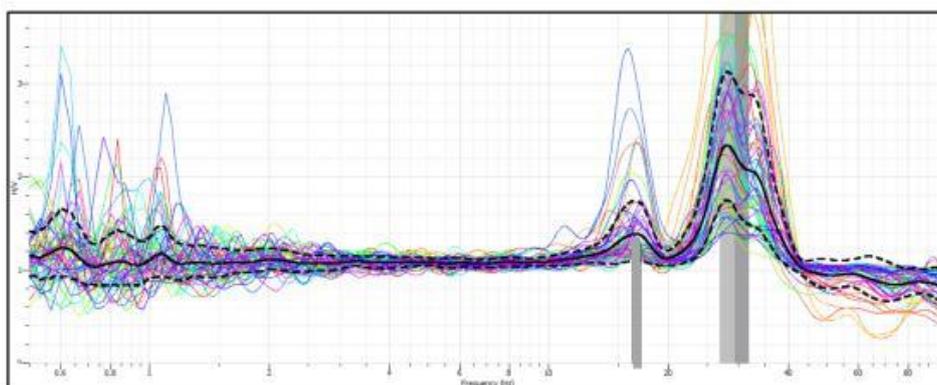
Las siguientes figuras muestran los registros en las componentes X, Y y Z del acelerómetro triaxial (Figura 5.12, Figura 5.15 y Figura 5.18), selección de ventanas de procesamiento (Figura 5.13, Figura 16 y Figura 19 ) y las curvas H/V - espectro de Fourier (Figura 5.14, Figura 5.17 y Figura 5.20), para las estaciones E1, E2 y E3, respectivamente.



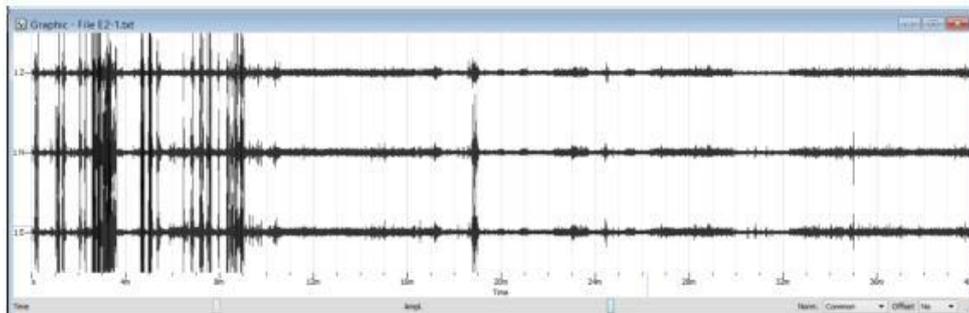
**Figura 5.12.-** Estación E1 registros de las componentes X, Y y Z.



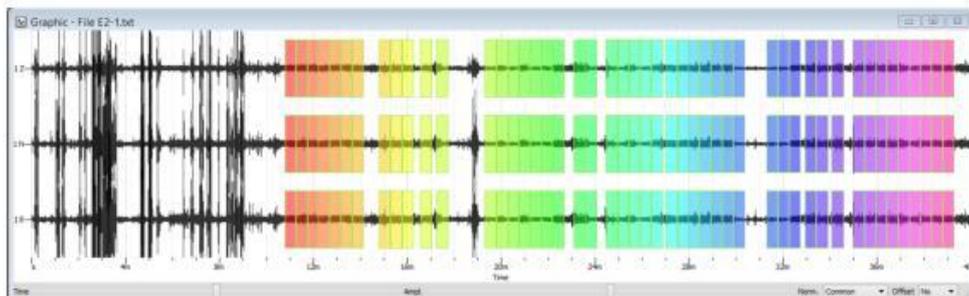
**Figura 5.13.-** Estación E1, selección de ventanas de procesamiento utilizando el software GEOPSY.



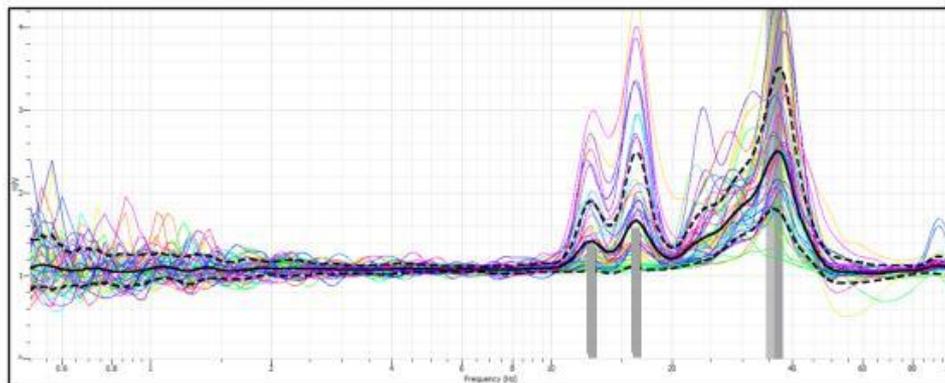
**Cuadro 5.14:** Estación E1, espectro de Fourier resultante de la señal con todas las ventanas seleccionadas, resultados de frecuencia y periodo fundamental hasta 100 Hz de frecuencia.



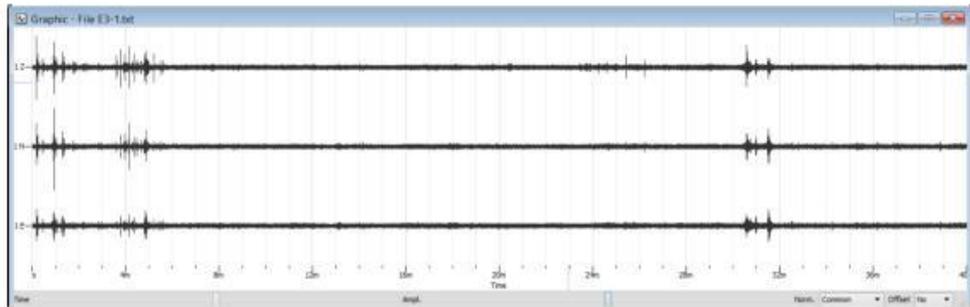
**Figura 5.15.-** Estación E2 registros de las componentes X, Y y Z.



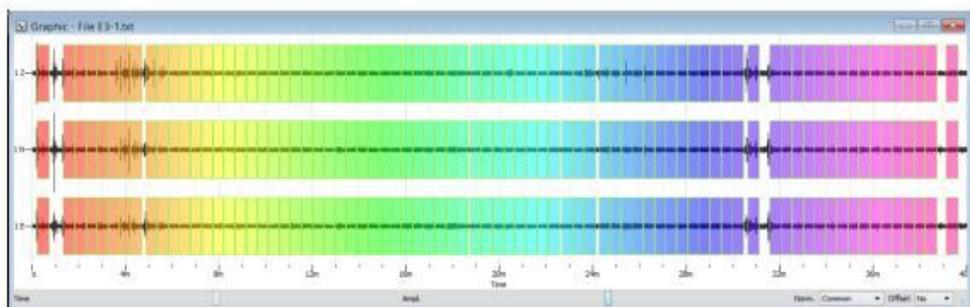
**Figura 5.16.-** Estación E2, selección de ventanas de procesamiento utilizando el software GEOPSY.



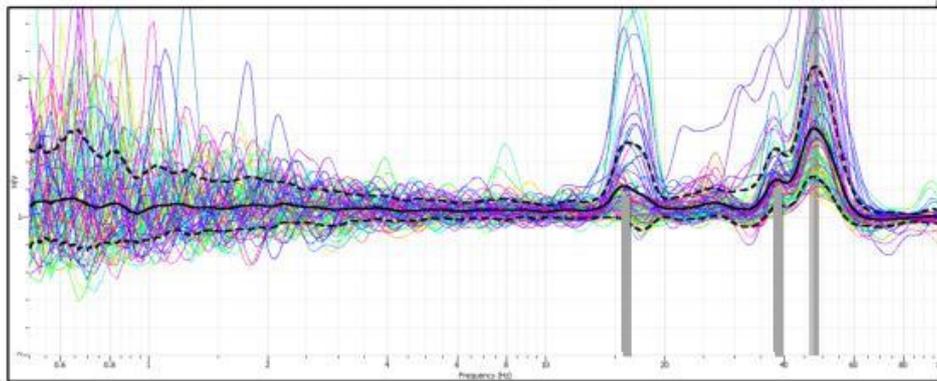
**Cuadro 5.17:** Estación E2, espectro de Fourier resultante de la señal con todas las ventanas seleccionadas, resultados de frecuencia y periodo fundamental hasta 100 Hz de frecuencia.



**Figura 5.18.-** Estación E3 registros de las componentes X, Y y Z.



**Figura 5.19.-** Estación E3, selección de ventanas de procesamiento utilizando el software GEOPSY.



**Cuadro 5.20:** Estación E3, espectro de Fourier resultante de la señal con todas las ventanas seleccionadas, resultados de frecuencia y periodo fundamental hasta 100 Hz de frecuencia.

En cada estación (E) se realizó un ensayo de Microtremors, cada registro de 40 minutos y un muestreo de 1000 muestras por segundo. En el Cuadro 5.1 se presenta un resumen de los ensayos Microtremors, resultados de frecuencias y periodos fundamentales.

**Cuadro 5.1:** Resumen de los ensayos Microtremors, resultados de frecuencias y periodos fundamentales.

Estación	$f_0$ (Hz)	$T_0$ (s)	Tipo de suelo	Descripción
<b>E1</b>	16.0	0.062	B - A	Suelo rígido o roca blanda a roca
	29.4	0.034	B - A	Suelo rígido o roca blanda a roca
<b>E2</b>	13.5	0.074	B - A	Suelo rígido o roca blanda a roca
	16.0	0.062	B - A	Suelo rígido o roca blanda a roca
<b>E3</b>	15.8	0.063	B - A	Suelo rígido o roca blanda a roca
	37.5	0.027	B - A	Suelo rígido o roca blanda a roca

La estación E1 se ubicó en centro del área de estudio (Ver Figura 1.2), el registro de datos de dicha estación dio como resultado frecuencias predominantes ( $f_0$ ) de 16.0 Hz y 29.4 Hz, las cuales proporcionan periodos fundamentales ( $T_0$ ) de 0.062 s y 0.034 s, respectivamente, según se observa en el Cuadro 5.1.

La estación E2 se ubicó alrededor al área de estudio (Ver Figura 1.2), el registro de datos de dicha estación dio como resultado frecuencias predominantes ( $f_0$ ) de 13.5 Hz y 16.0 Hz, las cuales proporcionan periodos fundamentales ( $T_0$ ) de 0.074 s y 0.062 s, respectivamente, según se observa en el Cuadro 5.1.

La estación E3 se ubicó alrededor del área de estudio (Ver Figura 1.2), el registro de datos de dicha estación dio como resultado frecuencias predominantes ( $f_0$ ) de 15.8 Hz y 37.5 Hz, las cuales proporcionan periodos fundamentales ( $T_0$ ) de 0.063 s y 0.027 s, respectivamente, según se observa en el Cuadro 5.1.

ANEXO\_03\_CALICATA\_01

LABORATORIO ESPECIALIZADO EN  
**GEOTECNIA Y CONCRETO**  
RUC: 20605051961



**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE INVESTIGACION**

**PROYECTO:**

**"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOFISICOS MAW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE - JUNIN"**



**SOLICITA:**

**VILLALOBOS HUAMAN ROSA BEATRIZ**

REGIÓN  
PROVINCIA  
DISTRITO

: Junin  
: Huancayo  
: Huancayo





## MEMORIA DESCRIPTIVA

### 1. ANTECEDENTES

El Terreno ubicado para ejecutar el Estudio de Suelos con fines de investigación del proyecto "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOFISICOS MAW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE - JUNIN", Ubicado en el Distrito de Huancayo, Provincia de Huancayo, Departamento de Junín. Es necesario contar con el Estudio de Mecánica de Suelos para establecer los parámetros y las características del suelo en la zona de estudio.

### 2. OBJETIVO DEL PROYECTO

El Objetivo del estudio es determinar los parámetros necesarios que se utilizarán en la investigación, Para lo cual se procedió a realizar 01 calicata, a una profundidad de 4.00 metros, se pudo notar que no existe presencia de nivel freático a la profundidad excavada, la muestra fue ensayada en los Laboratorios de la empresa "INSTITUTO GEOTECNICO NACIONAL".

### 3. DEL TERRENO

#### 3.1. UBICACIÓN

En cuanto a la localización del proyecto se encuentra en el Distrito de Huancayo, las coordenadas se muestran a continuación:

Cuadro 1  
Ubicación del Proyecto

DISTRITO	HUANCAYO
PROVINCIA	HUANCAYO
REGION	JUNIN

Cuadro 2  
Coordenadas del Proyecto

COORDENADAS GEOGRAFICAS		COORDENADAS UTM	
LATITUD	-12.059231° S	ESTE	479763.92 m E
LONGITUD	-75.185932° O	NORTE	8666889.84 m S
ALTITUD	3253 msnm	ZONA	18L





### 3.3. CONDICION CLIMATICA

Torre Torre tiene el clima de tundra. Temperatura media y precipitación promedio en Torre Torre o los períodos cuando cae más lluvia o nieve, Torre Torre tiene el clima de tundra. Hace frío aquí todo el año. La temperatura media anual en Torre Torre es 23° y la precipitación media anual es 16 mm. No llueve durante 334 días por año, la humedad media es del 77% y el Índice UV es 6. La máxima promedio es 22° durante enero en en Torre Torre y la mínima es alrededor de 16°. En enero llueve durante 9 días un total de 12 mm y el Durante este mes hay 22 días secos en en Torre Torre. La máxima promedio es 21° durante febrero en en Torre Torre y la mínima es alrededor de 16°. En febrero llueve durante 11 días un total de 13 mm y el Durante este mes hay 17 días secos en en Torre Torre. La máxima promedio es 22° durante marzo en en Torre Torre y la mínima es alrededor de 16°. En marzo llueve durante 8 días un total de 8 mm y el Durante este mes hay 23 días secos en en Torre Torre. La máxima promedio es 22° durante abril en en Torre Torre y la mínima es alrededor de 15°. En abril llueve durante 7 días un total de 7 mm y el Durante este mes hay 23 días secos en en Torre Torre. La máxima promedio es 21° durante mayo en en Torre Torre y la mínima es alrededor de 14°. En mayo llueve durante 2 días un total de 1 mm y el Durante este mes hay 29 días secos en en Torre Torre. La máxima promedio es 21° durante junio en en Torre Torre y la mínima es alrededor de 12°. En junio llueve durante 1 día un total de 1 mm y el Durante este mes hay 29 días secos en en Torre Torre. La máxima promedio es 20° durante julio en en Torre Torre y la mínima es alrededor de 11°. En julio llueve durante 2 días un total de 1 mm y el Durante este mes hay 29 días secos en en Torre Torre. La máxima promedio es 21° durante agosto en en Torre Torre y la mínima es alrededor de 11°. En agosto llueve durante 1 día un total de 1 mm y el Durante este mes hay 30 días secos en en Torre Torre. La máxima promedio es 22° durante septiembre en en Torre Torre y la mínima es alrededor de 12°. En septiembre llueve durante 2 días un total de 1 mm y el Durante este mes hay 28 días secos en en Torre Torre. La máxima promedio es 22° durante octubre en en Torre Torre y la mínima es alrededor de 13°. En octubre llueve durante 2 días un total de 1 mm y el Durante este mes hay 29 días secos en en Torre Torre. La máxima promedio es 22° durante noviembre en en Torre Torre y la mínima es alrededor de 13°. En noviembre llueve durante 1 día un total de 1 mm y el Durante este mes hay 29 días secos en en Torre Torre. La máxima promedio es 22° durante diciembre en en Torre Torre y la mínima es alrededor de 15°. En diciembre llueve durante 3 días un total de 3 mm y el Durante este mes hay 28 días secos en en Torre Torre.





### 3.4. GEOLOGIA

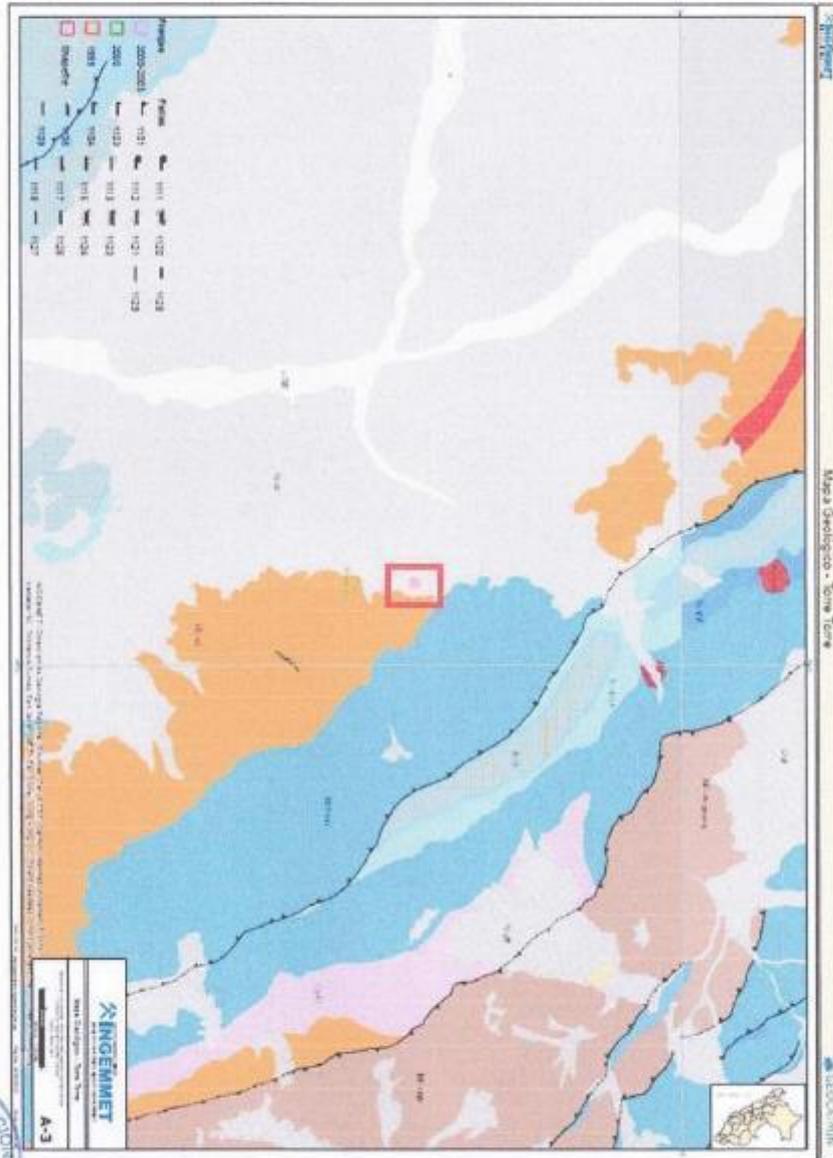
El Cuadrángulo de Huancayo abarca sectores de las Altas Mesetas Centrales y de la Cordillera Oriental; además, incluye la Depresión de Ingahuasi y la parte sur-oriental de la Depresión de Huancayo-Jauja, que contienen un espeso relleno Cuaternario. Tanto en las Altas Mesetas como en la Cordillera Oriental, (4,000-4,500 m.s.n.m.) se observan restos de la superficie "Puna", la cual fue profundamente erosionada por los glaciares y la escorrentía superficial. La columna estratigráfica se inicia con flyschs Excelsior parcialmente de edad Devónica media. Los flyschs fueron plegados a fines del Devónico y están cubiertos por las capas mayormente continentales del Carbonífero y del Pérmico inferior, las cuales infrayacen con discordancia de erosión a las capas rojas y a los volcánicos del Pérmico superior. A partir del Noriano, cuyos estratos cubren con discordancia de erosión a los del Pérmico superior, se diferenciaron paulatinamente en la región una plataforma sur-occidental y un geanticlinal nor-oriental, disposición paleogeográfica que controló claramente la sedimentación del Liásico superior hasta el Coniaciano. Durante el Triásico y el Liásico, una subsidencia marcada y continua afectó la plataforma y en menor grado el futuro geanticlinal, dando lugar a la deposición de 1,700 m. de calizas en aquella y de una serie calcárea más condensada de 800 m. mínimo en el último. En un mar que ocupaba la parte SW de la hoja se sedimentaron en el lapso. Aaleniano-Bajociano las areniscas de la Formación Cercapuquio (750 m. max.) y las calizas de la Formación Chunumayo (250 m. max)-. Después de una gran Laguna deposicional que abarcó el Batoniano y el Malm se depositaron las areniscas, en partes marinas y en parte continentales, del Neocomiano-Aptiano (Grupo Goyllarisquisga, 700 m.) que no se encuentran sobre el geanticlinal. Luego la plataforma fue invadida por un mar somero, en el cual se acumuló la sucesión clástica de estratos calcáreos del Cretáceo medio y superior (formaciones Chulec, Pariatambo y Jumasha); solamente la transgresión Chulec afectó al geanticlinal. La sedimentación marina se interrumpió definitivamente después del Coniaciano, debido a la emersión general que siguió a los movimientos tardicretáceos, y luego depositáronse en un ambiente continental las areniscas y conglomerados rojos llamados Capas Rojas o formación Casapalca, localmente datados del Eoceno medio, sedimentos que no se encuentran sobre el geanticlinal. Después de un largo período sin sedimentación durante el cual ocurrieron además varias fases de deformación y de erosión, tiene lugar, ya en el Terciario superior (Mioceno a Plioceno), exclusivamente en las Altas Mesetas, un extenso volcanismo; los productos más antiguos son básicos a intermedios (Volcanicos Astobamba), luego aparecen cuerpos hipabisales de composición intermedia (Volcanicos Heru) y finalmente volcánicos ácidos en su mayor parte redépositados (Tobas Ingahuasi). Los





depósitos cuaternarios son particularmente abundantes; se reconocen depósitos lacustres Pleistocénicos y tres conjuntos sedimentarios más recientes (morrenas, escombros y terrazas) que se relacionan con tres etapas de glaciación. En el aspecto tectónico se reconocen en Huancayo los efectos de varias fases tectónicas. La primera es la tectorogénesis eo-hercínica que plegó intensamente los flyschs Excelsior según direcciones E-W, a NE-SW en un primer tiempo, y NW-SE en un segundo. Los pliegues son isoclinales, están acompañados por esquistosidad y a veces por el desarrollo de un epimetamorfismo. Después de un largo período de cuasi-inactividad tectónica tiene lugar la tectorogénesis del Cretáceo tardío que afectó la parte NE de la plataforma y probablemente el geanticlinal. Los movimientos del Terciario inferior fueron intensos en toda la hoja y fueron seguidos por varias fases más débiles en el curso del Terciario medio y superior y hasta el Cuaternario (Neotectónica). Todas las fases mesozoicas y cenozoicas edificaron pliegues. NW-SE bastante abiertos, por lo general acompañadas por fallas inversas de alto ángulo de la misma dirección; en la Cordillera Oriental, una de estas fases dio lugar a un epimetamorfismo. Las fallas normales son frecuentes, en particular las transversales. Las rocas intrusivas ocupan áreas reducidas. En la Cordillera Oriental se encuentran algunos cuerpos hipabisales asociados con los volcánicos del Pérmico superior. En las Altas Mesetas el único intrusivo importante es el stock ácido del C° Huacravilca. Los yacimientos metálicos conocidos son de poca importancia: en la esquina SW del cuadrángulo se encuentra la mina de Cercapuquio con mineralización de zinc con cadmio y el depósito de hierro del C° Huacravilca.





**Imagen 3**  
 Mapa Geológico - Torre Torre



Tr. Ica N° 500, C/V 305, Los Picos, Moquegua

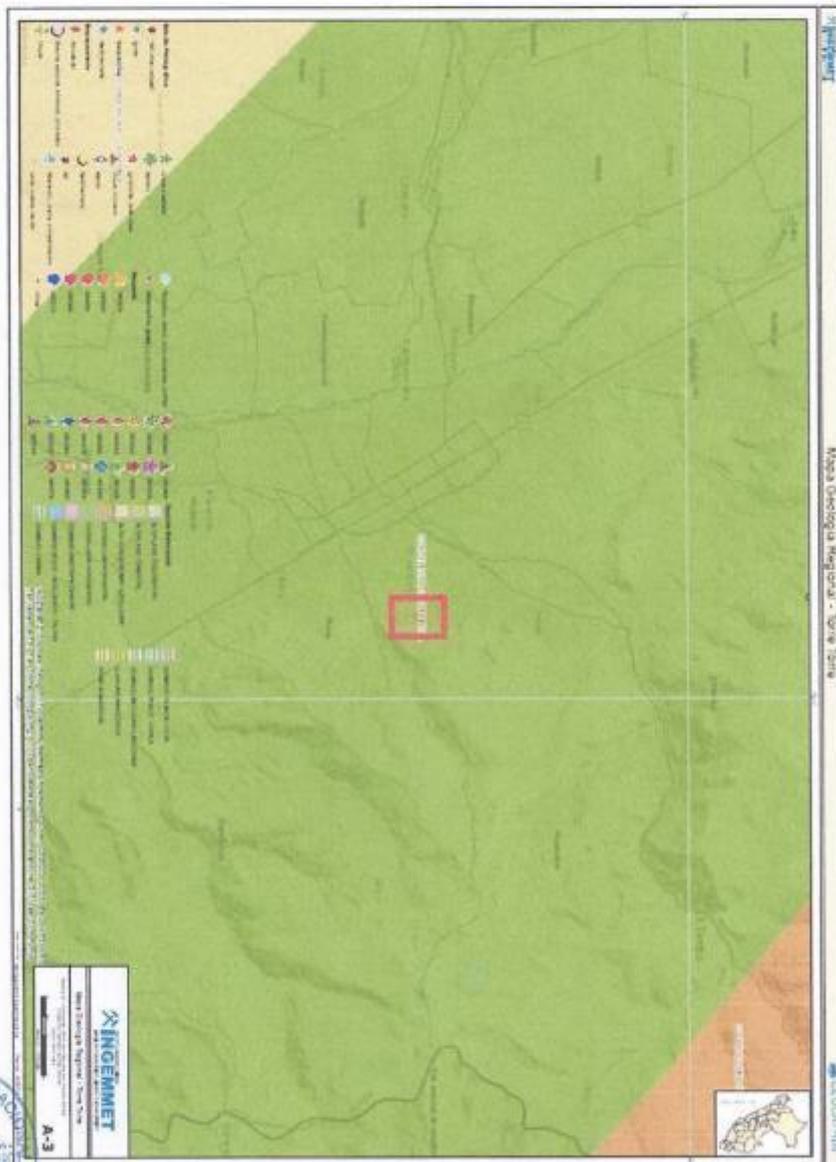


Imagen 4  
Mapa de Geología Regional – Torre Torre





Imagen 5  
 Mapa Hidrogeológico – Torre Torre





### 3.5. GEOMORFOLOGIA

En la región de Huancayo la Cordillera Oriental se caracteriza por una gran uniformidad en la altitud de sus cumbres, estas como en el caso de las Altas Mesetas del lado occidental se relacionan con la "Superficie Puna", aquí también la superficie ha sido destruida en gran parte por la erosión de los glaciares y torrentes.

Más al este, ya en el cuadrángulo de Jauja, la cordillera del Huaytapallana se levanta hasta 5,500 m. de altitud, de sus cumbres nevadas descienden glaciares de valle hasta los 4,700 m. Este accidente topográfico remarcable puede ser también un relieve residual, pero, el límite occidental del macizo es una falla y cabe preguntarse, como Dollfus, si "es un horst o un relieve residual?", o es a la vez "un horst y un relieve residual?". Las microformas del relieve están bajo la influencia del hielo y deshielo y en los escasos sinclinales calcáreos se advierten microlenas.

La depresión Jauja-Huancayo es alargada en dirección NW - SE; tiene una longitud aproximada de 70 km. con un ancho que varía entre 3 y 15 km.; en el cuadrángulo de Huancayo su altura varía entre 3,160 y 3,350 m. El río Mantaro la atraviesa a "grosso modo" siguiendo su eje. El fondo de la cuenca está tapizado por espesas formaciones cuaternarias que constituyen un sistema de terrazas escalonadas, localmente interrumpidas por los conos aluviales de los afluentes del Mantaro; las terrazas más antiguas están afectadas por flexuras y pliegues bien caracterizados.

La depresión no parece ser un graben; la hipótesis más verosímil en cuanto a su génesis es la de una gotera de origen tectónico (Dollfus, 1965), formada a consecuencia de un ondulamiento general con gran radio de curvatura en la Superficie Puna contemporáneo o algo posterior al alzamiento de los Andes.



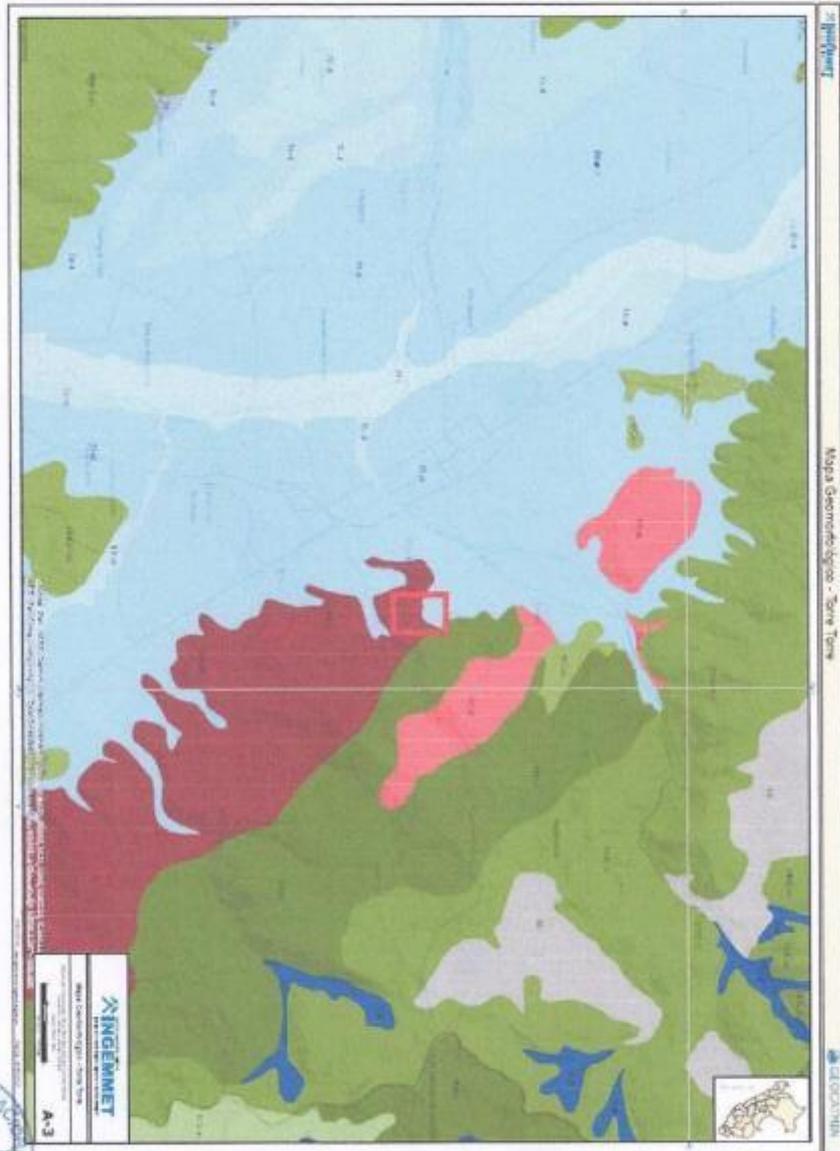


Imagen 6  
Mapa Geomorfológico - Torre Torre





### 3.6. GEODINAMICA EXTERNA

El área en estudio no presenta ningún riesgo geológico potencial. Según el mapa de geodinámica externa del Perú (INGEMMET 1991), en esta zona no se han producido fenómenos geológicos que pueden poner en peligro la seguridad de obras civiles.

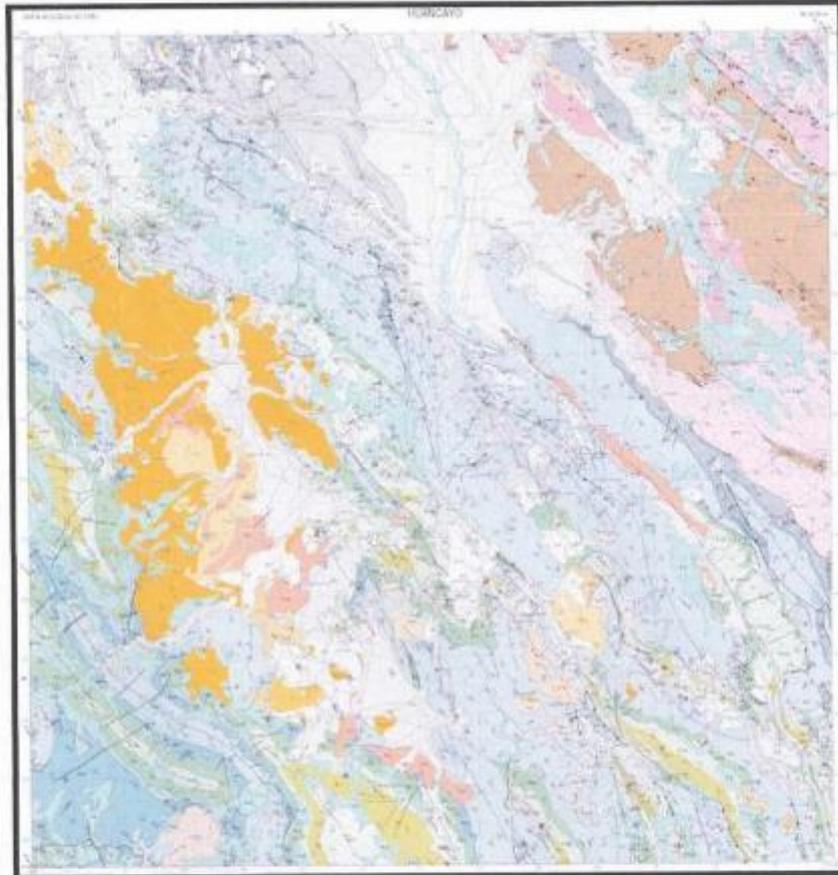


Imagen 7  
Mapa del cuadrángulo 25-m – Huancayo





### 3.7. SISMICIDAD

El territorio peruano está establecido en diversas zonas sísmicas, que presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menor ocurrencia de los sismos. Según el Mapa de Zonificación Sísmica propuesto por la Norma de Diseño Sismo resistente E-030-2018 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2019), el proyecto **"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOFISICOS MAW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE - JUNIN"**, se encuentra comprendido en la Zona 3, clasificada como zona de sismicidad alta.

La fuente de datos básica de intensidades sísmicas que describe los principales eventos sísmicos ocurridos en el Perú, ha sido presentada por Silgado (1978).

En el mapa de distribuciones de máximas intensidades sísmicas observadas (Alva et al., 1984), de acuerdo a esta información, se concluye que según la historia sísmica del área de estudio (400 años), han ocurrido sismos de intensidades altas como VI – VII en la escala Mercalli Modificado.

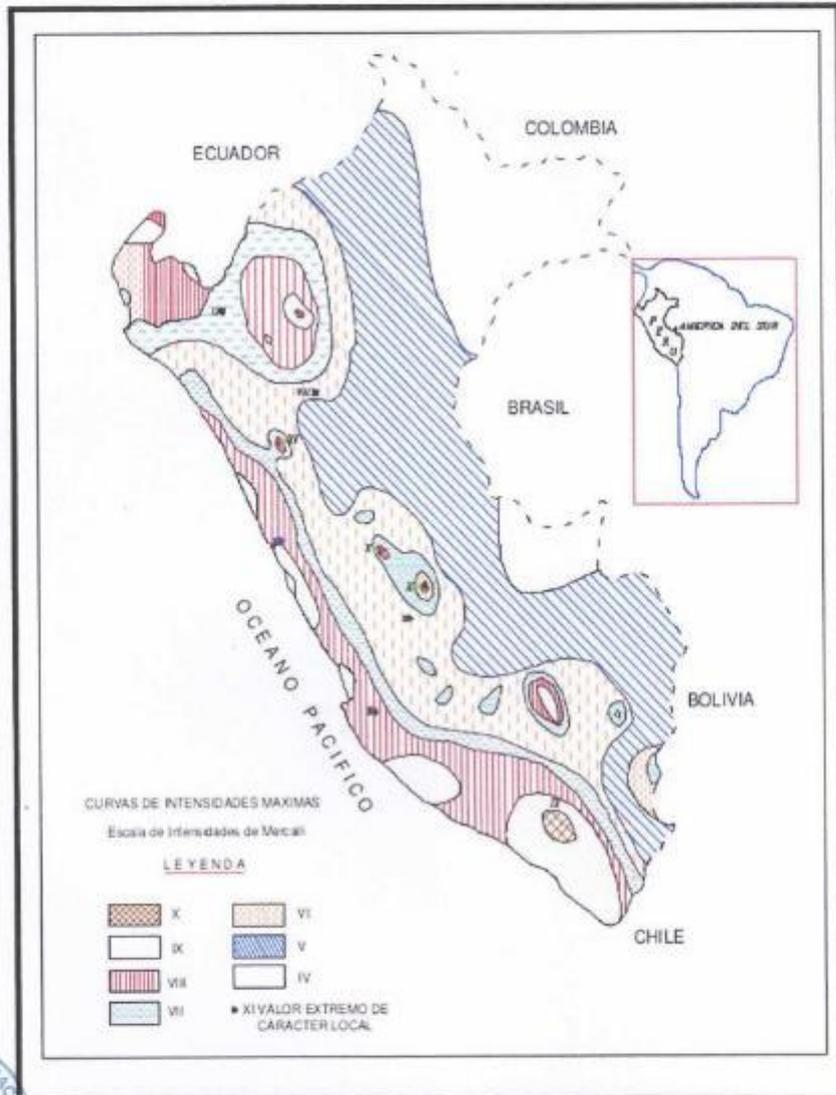
En concordancia al Reglamento Nacional de Construcciones, Norma Técnica de Edificación E-30; Diseño Sismo resistente – M.V.C. y S. – (02 de Abril 2003), la zona de estudios se encuentra enmarcado en la "Zona de Sismicidad Alta", donde se espera la ocurrencia de sismos con intensidades de VII Mercalli Modificada (MM), de acuerdo a Deza y Carbonell.

La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la Sismicidad, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstas con la distancia epicentral, así como en información neo tectónica.

Para el diseño de las obras se debe considerar en concordancia a la Norma Técnica E.030 Diseño sismo resistente "Capítulo II. Artículo 7. Zonificación", (páginas 9 - 10), una aceleración de 0,35 g, considerar el siguiente parámetro del suelo: Tipo S2 Suelos intermedios,  $TP = 0.6$ ,  $TL=2.0$  y  $S = 1,15$







**Imagen 9**  
 Mapa de distribución de máximas Intensidades Sísmicas





### 3.8. NORMATIVIDAD

El presente estudio está en concordancia con las siguientes Normas:

E-050 – Suelos y Cimentaciones (Reglamento Nacional de Edificaciones)

E-030 – Diseño Sísmico Resistente (Reglamento Nacional de Edificaciones)

E-020 – Cargas (Reglamento Nacional de Edificaciones)

### 4. PROGRAMA DE INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS EJECUTADAS

Para el presente Estudio de Suelos con fines de investigación, se planteó y ejecutó el siguiente Programa de Investigaciones Geotécnicas de conformidad a lo normado en el reglamento Nacional de Estructuras, TITULO VI : NORMA E.050 – SUELOS Y CIMENTACIONES.

De conformidad a la Tabla N° 6, Número de Puntos a investigar para el Tipo de acuerdo al Profesional responsable.

#### 4.1. INVESTIGACION EN CAMPO

El programa de investigaciones ejecutadas en campo son las siguientes:

- 01 Excavación con personal en campo a cielo abierto del tipo Calicata rectangular, con sección de 1.20x1.50m y profundidad de 4.00 m.
- Muestreo de Suelos en condiciones de disturbados o alterados.

##### 4.1.1. EXCAVACION DE CALICATAS

Se programó y ejecutó un total de 01 Calicata con sección rectangular de sección de radio 1.20x1.50m y profundidad de C = 4.00m





#### 4.1.2. MUESTREO DE SUELOS DISTURBADOS

La Calicata descubierta se inspeccionó e identificó visualmente los tipos de suelos descubiertos en sus paredes, procediendo al muestreo del suelo representativo a condición de alterado o disturbado, y obtenido de las paredes de la calicata en todo el espesor de la capa identificada.

#### 4.2. TRABAJO EN GABINETE

Los trabajos ejecutados en gabinete comprendieron:

- Evaluación de resultados de investigaciones de campo.
- Ensayos de Suelos en Laboratorio.
- Elaboración del Informe del Estudio de Suelos.

#### 4.2.1. EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE INVESTIGACIONES DE CAMPO

Toda la data sobre descripción de los suelos descubiertos en las paredes de las Calicatas excavadas, fue evaluada y transcrita a los Registros de Suelos como una información técnica inicial, que posteriormente quedó corregida y mejorada en su presentación de conformidad a los resultados de los ensayos obtenidos en Laboratorio, conforme a las muestras de suelos allí remitidas.

#### 4.2.2. ENSAYOS DE SUELOS EN LABORATORIO

Del total de muestras disturbadas obtenidas en campo, en oficina se inspeccionó cada muestra de suelo determinándose la similitud de los suelos muestreados. Se llegó a identificar la existencia de gran similitud granulométrica entre los suelos muestreados en la calicata ejecutada. Ello permitió reducir y seleccionar las muestras que fueron finalmente remitidas al Laboratorio.





#### 4.2.3. ELABORACIÓN DEL INFORME DEL ESTUDIO DE SUELOS

Para este efecto se reunió y evaluó los resultados alcanzados tanto en campo como en Laboratorio, definiendo la correcta descripción de los tipos de suelos así identificados, y proyectando sus características o propiedades físicas, mecánicas y químicas, detallándose las recomendaciones técnicas constructivas que deberán preverse.

#### 4.3. PERFILES DE SUELOS INVESTIGADOS

El perfil de Suelos descubierto en las paredes se entrega en cada Registro de Calicatas ubicados en el Anexo correspondiente del presente Informe. Allí se describen los suelos identificados en campo y corregidos o ratificados con los resultados de los Ensayos de las muestras de suelos enviadas al Laboratorio.

El perfil de suelos dentro del área investigada, resulta ser bastante uniforme en su continuidad porque presenta un similar tipo de suelo en toda esta extensión investigada.

El perfil promedio de los suelos existentes en toda el área investigada se le define enseguida para los fines de cimentación de las estructuras previstas:





**PERFIL PROMEDIO GENERAL: CALICATA 01**

**Estrato 01: (0.00 – 0.10 m):** Suelo orgánico en estado húmedo, consistencia suave, cementación débil, resistencia baja, estructura homogénea, color marrón oscuro y presencia de raíces, S/M.

**Estrato 02: (0.10 – 4.00 m):** Arcilla de media plasticidad arenosa, en estado húmedo, consistencia firme, cimentación moderada, resistencia media, estructura homogénea, color marrón claro, clasificada como CL, con un contenido de humedad de 11.09%.

PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION			DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL: COLOR, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMPACTACION, FORMA DE LAS PARTICULA, TAMAÑO MAXIMO DE PIEDRAS, PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA, ETC.
	SIMBOLOS	GRAFICO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	
0.10	Pt		S/M	Suelo orgánico en estado húmedo, consistencia suave, cementación débil, resistencia baja, estructura homogénea, color marrón oscuro y presencia de raíces, S/M.
3.90	CL		11.09%	Arcilla de media plasticidad arenosa, en estado húmedo, consistencia firme, cimentación moderada, resistencia media, estructura homogénea, color marrón claro, clasificada como CL, con un contenido de humedad de 11.09%.
Re : Material de relleno S/M : Sin muestra M-1 : Muestra alterada N° 1				NOTA: calicata efectuada a cielo abierto

Imagen 10  
Perfil Estratigráfico - Calicata 01





#### 4.4. NIVEL DE LA NAPA FREÁTICA

Las investigaciones geotécnicas ejecutadas en el presente estudio verifica la no presencia de la napa freática en la excavación realizada.

#### 4.5. NIVEL DE LA CIMENTACION DE LA ESTRUCTURA

El terreno natural existente del área en estudio corresponde a una superficie llana con presencia de suelo alterado, por lo que el nivel de las cimentaciones recomendadas para futuras construcciones en la zona deben ubicarse a una profundidad uniforme conforme la topografía natural de terreno lo exija, según la excavación realizada lo recomendable es colocar el nivel de la cimentación a una profundidad no menor de 1.60m.

#### 4.6. PARAMETROS GEOTECNICOS

Conforme al objetivo del presente estudio, se pasa a definir los parámetros geotécnicos relativos al ángulo de fricción y cohesión, que intervendrán en los cálculos de la capacidad de carga última y admisible; en tal sentido, los resultados obtenidos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de INSTITUTO GEOTECNICO NACIONAL. Practicado a las muestras de suelos disturbados de la zona en estudio, los parámetros de resistencia obtenidos mediante el ensayo de Corte Directo, conforme a la Norma ASTM D3080 se tiene:

##### CALICATA No. 01.

M-1.

Angulo de Fricción interna	$\phi = 14.24^\circ$
Cohesión	C = 22.29 kPa





Para el cálculo de la capacidad portante admisible del suelo de fundación, se consideraron las ecuaciones de Terzaghi modificada por Vesic.

$$q_d = c N_c s_c i_c + \gamma_1 D_f N_q i_q + 0.5 \gamma_2 B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

donde:

c cohesión del suelo ubicado bajo la zapata.

$\gamma_1$ : peso unitario volumétrico de suelo ubicado sobre el nivel de cimentación.

$\gamma_2$ : peso unitario volumétrico de suelo ubicado bajo el nivel de cimentación.

B: menor dimensión (ancho) de la "zapata efectiva"

Df: profundidad de cimentación

Nq: coef. de capacidad de carga correspondiente a la sobrecarga ( $\gamma D_f$ )

Nc: coef. de capacidad de carga correspondiente a la cohesión (si  $\phi' = 0$ ,  $N_c = 5.14$ )

N $\gamma$ : coef. de capacidad de carga correspondiente a la fricción

s: coef. de corrección por la forma de la cimentación

i: coef. de corrección por inclinación de la carga

## 5. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

### 5.1. PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACION

Considerando el suelo en que deberá cimentar dada la potencia encontrada en las investigaciones, se recomienda emplear una profundidad mayor a 1.60 m, siempre que el Ingeniero Supervisor y/o el Ing. Responsable de la Obra consideren dicho nivel como el de cimentación competente. Estos criterios son con la finalidad de proporcionar el adecuado confinamiento a la estructura.





### 5.2. TIPO DE CIMENTACION

Con la aproximación propia de la exploración ejecutada, podemos establecer que para una construcción futura, se podrá adoptar sistemas de cimentación superficial, se recomienda utilizar zapatas aisladas, considerar vigas de cimentación, esto para disipar los esfuerzos producidos por la misma estructura a proyectar.

### 5.3. FACTOR DE SEGURIDAD

Siguiendo las normas y reglamentos respectivos, se considera un factor de seguridad igual o mayor a 3, resultando este valor de la relación de la capacidad de carga resistente del suelo (carga última) entre la capacidad de carga actuante (carga admisible).

Por lo tanto se empleará:

$$FS = q_{ult} / q_{ad} = 4,0$$

### 6. INFORME FINAL DESCRIPTIVA Y DE CALCULOS

De acuerdo a los datos obtenidos en el laboratorio de Mecánica de Suelos de Corte Directo en los Laboratorios. Se observaron los siguientes datos:





ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ULTIMA - CIMENTACION SUPERFICIAL						
SOLICITANTE:	VILLALOBOS HUAMAN ROSA BEATRIZ					
PROYECTO:	*EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOSICOS MAW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE - JUNIN*					
CALICATA:	C-01	PROF.(m)	4.00			
<b>DATOS GENERALES</b>						
Angulo de Friccion	14.24 °					
Cohesion	22.29 kpa					
Cohesion	0.227 kg/cm2					
Peso Especifico	14.22 KN/m3					
Relacion Ancho Largo	1					
Factor de Seguridad	4					
Carga Concentrada	20 ton					
<b>FORMA</b>		<b>FACTORES CAPACIDAD DE CARGA</b>			<b>FACTORES DE FORMA</b>	
		Nc	Ny	Nq	Sc	Sy
CUADRADA		10.52	2.38	3.68	1.35	0.60
<b>DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE</b>						
<b>TIPO DE CIMENTACION</b>	<b>Prof (Df) (m)</b>	<b>Ancho (B) (m)</b>	<b>Qult (Kg/cm2)</b>	<b>Qadm (Kg/cm2)</b>	<b>Qact (Kg/cm2)</b>	<b>Condicion Qadm-Qa</b>
<b>ZAPATA CUADRADA</b>	1.80	1.50	4.45	1.11	0.89	Cumple
	1.60	1.55	4.46	1.11	0.83	Cumple
	1.80	1.60	4.46	1.12	0.78	Cumple
	1.60	1.65	4.47	1.12	0.73	Cumple
	1.60	1.70	4.47	1.12	0.69	Cumple
	1.70	1.50	4.52	1.13	0.89	Cumple
	1.70	1.55	4.53	1.13	0.83	Cumple
	1.70	1.60	4.53	1.13	0.78	Cumple
	1.70	1.65	4.54	1.13	0.73	Cumple
	1.70	1.70	4.54	1.14	0.69	Cumple
	1.80	1.50	4.59	1.15	0.89	Cumple
	1.80	1.55	4.59	1.15	0.83	Cumple
	1.80	1.60	4.60	1.15	0.78	Cumple
	1.80	1.65	4.60	1.15	0.73	Cumple
	1.80	1.70	4.61	1.15	0.69	Cumple
	1.90	1.50	4.65	1.16	0.89	Cumple
	1.90	1.55	4.66	1.16	0.83	Cumple
	1.90	1.60	4.66	1.17	0.78	Cumple
	1.90	1.65	4.67	1.17	0.73	Cumple
	1.90	1.70	4.68	1.17	0.69	Cumple
2.00	1.50	4.72	1.18	0.89	Cumple	
2.00	1.55	4.73	1.18	0.83	Cumple	
2.00	1.60	4.73	1.18	0.78	Cumple	
2.00	1.65	4.74	1.18	0.73	Cumple	
2.00	1.70	4.74	1.18	0.69	Cumple	



LABORATORIO ESPECIALIZADO EN  
**GEOTECNIA Y CONCRETO**

RUC: 20605051961



ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ULTIMA - CIMENTACION SUPERFICIAL						
SOLICITANTE:	VILLALOBOS HUAMAN ROSA BEATRIZ					
PROYECTO:	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOSICOS MAW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE - JUNIN"					
CALICATA:	C-01	PROF.(m)	4.00			
<b>DATOS GENERALES</b>						
Angulo de Friccion	14.24 °					
Cohesion	22.2900 ton/m <sup>2</sup>					
Cohesion	0.2273 kg/cm <sup>2</sup>					
Peso Especifico	14.22 kN/m <sup>3</sup>					
Relacion Ancho Largo	0.5					
Factor de Seguridad	4					
Carga Concentrada	20 ton					
<b>FORMA</b>	<b>FACTORES CAPACIDAD DE CARGA</b>			<b>FACTORES DE FORMA</b>		
	Nc	Ny	Nq	Sc	Sy	Sq
RECTANGULAR	10.52	2.38	3.68	1.10	0.90	1.25
<b>DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE</b>						
<b>TIPO DE CIMENTACION</b>	<b>Prof (Df) (m)</b>	<b>Ancho (B) (m)</b>	<b>Qult (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Qadm (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Qact (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Condicion Qadm&gt;Qa</b>
<b>ZAPATA RECTANGULAR</b>	1.60	1.50	3.93	0.98	0.89	Cumple
	1.60	1.55	3.94	0.99	0.83	Cumple
	1.60	1.60	3.95	0.99	0.78	Cumple
	1.60	1.65	3.96	0.99	0.73	Cumple
	1.60	1.70	3.97	0.99	0.69	Cumple
	1.70	1.50	4.00	1.00	0.89	Cumple
	1.70	1.55	4.01	1.00	0.83	Cumple
	1.70	1.60	4.02	1.00	0.78	Cumple
	1.70	1.65	4.02	1.01	0.73	Cumple
	1.70	1.70	4.03	1.01	0.69	Cumple
	1.80	1.50	4.07	1.02	0.89	Cumple
	1.80	1.55	4.08	1.02	0.83	Cumple
	1.80	1.60	4.08	1.02	0.78	Cumple
	1.80	1.65	4.09	1.02	0.73	Cumple
	1.80	1.70	4.10	1.02	0.69	Cumple
	1.80	1.50	4.13	1.03	0.89	Cumple
	1.90	1.55	4.14	1.04	0.83	Cumple
	1.90	1.60	4.15	1.04	0.78	Cumple
	1.90	1.65	4.16	1.04	0.73	Cumple
	1.90	1.70	4.17	1.04	0.69	Cumple
2.00	1.50	4.20	1.05	0.89	Cumple	
2.00	1.55	4.21	1.05	0.83	Cumple	
2.00	1.60	4.22	1.05	0.78	Cumple	
2.00	1.65	4.23	1.06	0.73	Cumple	
2.00	1.70	4.23	1.06	0.69	Cumple	



Ir. Ica N° 506/CM 305. for Pisco-Huancayo



ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ULTIMA - CIMENTACION SUPERFICIAL						
SOLICITANTE:	VILLALOBOS HUAMAN ROSA BEATRIZ					
PROYECTO:	"EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEORSICOS MAW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE - JUNIN"					
CALICATA:	C-01	PROF.(m)	4.00			
DATOS GENERALES						
Angulo de Friccion	14.24 °					
Cohesion	22.2900 ton/m <sup>2</sup>					
Cohesion	0.2273 kg/cm <sup>2</sup>					
Peso Especifico	14.22 kN/m <sup>3</sup>					
Relacion Ancho Largo	0.5					
Factor de Seguridad	4					
Carga Concentrada	1.5 ton					
FORMA	FACTORES CAPACIDAD DE CARGA			FACTORES DE FORMA		
	Nc	Ny	Nq	Sc	Sy	Sq
CORRIDO	10.52	2.38	3.68	1.10	0.90	1.25
DETERMINACION DE LA CAPACIDAD PORTANTE						
TIPO DE CIMENTACION	Prof (Df) (m)	Ancho (B) (m)	Qult (Kg/cm <sup>2</sup> )	Qadm (Kg/cm <sup>2</sup> )	Qact (Kg/cm <sup>2</sup> )	Condicion Qadm > Qa
CORRIDO	1.60	0.50	3.78	0.94	0.60	Cumple
	1.70	0.50	3.85	0.96	0.60	Cumple
	1.80	0.50	3.91	0.98	0.60	Cumple
	1.90	0.50	3.98	0.99	0.60	Cumple
	2.00	0.50	4.05	1.01	0.60	Cumple

### 7. CONSIDERACIONES A TOMAR EN EL DISEÑO

El terreno deberá ser diseñado para cimentaciones que la falla del suelo sea del tipo local por corte cumpliendo las capacidades de cargas debidos a la cohesión, a la sobrecarga y al peso del Suelo, garantizando el estado elástico y plástico, por lo que se deberá diseñarse la cimentación de la estructura tomando en consideración la capacidad menor encontrada de los estudios que es capacidad portante del terreno de 1.11 Kg/cm<sup>2</sup> para la calicata 01 según los resultados de laboratorio.





#### **8. CONSIDERACIONES A TOMAR PARA EFECTOS SISMORESISTENTE**

Las consideraciones de sismo a tomar en el diseño sismo resistente, se utilizaran tanto el factor de suelo y el periodo predominante de vibración del suelo y es como sigue:

Para el Factor de Suelo (S), según se detalla en la descripción del tipo de suelo se toma como S2, considerando un suelo intermedio con un Factor de S=1.15.

Para la determinación del periodo predominante de vibración del suelo, según se detalla en la descripción del tipo de suelo como un suelo intermedio y para determinar TP se debe tomar el valor de 0.60 y para TL se debe tomar el valor de 2.00.

#### **9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- Con la aproximación propia de la exploración ejecutada, podemos establecer que para una futura edificación proyectada, se podrá adoptar sistemas de cimentación superficial, por medio de zapatas aisladas, zapatas conectadas, zapatas combinadas, cimientos corridos, etc. En caso de que el cálculo estructural de cimentación lo requiera se usara vigas de cimentación. Los elementos de cimentación, en todos los casos deberán desplantarse a una profundidad no menor que el de 1.60 m.
- Es conveniente que todos los elementos estructurales se apoyen a la misma profundidad y calculados de acuerdo a las normas de Diseño Sismo Resistente.
- Para evitar situaciones de inestabilidad derivados principalmente de la condición suelta en que pueden quedar los suelos de apoyo de las cimentaciones durante el proceso de construcción que altera totalmente sus propiedades naturales, es necesario densificar convenientemente el fondo de la excavación.
- Límite de distorsiones Angulares del orden de 1/300

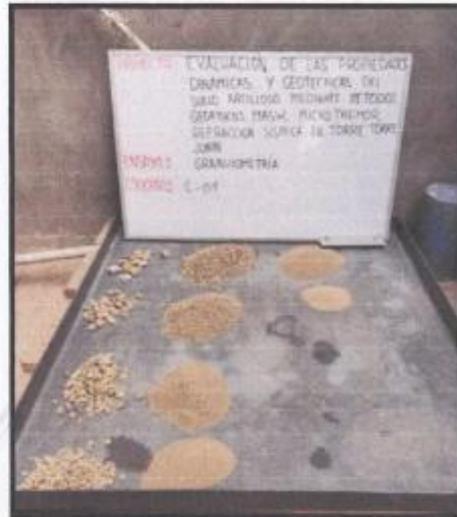




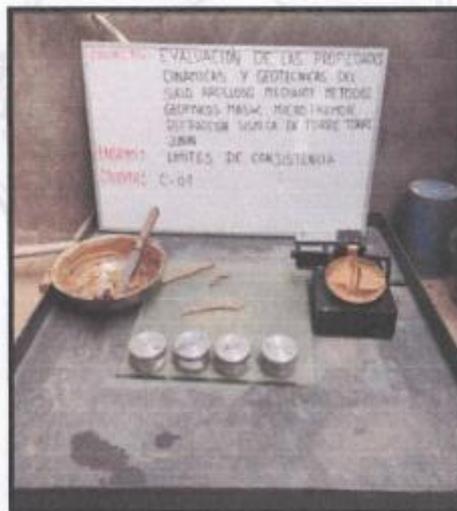
- La capacidad portante del terreno es de 1.11 Kg/cm<sup>2</sup> para la calicata 01 según los resultados obtenidos a través del ensayo de Corte directo.
  
- No se encontró napa freática en la excavación.
  
- Se ha encontrado un terreno bastante homogéneo, efectuando la correlación del pozo de exploración se tiene que su composición es de una arcilla de media plasticidad arenosa.
  
- Parámetros de suelo (suelos Intermedios)
  - Para el análisis dinámico utilizar el factor de S=1.15.
  - Para el análisis dinámico utilizar el TP (S) = 0.60.
  - Para el análisis dinámico utilizar el TL (S) = 2.00.
  
- El Proyectista puede considerar otro tipo de cimentaciones superficiales a partir del presente informe, lo mismo que de la capacidad de carga admisible; para lo cual deberá ajustar estos valores la cimentación que considere conveniente.







**Imagen 13**  
Análisis Granulométrico – Calcata 01



**Imagen 14**  
Límites de Consistencia – Calcata 01





Imagen 16  
Corte Directo – Calicata 01



La Ley N° 500 del 2002 del Poder Ejecutivo



II. RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO



L. L. M. 2005 2005 2005 2005 2005



**INFORME DE ENSAYO**

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES				REGISTRO DE EXCAVACION - PERFIL ESTRATIGRAFICO
CERTIFICADO N° : IGN-050421 PETICIONARIO : VILLALOBOS HUAMAN ROSA BEATRIZ OBRA : EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOFISICOS MAW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE - JUNIN				Excavación : C - 01 Progresiva (km) : - Tamaño Excavación : 4.00 m Nivel Freatico : No Presenta Fecha : ABRIL DEL 2021
EXCAVACION : Manual				
PROFUNDIDAD (m)	CLASIFICACION			DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL: COLOR, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMPACIDAD, FORMA DE LAS PARTICULA, TAMAÑO MAXIMO DE PIEDRAS, PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA, ETC.
	SIMBOLOS	GRAFICO	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	
0.10	Pt		S/M	Suelo orgánico en estado húmedo, consistencia suave, cementación débil, resistencia baja, estructura homogénea, color marrón oscuro y presencia de raíces, S/M.
3.90	CL		11.09%	Arcilla de media plasticidad arenosa, en estado húmedo, consistencia firme, cimentación moderada, resistencia media, estructura homogénea, color marrón claro, clasificada como CL, con un contenido de humedad de 11.09%.
Re : Material de relleno S/M : Sin muestra M-1 : Muestra alterada N° 1				NOTA: calicata efectuada a cielo abierto





INFORME DE ENSAYO

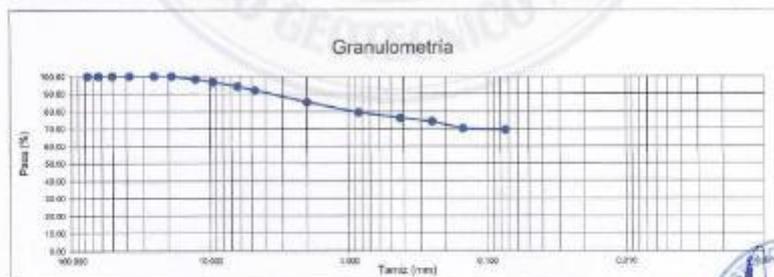
SOLICITANTE : VILLALOBOS HUAMAN ROSA BEATRIZ  
 DIRECCION : RR. LOS ALAMOS  
 PROYECTO : EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOFISICOS MAW, MICROTREMOIR, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE - JUNIN

EXPEDIENTE N° : IGN-050421  
 FECHA DE RECEPCION : ABRIL DEL 2022  
 UBICACIÓN : DPTO. JUNIN-HUANCAYO-HUANCAYO - TORRE TORRE

REFERENCIA DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACIÓN : C-01  
 DESCRIPCIÓN :  
 PRESENTACIÓN : 01 SACOS DE POLIETILENO  
 CANTIDAD : 30 kg

**MTC E 107** ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					CARACTERÍSTICAS GENERALES	
TAMIZ SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	(g) PESO RETENIDO	(%) PARCIAL RETENIDO	(%) ACUMULADO O QUE PASA		
3"	76.200	0.00	0.00	100.00	ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	100.00	Grava (Ret. >4) : 6.13%	
2"	50.800	0.00	0.00	100.00	arena (0-Ret. >200) : 22.50%	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00	Fines (Pas. N° 200) : 69.38%	
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	ASTM D 4318-(05) "Límites de Atterberg"	
3/4"	19.050	0.00	0.00	100.00	Límite Líquido (L.L.) : 31.81	
1/2"	12.700	60.00	1.66	98.34	Límite Plástico (L.P.) : 18.70	
3/8"	9.525	60.00	1.66	96.68	Índice Plástico (I.P.) : 13.12	
1/4"	6.350	90.00	2.49	94.20	ASTM D 3282 "Clasificación AASHTO"	
No 4	4.760	84.00	2.32	91.87	A-6 Suelo arcilloso	
No 10	2.000	241.00	6.66	85.21	ASTM D 3282 "Clasificación SUCS"	
No 20	0.850	212.00	5.86	79.35	CL Arcilla de media plasticidad arenosa	
No 40	0.425	114.00	3.15	76.20	ASTM D 2216 "Contenido de Humedad"	
No 60	0.250	74.00	2.05	74.16	CH 11.00%	
No 140	0.150	147.00	4.06	70.09	Coeficiente de uniformidad (Cu) :	
No 200	0.074	26.00	0.72	69.38	Coeficiente de Curvatura (Cc) :	
CAZOLETA	0.000	2510.00	69.38	0.00	D60 : D10 :	
TOTAL		3518.00	100.00		OBSERVACIONES: - Muestra extraída e identificada por el solicitante. - Ensayo efectuado al suelo natural	





**INFORME DE ENSAYO**

SOLICITANTE : VILLALOBOS HUAMAN ROSA BEATRIZ  
 DIRECCION : JR. LOS ALAMOS  
 EXPEDIENTE N° : I6N-650421  
 FECHA DE RECEPCION : ABRIL DEL 2021  
 PROYECTO : EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS  
 Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE  
 METODOS GEOFISICOS MAW, MICROTIEMPO,  
 REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE - JUNIN  
 UBICACION : DPTO. JUNIN-HUANCAYO-  
 HUANCAYO - TORRE TORRE  
 REFERENCIA DE LA MUESTRA  
 IDENTIFICACION : I C - 01 PRESENTACION : 01 SACOS DE POLIETILENO  
 DESCRIPCION : 1+ CANTIDAD : 30 Kg

**MTC E 108 METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**

DENOMINACION	CONTENIDO DE HUMEDAD
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO	591.40
PESO DE TARA + SUELO SECO	536.90
PESO DE LA TARA	100.00
PESO DEL AGUA	94.50
PESO DEL SUELO SECO	436.90
CONTENIDO DE HUMEDAD(%)	11,09

**OBSERVACIONES:**

- Muestra extraída e identificada por el Laboratorio
- Ensayo efectuado al suelo natural





INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : VILLALOBOS HUAMAN ROSA BEATRIZ  
 DIRECCION : JR. LOS ALAMOS  
 EXPEDIENTE N° : IGI-050421  
 FECHA RECEPCION : Abril del 2021  
 PROYECTO : EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO  
 ANCLOSO MEDIANTE METODOS GEOFISICOS MAW, MICROTRIMOR, REFRACCION  
 SISMICA EN TORRE TORRE - JUNIN  
 UBICACION : Dpto. Junin - Huancayo -  
 Huancayo - Torre Torre  
 REFERENCIA DE LA MUESTRA :  
 IDENTIFICACION : C - 01  
 PRESENTACION : 01 sacos de polietileno  
 DESCRIPCION :  
 CANTIDAD : 90Kg

**MTC E 110 - 111** **LIMITES DE CONSISTENCIA**

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	33	27	18	33	27
SUELO HUMEDO + TARA	43.65	49.10	46.30	27.90	22.67
SUELO SECO + TARA	39.10	43.30	40.60	27.45	21.58
PESO TARA	24.60	24.60	22.70	25.00	15.85
PESO DEL AGUA	4.55	5.80	5.90	0.45	1.09
SUELO SECO	14.50	18.70	17.90	2.45	5.73
% DE HUMEDAD	31.38	31.02	32.96	18.37	19.02
NUMERO DE GOLPES	33	27	18		

LIMITE LIQUIDO LL	31.81	%
LIMITE PLASTICO LP	18.70	%
INDICE DE PLASTICIDAD IP	13.12	%





## REGISTRO DE ENSAYOS DE CORTE DIRECTO LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

VERSIÓN 1

PÁGINA 1

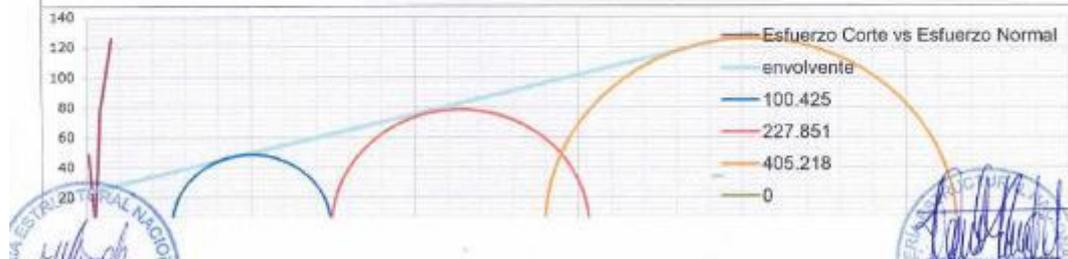
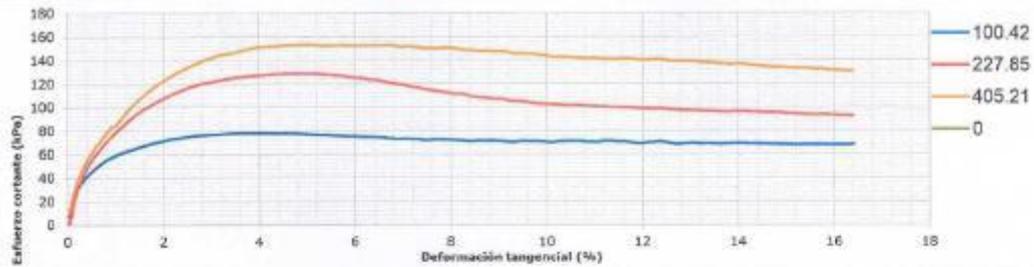
FECHA DE IMPRESIÓN	ABRIL DEL 2021	ID. MUESTRA	MATERIAL
FECHA DE ENSAYO	ABRIL DEL 2021	C01	ARCILLA DE MEDIA PLASTICIDAD ARENOSA

### INFORMACIÓN GENERAL

No. ENSAYO	: IGN-050421
SOLICITANTE	: VILLALOBOS HUAMAN ROSA BEATRIZ
PROYECTO	: EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOFISICOS MAW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE - JUNIN
UBICACIÓN	: JUNIN - HUANCAYO - HUANCAYO - TORRE TORRE
EXPLORACION	: C01
PROFUNDIDAD	: 4.00m

### RESULTADOS DEL ENSAYO

	ÍTEM 1	ÍTEM 2	ÍTEM 3	ÍTEM 4
DIÁMETRO ó LADO (mm)	50.8	50.8	50.8	0
HUMEDAD INICIAL (%)	0	0	0	
HUMEDAD FINAL (%)	0	0	0	
GRADO SATURACIÓN (%)	0	0	0	
PESO UNITARIO (g/cm <sup>3</sup> )	0.661	0.645	0.645	0
ÁREA (mm <sup>2</sup> )	2026.828	2026.828	2026.828	0
VELOCIDAD (mm/min)	0.012	0.012	0.012	0
ESFUERZO NORMAL (kPa)	100.425	227.851	405.218	0
ESFUERZO DE CORTE (kPa)	48.627	78.634	125.732	0
COHESIÓN (kPa)	22.29	OBSERVACIONES		
ÁNGULO DE FRICCIÓN	14.24			
COHESIÓN EFECTIVA (kPa)	23.23			
ÁNGULO DE FRICCIÓN EFECTIVA	14.68			



ANEXO\_03\_CALICATA\_02

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC**

**DIRECCION:** Jr. GRAU N° 911-CHILCA  
(B.O. para recibir faxes al correo: Fax)  
A: Tumbaco (entre con Av. Tumbaco Prado)

**E-MAIL:** labgeotestv@gmail.com  
geotestv@gmail.com

**FACEBOOK:** Geo Test V.S.A.C.

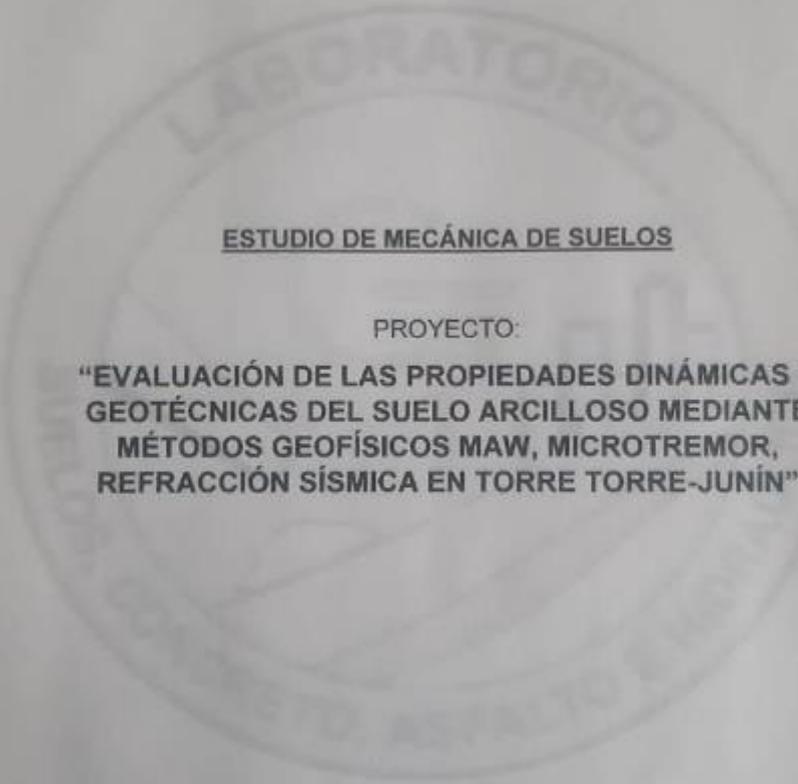
**CELULAR:** 982525151 972841911 991175093

**RUC:** 20606579229



**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

PROYECTO:  
**“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DINÁMICAS Y  
GEOTÉCNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE  
MÉTODOS GEOFÍSICOS MAW, MICROTREMOR,  
REFRACCIÓN SÍSMICA EN TORRE TORRE-JUNÍN”**



**CEO TEST V. SAC**  
INSTRUMENTOS DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

  
**MAX JERRY VELIZ SULCAHUASI**  
CEO TEST V. SAC

**Sección de Estudios de Ingeniería y Ciencias, del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente  
Comisariado de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica, Apdo. P.O. Box 10000**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCION : Jr. GRAU N° 211 - CHILCA

(Del lado donde se ve al pasar Puente)

N.° 100 metros antes del Km. 51 - Camino Puente

E-MAIL : labgeotestv@gmail.com

geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C



CELULAR : 952525151 972811911 991375094

RUC : 20606529229

## 1. MEMORIA DESCRIPTIVA

### 1.1. GENERALIDADES:

El estudio de mecánica de suelos del proyecto: 'EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DINÁMICAS Y GEOTÉCNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE MÉTODOS GEOFÍSICOS MAW, MICROTREMOR, REFRACCIÓN SÍSMICA EN TORRE TORRE-JUNÍN', es parte del presente estudio.

### 1.2. OBJETIVO:

Realizar estudios de mecánica de suelos mediante la aplicación de ensayos en laboratorio para el desarrollo del presente proyecto.

Para tal efecto, se ha efectuado un estudio de suelos que incluye trabajos de campo y ensayos de laboratorio necesarios para definir la estratigrafía, características físicas y mecánicas de los suelos, la capacidad portante.

### 1.3. UBICACIÓN:

El proyecto se encuentra ubicado en:

- Región : Junín
- Provincia : Huancayo
- Distrito : El tambo
- Lugar : Torre Torre

La provincia de Huancayo es una de las nueve provincias que conforman el Departamento de Junín, bajo la administración del Gobierno regional de Junín. Limita por el norte con la Provincia de Concepción; por el este con la Provincia de Satipo; por el sur con el Departamento de Huancavelica; y, por el oeste con la Provincia de Chupaca.



GEO TEST V. SAC

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

*[Handwritten signature]*

ING. MAX JERRY TELLO SÚLCARAY  
C.P. N° 147812

Sistema de Fomento de Laboratorios Investigativos A Cargo de Universidades, Instituciones y Empresas Privadas en las  
Universidades de Medicina de Sucre, Comercio Exterior y Matemática Aplicada de Oruro y Cochabamba.





#### 1.4. GEOLOGIA

##### 1.4.1. GEOLOGIA LOCAL:

###### ➤ Geología:

El Cuadrángulo de Huancayo abarca sectores de las Altas Mesetas Centrales y de la Cordillera Oriental; además, incluye la Depresión de Ingahuasi y la parte sur-oriental de la Depresión de Huancayo-Jauja, que contienen un espeso relleno Cuaternario. Tanto en las Altas Mesetas como en la Cordillera Oriental, (4,000-4,500 m.s.n.m.) se observan restos de la superficie "Puna", la cual fue profundamente erosionada por los glaciares y la escorrentía superficial. La columna estratigráfica se inicia con flyschs Excelsior parcialmente de edad Devónica media. Los flyschs fueron plegados a fines del Devónico y están cubiertos por las capas mayormente continentales del Carbonífero y del Pérmico inferior, las cuales infrayacen con discordancia de erosión a las capas rojas y a los volcánicos del Pérmico superior. A partir del Noriano, cuyos estratos cubren con discordancia de erosión a los del Pérmico superior, se diferenciaron paulatinamente en la región una plataforma sur-occidental y un geanticlinal nor-oriental, disposición paleogeográfica que controló claramente la sedimentación del Liásico superior hasta el Coniaciano. Durante el Triásico y el Liásico, una subsidencia marcada y continua afectó la plataforma y en menor grado el futuro geanticlinal, dando lugar a la deposición de 1,700 m. de calizas en aquella y de una serie calcárea más condensada de 800 m. mínimo en el último. En un mar que ocupaba la parte SW de la hoja se sedimentaron en el lapso Aaleniano-Bajociano las areniscas de la Formación Cercapuquio (750 m. max.) y las calizas de la Formación Chunumayo (250 m. max.). Después de una gran Laguna deposicional que abarcó el Batoniano y el Malm se depositaron las areniscas, en partes marinas y en parte continentales, del Neocomiano-Aptiano (Grupo Goyllarisquisga, 700 m.) que no se encuentran sobre el geanticlinal. Luego la plataforma fue invadida por un mar somero, en el cual se acumuló la sucesión clástica de estratos calcáreos del Cretáceo medio

y superior (formaciones Chulee, Pariatambo y Jumasha); solamente la transgresión Chulee

afectó al geanticlinal. La sedimentación marina se interrumpió definitivamente después del Coniaciano, debido a la emersión general que siguió a los movimientos tardicretáceos, y luego depositáronse en un ambiente continental las areniscas y conglomerados rojos llamados Capas Rojas o formación Casapalca, localmente datados del Eoceno medio. Después de un

LABORATORIO DE MECÁNICA DE BUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC  
ING. MAX JERRY VILLO SUZCARRAY  
C.O. N° 14732

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCION - Jr. GRAU N° 211 - CHILCA  
(Barr. Las Cañales frente al parque Pizarro)  
W. Tercera cuadra con Av. Los Hornos (Pueblo)

E-MAIL - labgeotestv09@gmail.com  
geotest\_v09@gmail.com  
FACEBOOK - Geo Test V.S.A.C



CELULAR - 952525451 - 972831911 - 991375093

RUC - 20606529229

largo periodo sin sedimentación durante el cual ocurrieron además varias fases de deformación y de erosión, tiene lugar, ya durante el cual ocurrieron además varias fases de deformación y de erosión, tiene lugar, ya en el Terciario superior (Mioceno a Plioceno), exclusivamente en las Altas Mesetas, un

tenso volcanismo; los productos más antiguos son básicos a intermedios (Volcanicos tobamba), luego aparecen cuerpos hipabisales de composición intermedia (Volcanicos eru) y finalmente volcánicos ácidos en su mayor parte redepositados (Tobas Ingahuasi). Los depósitos cuaternarios son particularmente abundantes; se reconocen depósitos lacustres Pleistocénicos y tres conjuntos sedimentarios más recientes (morrenas, escombros y terrazas) que se relacionan con tres etapas de glaciación. En el aspecto tectónico se reconocen en Huancayo los efectos de varias fases tectónicas. La primera es la tectorogénesis eo-hercinica que plegó intensamente los flyschs Excelsior según direcciones E-W. a NE-SW en un primer tiempo, y NW-SE en un segundo. Los pliegues son isoclinales, están acompañados por esquistosidad y a veces por el desarrollo de un epimetamorfismo. Después de un largo periodo de cuasi-inactividad tectónica tiene lugar la tectorogénesis del Cretáceo tardío que afectó la parte NE de la plataforma y probablemente el geanticlinal. Los movimientos del Terciario inferior fueron intensos en toda la hoja y fueron seguidos por varias fases más débiles en el curso del Terciario medio y superior y hasta el Cuaternario (Neotectónica). Todas las fases mesozoicas y cenozoicas edificaron pliegues. NW-SE bastante abiertos, por lo general acompañadas por fallas inversas de alto ángulo de la misma dirección; en la Cordillera Oriental, una de estas fases dio lugar a un epimetamorfismo. Las fallas normales son frecuentes, en particular las transversales. Las rocas intrusivas ocupan áreas reducidas. En la Cordillera Oriental se encuentran algunos cuerpos hipabisales asociados con los volcánicos del Pérmico superior. En las Altas Mesetas el único intrusivo importante es el stock ácido del C° Huacravilca. Los yacimientos metálicos conocidos son de poca importancia: en la esquina SW del cuadrángulo se encuentra la mina de Cercapuquio con mineralización de zinc con cadmio y el depósito de fierro del C° Huacravilca.

GEO TEST V. SAC  
MEMBER OF THE SOCIETY OF GEOTECHNICAL ENGINEERS  
  
ING. MAX JERRY VELIZ SAURAN  
C.O. 10110

Resolución de Ejecución de Laboratorio, Intervención y Control de Calidad de Materiales y Equipos, Firmada por Ing.  
Eduardo de la Cruz de la Cruz, Director General, y Ing. Max Jerry Veliz Sauran, Gerente General.



#### ➤ GEOMORFOLOGIA

En la región de Huancayo la Cordillera Oriental se caracteriza por una gran uniformidad en la altitud de sus cumbres, estas como en el caso de las Altas Mesetas del lado occidental se relacionan con la "Superficie Puna", aquí también la superficie ha sido destruida en gran parte por la erosión de los glaciares y torrentes

Más al este, ya en el cuadrángulo de Jauja, la cordillera del Huaytapallana se levanta hasta 5,500 m. de altitud, de sus cumbres nevadas descienden glaciares de valle hasta los 4,700 m. Este accidente topográfico remarcable puede ser también un relieve residual, pero, el límite occidental del macizo es una falla y cabe preguntarse, como Dollfus, si "es un horst o un relieve residual?", o es a la vez "un horst y un relieve residual?". Las microformas del relieve están bajo la influencia del hielo y deshielo y en los escasos sinclinales calcáreos se advierten microlenares.

La depresión Jauja-Huancayo es alargada en dirección NW - SE; tiene una longitud aproximada de 70 km. con un ancho que varía entre 3 y 15 km.; en el cuadrángulo de Huancayo su altura varía entre 3, 160 y 3,350 m. El río Mantaro la atraviesa a "grosso modo" siguiendo su eje. El fondo de la cuenca está tapizado por espesas formaciones cuaternarias que constituyen un sistema de terrazas escalonadas, localmente interrumpidas por los conos aluviales de los afluentes del Mantaro; las terrazas más antiguas están afectadas por flexuras y pliegues bien caracterizados.

La depresión no parece ser un graben; la hipótesis más verosímil en cuanto a su génesis es la de una gotera de origen tectónico (Dollfus, 1965), formada a consecuencia de un ondulamiento general con gran radio de curvatura en la Superficie Puna contemporáneo o algo posterior al alzamiento de los Andes

#### ➤ Geodinamica Externa

El área en estudio no presenta ningún riesgo geológico potencial. Según el mapa de geodinámica externa del Perú (INGEMMET 1991), en esta zona no se han producido fenómenos geológicos que pueden poner en peligro la seguridad de obras civiles





1.4.2. FACTORES CLIMATOLÓGICOS:

En Huancayo, los veranos son cortos, cómodos y nublados; los inviernos son cortos, fríos y parcialmente nublados y está seco durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 5 °C a 20 °C y rara vez baja a menos de 3 °C o sube a más de 22 °C.

En base a la puntuación de turismo, la mejor época del año para visitar Huancayo para actividades de tiempo caluroso es desde finales de Abril hasta principios de Octubre

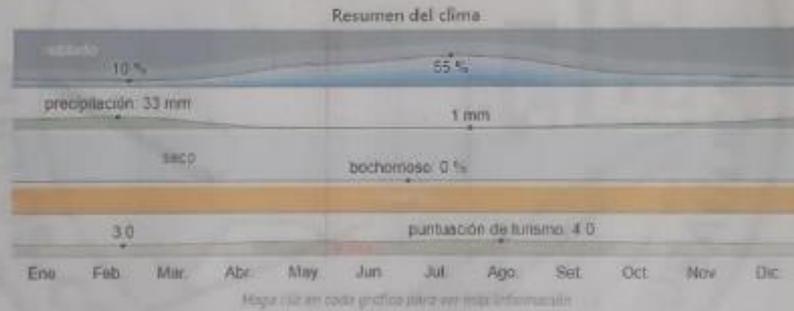


Imagen: Regiones Naturales a nivel Provincial





### a) Temperatura

Se caracteriza por tener un invierno seco templado en el día y frígido en la noche, con una temperatura promedio de 2°C en la parte alta, en la media varía entre los 5° y 10°C, y una temperatura promedio de 24°C en la parte baja.

14 °C | °F

Huancayo  
miércoles, 11:00  
Parcialmente nublado

Prob. de precipitaciones: 3%  
Humedad: 52%  
Viento: a 3 km/h

Temperatura    Precipitaciones    Viento



### b) Precipitación Pluvial

Se tiene dos épocas bien definidas; un periodo lluvioso que va de los meses de noviembre a abril, y un periodo seco durante los meses de mayo a octubre. La precipitación anual oscila entre los 800mm, 900mm, siendo de junio y julio los que registran los menores valores; y los meses de enero, febrero y marzo con registros promedios de 200mm mensuales como valores máximos respectivamente.

### c) Vientos

Los vientos alcanzan velocidades de hasta 12km/H durante los primeros meses de junio, disminuyendo progresivamente en el otoño a 3.1 m/s entre los meses de enero y febrero.

GEO TEST V. SAC  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
*Jerry Veluz*  
ING. JERRY VELUZ SUCARRAY

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC**

**DIRECCION:** Jr. GRAU N° 2111-CHILCA  
(Del lado sur frente al campo Polo  
de Frecuencia) entre con Av. General Prada)

**E-MAIL:** labgeotestvoz@gmail.com  
geotest.v@gmail.com  
**FACEBOOK:** Geo Test V.S.A.C



**CELULAR:** 952525151 - 972831911-991475093

**RUC:** 20606529229



### 1.4.3. SISMICIDAD

- El territorio peruano está establecido en diversas zonas sísmicas, que presentan diferentes características de acuerdo a la mayor o menos ocurrencia de los sismos.
- Según el mapa de zonificación sísmica propuesto por la Norma de Diseño del Reglamento Nacional de Edificaciones (2019), la investigación "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DINÁMICAS Y GEOTÉCNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE MÉTODOS GEOFÍSICOS MAW, MICROTREMOR, REFRACCIÓN SÍSMICA EN TORRE TORRE-JUNÍN", se encuentra comprendido en la zona 3, clasificada como zona de sísmicidad muy alta.



GEO TEST V.S.A.C  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
*[Signature]*  
ING. MAX JERRY VELA SUICARAY  
CIP N° 28212

Atención: Dr. Humberto Torres Segura y Equipo de Asesoría y Asesoramiento y Ejecución de Estudios y Obras  
Especialidades: De Mecánica De Suelos, Concreto, Asfalto, Hidráulica, Asfalto y Obras Civiles

LABORATORIO DE MECÁNICA DE BUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCION : J. GRAU N° 211 - CHILCA

(Del lado sur de la Granja al parque Plaza  
A.C. Terminal) Pisco sur A.C. Terminal Pisco)

E-MAIL : lahgeotestvsa@gmail.com  
geotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V SAC



CELULAR : 952525751 - 972811911 - 991375093

RUC : 20606529229



Figura N°1: mapa de zonificación sísmica del Perú, según el reglamento nacional de edificaciones o norma técnica de edificaciones E.030 (diseño sísmo resistente)

JUNIN	HUANCAYO	CUCCA	3	VENTURERO DISTRITO
		CULLHUAS		
		EL TAMBO		
		HUACRAMOLQUE		
		HUALHUAS		
		HUANCA		
		HUANCAYO		
		HUASICHANCA		
		HUAYLACACHE		
		INGENIO		
		PILOCMAYO		
		PUCERA		
		QUICHAY		
QUICAS				

Figura N°1 zonificación sísmica del Perú



GEO TEST V SAC  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
INGENIERIA EN CIVIL  
MAG. WILY JORGE VILLALBA SUICARAY  
17/12

Sección de Ingeniería de Edificaciones, Investigaciones y Control de Calidad y Normativas y Experimentación, Centro de Estudios  
Especializados de Ingeniería de Estudios, Construcción, Vivienda, Urbanística, Aplicada, Edificación y Obras Civiles.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCION : Jr. GRAU N° 211-CHILCA  
(Ref. una cuadra frente al parque Pisco  
Av. Ferrnandez Orosco con Av. Coronel Prada)

E-MAIL : labgeotestv02@gmail.com  
geotest.v@gmail.com  
FACEBOOK : Geo Test V S.A.C



CELULAR : 952525151 972831911 991375093

RUC : 20606529229

**Tabla N° 1  
FACTORES DE ZONA "Z"**

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

**Tabla N° 3  
FACTOR DE SUELO "S"**

SUELO ZONA	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
Z <sub>4</sub>	0,80	1,00	1,05	1,10
Z <sub>3</sub>	0,80	1,00	1,15	1,20
Z <sub>2</sub>	0,80	1,00	1,20	1,40
Z <sub>1</sub>	0,80	1,00	1,60	2,00

**Tabla N° 4  
PERÍODOS "T<sub>r</sub>" Y "T<sub>l</sub>"**

	Perfil de suelo			
	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>
T <sub>r</sub> (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T <sub>l</sub> (s)	3,0	2,5	2,0	1,6



GEO TEST V S.A.C.  
INSTRUMENTACIÓN, ANÁLISIS Y MONITOREO

*Max Jerry Veliz Sulcaray*  
D<sup>OS</sup> MAX JERRY VELIZ SULCARAY  
C.P. N° 247352

Servicio de Estudios de Ingeniería, Investigaciones y Campo de Asfalto y Suelos y Estructuras, Troncal Cordón,  
Paseo Colón de Alameda de Suelos, Concreto, Asfalto E Hidráulica, Apurímaco Pí. 09000 Cordón

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCION: Jc. GRAU N° 111 - CHILCA

(Del lado sur del cruce al puente Pisco)  
Av. Ferrocarril con Av. Tawantinsuyo

E-MAIL : labgrotestvsa@gmail.com  
grotest.v@gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C



CELULAR : 952529351 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229

La zona en estudio presenta las siguientes condiciones sísmicas:

INTENSIDAD SISMICA : VII A IX

ZONIFICACION SISMICA : 3

FACTOR DE SUELO : 1.15

SUELO PERFIL TIPO : S2

PERIODO  $T_p$  : 0.6

PERIODO  $T_L$  : 2.00

PERIODO PREDOMINANTE: 0.6 y 2.00

## 2. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA

### 2.1. TRABAJOS DE CAMPO

#### ➤ Exploración:

Características generales acerca del uso que se le dará, número de pisos, niveles de piso terminado, área aproximada, tipo de estructura, número de sótanos, luces y cargas estimadas.



GEO TEST V. SAC  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

ING. MAX JERRY VELZ SUICARAY  
CIP N° 247313  
LABORATORIO

Sección de Estudios de Ingeniería, Investigaciones y Control de Asesoría y Normativa, S. de Ingeniería - División de Las  
Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto e Hidráulica Aplicada de Oroya, Perú

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCION : Jr. GRAU N° 911-CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Pizarro)  
Av. Ferrocarril Centro con Av. Tercera Piedad

E-MAIL : labgentesrcv@ gmail.com

gentest.v@ gmail.com

FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C

CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229



**TABLA N° 1**  
**TIPO DE EDIFICACIÓN**

CLASE DE ESTRUCTURA	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS* (m)	NUMERO DE PISOS (Incluidos los sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	> 12
APORTICADA DE ACERO	< 12	C	C	C	B
PÓRTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	< 10	C	C	B	A
MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERÍA	< 12	B	A	---	---
BASES DE MÁQUINAS Y SIMILARES	Cualquiera	A	---	---	---
ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	A	A	A	A
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	B	A	A	A

\* Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior.

TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES	≤ 9 m de altura	> 9 m de altura
		B

El número de puntos de investigación se determina en la Tabla N° 6 en función del tipo de edificación y del área de la superficie a ocupar por éste.

**TABLA N° 6**  
**NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACION**

Tipo de edificación	Número de puntos de investigación (n)
A	1 cada 225 m <sup>2</sup>
B	1 cada 450 m <sup>2</sup>
C	1 cada 800 m <sup>2</sup>
Urbanizaciones para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada Ha. de terreno habitado

(n) nunca será menor de 3.



GEO TEST V. SAC  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
*[Firma]*  
ING. MAX JERRY VELLIZ SANCARAY  
CIP N° 247012

Servicios de: Ensayos de Laboratorio, Investigaciones y Campo, de: Aceros, A. Hormigones, y Plásticos, Técnicas de Gas, Especialidades de: Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto, Hidráulica, Albedeo, En Obras Civiles.



➤ **Muestreo**

Se extrajeron muestras representativas de los estratos típicos en cantidad suficiente para la realización de ensayos, la cantidad de puntos de investigación fueron: 1.

➤ **Registro de excavaciones**

Paralelamente el muestreo se efectuó al registro de la exploración, optando las características de los suelos tales como espesor, color y humedad.

**2.2. NIVEL DE NAPA FREÁTICA**

No se encontró nivel de Napa Freática.

**2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO**

Los ensayos se efectuaron en el laboratorio de mecánica de suelos, de la empresa GEO TEST V s.a.c. siguiendo las normas adecuadas.

- Peso específico
- Capacidad portante
- Granulometría
- Contenido de humedad
- Límites de consistencia

**2.4. CONDICIONES DEL SUELO DE CIMENTACION**

De acuerdo a los trabajos de campo, ensayo de laboratorio y la estratigrafía del subsuelo, se evaluó la capacidad portante, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

Se efectuó 01 ensayo de corte directo por muestra en laboratorio obteniendo los siguientes parámetros de resistencia

CALICATA	COHESION	$\phi$
C-2	0.517 Kg/cm <sup>2</sup>	12.76

  
ING. MAX JERRY VELIZ SIRICABAY  
C.R. 10.000

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC**

**DIRECCION :** Jr. GRAU N°911-CHILCA

(R/C una cuadra frente al parque Pirou  
A/C Femenist entre con Av. Tarma Prado)

**E-MAIL :** labgeotestv@gmail.com

geotest.v@gmail.com

**FACTBOOK :** Geo Test V.S.A.C



**CELULAR :** 952525351 - 972831911-991375093

**RUC :** 20606529229

**3. NORMATIVIDAD**

El presente estudio está en concordancia con las siguientes Normas:

E-050 - Suelos y Cimentaciones (Reglamento Nacional de Edificaciones)

E-030 - Diseño Sísmico Resistente (Reglamento Nacional de

Edificaciones) E-020 - Cargas (Reglamento Nacional de Edificaciones)

-Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos del MTC

-Reglamento nacional de edificaciones

**4. PARAMETROS GEOTECNICOS**

Conforme al objetivo del presente estudio, se pasa a definir los parámetros geotécnicos relativos al ángulo de fricción y cohesión, que intervendrán en los cálculos de la capacidad de carga última y admisible; en tal sentido, los resultados obtenidos en el Laboratorio de Mecánica de Suelos GEO TEST V. Practicado a las muestras de suelos disturbados de la zona en estudio, los parámetros de resistencia obtenidos mediante el ensayo de Corte Directo, conforme a la Norma ASTM 03080 se tiene

CALICATA	COHESION	Ø
C-2	0.517 Kg/cm2	12.76

Para el cálculo de la capacidad portante admisible del suelo de fundación, se consideraron las ecuaciones de Terzaghi modificada por Vesic:

$$q_d = cN_c s_c i_c + \gamma_1 D_f N_q i_q + 0.5 \gamma_2 B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma$$


**GEO TEST V. SAC**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
  
**ING. MAX JERRY VALLE SULCARAY**  
 CIP N° 28712

Servicios de Estudios de Laboratorio, Investigaciones y Campo, De Análisis y Normativas y Ejecución de Obras  
Especialidades De: Muestreo De Suelos, Concreto, Asfalto, Hidráulica, Asfalto, En Obras Civiles



donde:

c: cohesión del suelo ubicado bajo la zapata.

$\gamma_1$ : peso unitario volumétrico de suelo ubicado sobre el nivel de cimentación.

$\gamma_2$ : peso unitario volumétrico de suelo ubicado bajo el nivel de cimentación.

B: menor dimensión (ancho) de la "zapata efectiva"

Df: profundidad de cimentación

Nq: coef. de capacidad de carga correspondiente a la sobrecarga ( $\gamma D_f$ )

Nc: coef. de capacidad de carga correspondiente a la cohesión (si  $\phi' = 0$ ,  $N_c = 5.14$ )

N $\gamma$ : coef. de capacidad de carga correspondiente a la fricción

s: coef. de corrección por la forma de la cimentación

i: coef. de corrección por inclinación de la carga

## 5. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

### PROFUNDIDAD DE LA CIMENTACION

Considerando el suelo en que deberá cimentar dada la potencia encontrada en las investigaciones, se recomienda emplear una profundidad mayor a 1.60 m, siempre que el Ingeniero Supervisor y/o el Ing. Responsable de la Obra consideren dicho nivel como el de cimentación competente. Estos criterios son con la finalidad de proporcionar el adecuado confinamiento a la estructura.

### TIPO DE CIMENTACION

Con la aproximación propia de la exploración ejecutada, podemos establecer que para una construcción futura, se podrá adoptar sistemas de cimentación superficial; se recomienda utilizar zapatas aisladas, considerar vigas de cimentación, esto para disipar los esfuerzos producidos por la misma estructura a proyectar.



GEO TEST V. SAC  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

*[Handwritten signature]*

CHILCAY



#### FACTOR DE SEGURIDAD

Siguiendo las normas y reglamentos respectivos, se considera un factor de seguridad igual o mayor a 4, resultando este valor de la relación de la capacidad de carga resistente del suelo (carga última) entre la capacidad de carga actuante (carga admisible). Por lo tanto, se empleará:

$$FS = q_{ult} / q_{ad} = 4.0$$

#### 6. CONSIDERACIONES A TOMAR EN EL DISEÑO

El terreno deberá ser diseñado para cimentaciones que la falla del suelo sea del tipo local por corte cumpliendo las capacidades de cargas debidos a la cohesión, a la sobrecarga y al peso del Suelo, garantizando el estado elástico y plástico, por lo que se deberá diseñarse la cimentación de la estructura tomando en consideración la capacidad menor encontrada de los estudios que es capacidad portante del terreno de 1.45 Kg/cm<sup>2</sup> para la calicata 02 según los resultados de laboratorio.

#### 7. CONSIDERACIONES A TOMAR PARA EFECTOS SISMORESISTENTE

Las consideraciones de sismo a tomar en el diseño sismo resistente, se utilizarán tanto el factor de suelo y el periodo predominante de vibración del suelo y es como sigue:

Para el Factor de Suelo (S), según se detalla en la descripción del tipo de suelo se toma como S<sub>2</sub>, considerando un suelo intermedio con un Factor de S=1.15.

Para la determinación del periodo predominante de vibración del suelo, según se detalla en la descripción del tipo de suelo como un suelo intermedio y para determinar TP se debe tomar el valor de 0.60 y para TL se debe tomar el valor de 2.00.



GEO TEST V. SAC  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

*[Handwritten signature]*

INCARAY



## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con la aproximación propia de la exploración ejecutada, podemos establecer que para una futura edificación proyectada, se podrá adoptar sistemas de cimentación superficial, por medio de zapatas aisladas, zapatas conectadas, zapatas combinadas, cimientos corridos, etc. En caso de que el cálculo estructural de cimentación lo requiera se usara vigas de cimentación. Los elementos de cimentación, en todos los casos deberán desplantarse a una profundidad no menor que el de 1.60 m
- Es conveniente que todos los elementos estructurales se apoyen a la misma profundidad y calculados de acuerdo a las normas de Diseño Sismo Resistente.
- Para evitar situaciones de inestabilidad derivadas principalmente de la condición suelta en que pueden quedar los suelos de apoyo de las cimentaciones durante el proceso de construcción que altera totalmente sus propiedades naturales, es necesario densificar convenientemente el fondo de la excavación.
- La capacidad portante del terreno es de  $1.45 \text{ Kg/cm}^2$  para la calicata 01 según los resultados obtenidos a través del ensayo de Corte directo.
- No se encontró napa freática en la excavación
- Se ha encontrado un terreno bastante homogéneo, efectuando la correlación del pozo de exploración se tiene que su composición es de una arcilla de media plasticidad arenosa.



GEO TEST V S.A.C.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

SILCARAY

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

DIRECCION: Jr. GRAU N° 211 - CHILCA

(Ref. una cuadra frente al parque Plaza  
Alfonso Ugarte) (Cerca con Av. Tumbes Prado)

E-MAIL : labgeotestv@gmail.com

geotestv@gmail.com

FACEBOOK: Geo Test V.S.A.C



CELULAR : 952525151 - 972831911-991375093

RUC : 20606529229

9. ANEXOS



GEO TEST V. SAC

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

*[Handwritten signature]*

ENCARGADO

Sección de Estudios de Laboratorio, Investigación y Control de Calidad y Normativas y Ejecución Técnica de los  
Especialidades de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto, Hidráulica Aplicada y Otros Correlativos

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
GEO TEST V. SAC

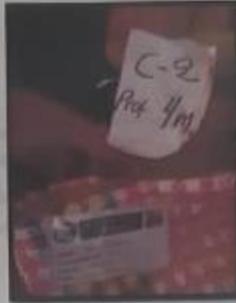
DIRECCION : J.E. GRAU N° 211 - CHILCA  
(Blo C) una cuadra frente al parque Pisco  
Av. Ferrocarril entre con Av. Tumbes Prado

E-MAIL : labgeotestv@gmail.com  
geotest.v@gmail.com  
FACEBOOK : Geo Test V.S.A.C

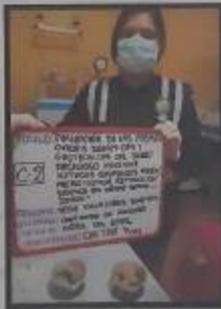


CELULAR : 952525151 - 972831911 - 991375093

RUC : 20606529229



Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de suelo acuerdo a la NTP-339.127



Método de ensayo normalizado para el corte directo de suelos bajo condiciones consolidadas Norma Técnica NTP  
339.141



GEO TEST V S.A.C.  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA

*[Handwritten signature]*

Servicio de Estudios de Laboratorio, Investigaciones y Cursos de Actualización y Normativas y Experiencia Técnica en los  
Campos de Mecánica de Suelos, Concreto, Asfalto, Hidráulica, Aplicado, Estructuras y Geotecnia

## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Norma: NTP 339.171 (ASTM D 3080)

<b>Proyecto</b>	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOFISICOS MAW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE - JUNIN		
<b>Solicitante</b>	Bach. VILALOBOS HUAMAN ROSA BEATRIZ	<b>Código de formato</b>	CD-EX-004
<b>Ubicación</b>	HUANCAYO-JUNIN-JUNIN	<b>Profundidad</b>	4.00 m
<b>Calicata</b>	C-2	<b>N° de muestra</b>	M2
<b>Clase de material</b>	MUESTRA DE MATERIAL	<b>Estado</b>	Disturbado
<b>Progresiva</b>	-	<b>Ensayado por</b>	A.Y.G
<b>Fecha de recepción</b>	ABRIL 2021	<b>Fecha de emisión</b>	ABRIL 2021

Después del ensayo de corte directo	Especimen 01	Especimen 02	Especimen 03
Volumen del anillo	58.14 cm <sup>3</sup>	58.14 cm <sup>3</sup>	58.14 cm <sup>3</sup>
Masa de la tara	44.00 g	45.00 g	44.90 g
Masa de la tara+ suelo húmedo	180.00 g	145.20 g	145.80 g
Masa de la tara+ suelo seco	142.20 g	127.10 g	109.40 g
contenido de humedad	38.49 %	22.05 %	56.43 %
Densidad seca	1.69 g/cm <sup>3</sup>	1.41 g/cm <sup>3</sup>	1.11 g/cm <sup>3</sup>
Densidad húmeda	2.34 g/cm <sup>3</sup>	1.72 g/cm <sup>3</sup>	1.74 g/cm <sup>3</sup>
Esfuerzos	Especimen 01	Especimen 02	Especimen 03
Esfuerzo Normal (kg/cm <sup>2</sup> )	0.86	1.73	3.46
Esfuerzo Corte máximo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.67	0.97	1.28
Esfuerzo Corte mínimo (kg/cm <sup>2</sup> )	0.02	0.04	0.06
Resultados			
	Pico (Máx.)	Residual (Min.)	
Cohesión (kg/cm <sup>2</sup> )	0.517 kg/cm <sup>2</sup>	0.009 kg/cm <sup>2</sup>	
Angulo de fricción (°)	12.76°	0.80°	

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/g)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.02	0.02
0.25	0.03	0.03
0.30	0.05	0.06
0.35	0.15	0.18
0.40	0.23	0.27
0.45	0.29	0.34
0.50	0.35	0.40
0.55	0.39	0.45
0.60	0.46	0.53
0.65	0.48	0.56
0.70	0.51	0.60
0.75	0.55	0.64
0.80	0.60	0.69
0.85	0.62	0.72
0.90	0.65	0.75
0.95	0.67	0.78
1.00	0.67	0.78
1.05	0.67	0.77
1.10	0.67	0.77
1.15	0.67	0.77
1.20	0.67	0.77
1.25	0.67	0.77
1.30	0.67	0.77
1.35	0.67	0.77
1.40	0.67	0.77
1.45	0.00	0.00
1.50	0.00	0.00
1.55	0.00	0.00
1.60	0.00	0.00
1.65	0.00	0.00
1.70	0.00	0.00

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/g)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.04	0.02
0.25	0.09	0.05
0.30	0.18	0.10
0.35	0.20	0.12
0.40	0.26	0.16
0.45	0.31	0.18
0.50	0.39	0.22
0.55	0.46	0.26
0.60	0.57	0.33
0.65	0.62	0.36
0.70	0.68	0.40
0.75	0.73	0.42
0.80	0.77	0.44
0.85	0.81	0.47
0.90	0.82	0.47
0.95	0.82	0.47
1.00	0.88	0.51
1.05	0.90	0.52
1.10	0.92	0.53
1.15	0.97	0.56
1.20	0.97	0.56
1.25	0.97	0.56
1.30	0.97	0.56
1.35	0.97	0.56
1.40	0.00	0.00
1.45	0.00	0.00
1.50	0.00	0.00
1.55	0.00	0.00
1.60	0.00	0.00
1.65	0.00	0.00
1.70	0.00	0.00

Desp. lateral (mm)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (t/g)
0.00	0.00	0.00
0.20	0.06	0.02
0.25	0.16	0.05
0.30	0.24	0.07
0.35	0.28	0.08
0.40	0.32	0.09
0.45	0.36	0.10
0.50	0.46	0.13
0.55	0.54	0.15
0.60	0.67	0.19
0.65	0.70	0.20
0.70	0.76	0.22
0.75	0.88	0.25
0.80	0.92	0.27
0.85	0.95	0.28
0.90	1.11	0.32
0.95	1.16	0.34
1.00	1.22	0.35
1.05	1.27	0.37
1.10	1.27	0.37
1.15	1.28	0.37
1.20	1.28	0.37
1.25	1.28	0.37
1.30	1.28	0.37
1.35	1.28	0.37
1.40	0.00	0.00
1.45	0.00	0.00
1.50	0.00	0.00
1.55	0.00	0.00
1.60	0.00	0.00
1.65	0.00	0.00
1.70	0.00	0.00

**Nota:**

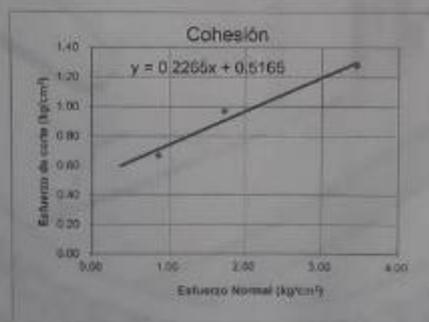
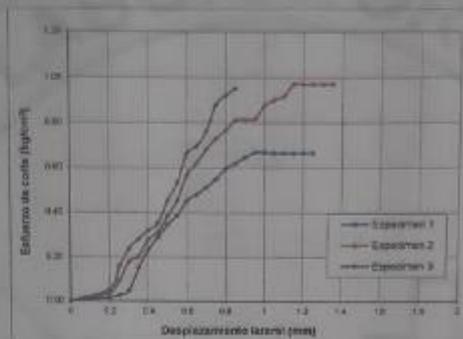
- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
- 3) Resolución N°002-98-INDECOP-CR-ART. 8.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificador del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



## ENSAYO DE CORTE DIRECTO

Proyecto:	EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOFISICOS SMM, MICROTERREMOR, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE - JUNIN		
Solicitante:	BEN VELLALOBOS HUANAN ROSA BEATRIZ	Código de formato:	CD-EX-004
Ubicación:	HUANCAYO - JUNIN - JUNIN	Profundidad:	4.00 m
Calfata:	C-2	Nº de muestra:	M2
Clasificación de material:	MUESTRA DE MATERIAL	Estado:	Distribuido
Proyecto:	-	Ensayado por:	A. Y. G.
Fecha de recepción:	ABRIL, 2021	Fecha de emisión:	ABRIL, 2021

### Gráficos del Ensayo de Corte Directo



**Nota:**

1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.

2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad.

3) Resolución N°003-98-INDECOPI-CRT ART.6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificados del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA GEO  
TEST V. SAC



DIRECCIÓN: JUNTA REGIONAL DE TACNA, TACNA, PERÚ  
 CARRERA: INGENIERÍA CIVIL  
 INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE TACNA  
 FECHA: 2021-02-11  
 LOCALIDAD: TACNA, PERÚ

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto: TESIS EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOTECNICOS MAW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE - JUNIN  
 Expediente N°: EXP-20-GEO-TEST-V-2021  
 Centra: Calicata 02  
 Codigo de formato: PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11  
 N° de muestra: C-2  
 Peticionario: ROSA BEATRIZ VILLALOBOS HUAMAN  
 Clase de material: ARCILLA ARENOSA  
 Ubicación: TORRE TORRE - HUANCAYO - JUNIN  
 Norma: NTP-ASTM-MTC  
 Estructura: ---  
 Ensayado por: A.Y.D.  
 Fecha de recepción: ABRIL 2021  
 Fecha de emisión: ABRIL 2021

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
 NTP 339.128 (1999)-ASTM D 422-MTC E 107

Hoja 01 de 02

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCHA (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
3"	75.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	29.30	0.47	0.47	99.53
1/2"	12.70	142.90	2.29	2.76	97.24
3/8"	9.53	51.10	0.82	3.58	96.42
N° 4	4.75	219.00	3.51	7.10	92.90
N° 8	2.36	186.06	2.66	9.76	90.24
N° 10	2.00	32.01	0.51	10.27	89.73
N° 16	1.18	130.04	1.93	12.20	87.80
N° 20	0.85	78.03	1.25	13.45	86.55
N° 30	0.60	72.03	1.16	14.61	85.39
N° 40	0.43	60.02	0.96	15.57	84.43
N° 50	0.30	54.02	0.87	16.44	83.56
N° 60	0.25	88.03	1.41	17.85	82.15
N° 100	0.15	40.01	0.64	18.49	81.51
N° 200	0.075	244.29	3.92	22.41	77.59
FONDO		4835.75	77.59	100.00	0.00
TOTAL		6232.4	100.00 %		

GRUPO SEGUN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS)	
GRAVA	7.10 %
ARENA	15.31 %
FINO	77.59 %
TOTAL	100.00 %

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 339.127)	
Código de recipiente	P-07
Masa de recipiente (g)	46.20 g
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	360.05 g
Masa de recipiente + suelo seco (g)	325.75 g
Masa de agua (g)	34.30 g
Masa de suelo seco (g)	279.55 g
Contenido de humedad %	12.27 %



Simbolo del grupo (SUCS) = CL  
 Nombre del grupo (SUCS) = ARCILLA LIGERA DE PLASTICIDAD MEDIA CON ARENA  
 AASHTO = A-4 (0)



GEO TEST V. SAC  
 SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ING. PIAZZA  
 CIP N° 24729

SERVICIOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO INVESTIGACIONES Y CAMPO DE ACUERDO A NORMATIVAS Y EXIGENCIAS TÉCNICAS EN LAS ESPECIALIDADES DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA APLICADO EN OBRAS CIVILES



DIRECCION	JR. DRA. V. S. I. ENLACA	DIRECCION	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA
RECEPCION	RECEPCION	RECEPCION	RECEPCION
LABORATORIO	LABORATORIO	LABORATORIO	LABORATORIO

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOTECNICOS MAW, MICROTREMOR, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE - JUNIN		
Expediente N°	: EXP-20-GEO-TEST-V-2021	Cantera	: Calicata 02
Codigo de formato	: PCA-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	N° de muestra	: C-2
Peticionario	: ROSA BEATRIZ VILLALOBOS HUAMAN	Clase de material	: ARCILLA ARENOSA
Ubicación	: TORRE TORRE - HUANCAYO - JUNIN	Norma	: NTP-ASTM-MTC
Estructura	: - - -	Ensayado por	: A.Y.G.
Fecha de recepción	: ABRIL 2021	Fecha de emisión	: ABRIL 2021

Hoja: 02 de 02

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS  
NTP 339.129 (2014)-ASTM D 4318-MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLÁSTICO	
	T-123	T-56	T-34	T-194	T-193
Nro. De cápsula					
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	73.20	63.00	48.70	22.50	23.80
Masa cápsula + Suelo seco (g)	60.50	43.80	39.20	21.60	22.80
Masa cápsula (g)	15.90	12.00	12.30	17.00	17.20
Masa del agua (g)	12.70	9.10	7.50	0.90	1.00
Masa del suelo seco (g)	44.60	31.80	26.90	4.60	5.60
Contenido de humedad %	28.48 %	28.63 %	27.88 %	19.57 %	17.86 %
Nro. De golpes	18	27	35	I	II



<b>LIMITE LIQUIDO</b>	
LL :	28.36

<b>LIMITE PLÁSTICO</b>	
LP :	18.71

<b>INDICE PLÁSTICO</b>	
IP :	9.64

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario.
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio salvo que la reproducción sea en su totalidad.
- 3) Resolución N° 002-98-INDECOP-CRT-ART.6.- Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



GEO TEST V SAC  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA  
ING. MAX JERRY VELIZ SUZCARRA  
247394  
LABORATORIO

CAPACIDAD PORTANTE

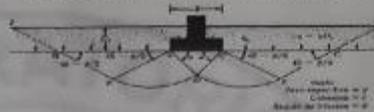
TEORIA DE TERZAGHI

Proyecto:	ESTIMACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y QUESTURAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOTECNICOS WINK, MUDOTREND, PERFORACION BANDA EN TORRE TORRE - JUNIN		
Ubicaci3n:	Dist. VILLALDOS HUAMEN ROSA BRAZAL	C3digo de formato:	CDUCC004
Ubicaci3n:	JUNIN - HUANCAYO - HUANCAYO	Profundidad:	4.00 m
Calle:	C-3	MP de muestra:	M2
Clase de muestra:	MUESTRA DE CALICATA	Estado:	Disturbado
Proyecto:		Elaborado por:	A.V.G.
Fecha de revisi3n:	ABRIL 2021	Fecha de emisi3n:	ABRIL 2021

ANALISIS DE CAPACIDAD ADMISIBLE

Datos Generales	
(Angulo de fricci3n)	= 12.76 °
C (Cohesi3n)	= 50.70 Tnm <sup>2</sup>
C (Cohesi3n)	= 0.8175 kg/cm <sup>2</sup>
Peso Especifico	= 1.802 T/m <sup>3</sup>
Peso Especifico	= 13.76 KN/m <sup>3</sup>
Relacion Ancho-Longo	= 1
Factor de Seguridad	= 4.00
Carga concentrada	= 20.00 Tn

TEORIA DE LA CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA SEGUN TERZAGHI



Datos Generales	Factores de Capacidad de Carga		
	Nc	Ny	Nq
CUADRADA	9.68	1.90	3.19

Determinaci3n de la capacidad portante

Tipo de Cimentaci3n	Prof (Df) (m)	Ancho (B) (m)	Qult (kg/cm <sup>2</sup> )	Qadm (kg/cm <sup>2</sup> )	Qadm (kg/cm <sup>2</sup> )	Coefficient Qadm-Qadm
ZAPATA CUADRADA	1.50	1.50	7.38	1.85	0.85	CUMPLE
	1.50	1.55	7.33	1.85	0.81	CUMPLE
	1.60	1.60	7.39	1.85	0.78	CUMPLE
	1.60	1.65	7.40	1.85	0.73	CUMPLE
	1.60	1.70	7.40	1.85	0.69	CUMPLE
	1.70	1.50	7.43	1.86	0.80	CUMPLE
	1.70	1.55	7.43	1.86	0.80	CUMPLE
	1.70	1.60	7.44	1.86	0.78	CUMPLE
	1.70	1.65	7.44	1.86	0.73	CUMPLE
	1.70	1.70	7.45	1.86	0.69	CUMPLE
	1.80	1.50	7.47	1.87	0.80	CUMPLE
	1.80	1.55	7.48	1.87	0.80	CUMPLE
	1.80	1.60	7.48	1.87	0.78	CUMPLE
	1.80	1.65	7.49	1.87	0.73	CUMPLE
	1.80	1.70	7.49	1.87	0.69	CUMPLE
	1.90	1.50	7.52	1.88	0.80	CUMPLE
	1.90	1.55	7.52	1.88	0.81	CUMPLE
	1.90	1.60	7.53	1.88	0.78	CUMPLE
	1.90	1.65	7.53	1.88	0.73	CUMPLE
	1.90	1.70	7.54	1.88	0.69	CUMPLE
2.00	1.50	7.56	1.89	0.80	CUMPLE	
2.00	1.55	7.57	1.89	0.81	CUMPLE	
2.00	1.60	7.57	1.89	0.78	CUMPLE	
2.00	1.65	7.58	1.89	0.73	CUMPLE	
2.00	1.70	7.58	1.89	0.69	CUMPLE	

GEO TEST V. S.R.L.  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA Y GEOMECANICA  
  
 ING. PABLO VILLALBA SUZCARRAY  
 GERENTE DE LABORATORIO

CAPACIDAD PORTANTE

Tercera de Torreón

Proyecto:	EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOTECNICOS HANAL, MICROTESOR, ESTACION		
Edificio:	BARR. VILLALOBOS INAMAR ROSA BEATRIZ	Código de vivienda:	CD-EX-004
Ubicación:	JUJUAN - HUANCAYO - HUANCAYO	Profundidad:	4.00 m
Calle:	C-2	N° de muestra:	M3
Clase de material:	MUESTRA DE CALICATA	Estado:	Disturbado
Problema:	-	Elaborado por:	A.V.G.
Fecha de recepción:	ABRIL 2021	Fecha de emisión:	ABRIL 2021

ANÁLISIS DE CAPACIDAD ADMISIBLE

Datos Generales	
(Angulo de fricción)	= 12.76 °
C (Cohesion)	= 0.70 T/m <sup>2</sup>
φ (Cohesion)	= 0.6170 Kg/cm <sup>2</sup>
Peso Especifico	= 1.882 T/m <sup>3</sup>
Peso Especifico	= 13.75 KN/m <sup>3</sup>
Relacion Ancho-Largo	= 1/2
Factor de Seguridad	= 4.00
Carga concentrada	= 1.60 Tn



Datos Generales	Factores de Capacidad de Carga		
CORRIDA	$N_c$	$N_q$	$N_{\gamma}$
	9.68	1.90	3.19

Determinación de la capacidad portante

Tipo de cimentación	Prof (D) (m)	Ancho (B) (m)	$Q_{ult}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$Q_{adm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$Q_{act}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Condición (Qadm>Qact)
ZAPATA CORRIDA	1.60	0.50	5.79	1.45	0.60	CUMPLE
	1.60	0.55	5.80	1.45	0.50	CUMPLE
	1.60	0.60	5.80	1.45	0.42	CUMPLE
	1.60	0.65	5.81	1.45	0.36	CUMPLE
	1.60	0.70	5.82	1.45	0.31	CUMPLE
	1.70	0.50	5.83	1.46	0.60	CUMPLE
	1.70	0.55	5.84	1.46	0.50	CUMPLE
	1.70	0.60	5.85	1.46	0.42	CUMPLE
	1.70	0.65	5.85	1.46	0.36	CUMPLE
	1.70	0.70	5.86	1.46	0.31	CUMPLE
	1.80	0.50	5.88	1.47	0.60	CUMPLE
	1.80	0.55	5.88	1.47	0.50	CUMPLE
	1.80	0.60	5.89	1.47	0.42	CUMPLE
	1.80	0.65	5.90	1.47	0.36	CUMPLE
	1.80	0.70	5.90	1.48	0.31	CUMPLE
	1.90	0.50	5.92	1.48	0.60	CUMPLE
	1.90	0.55	5.93	1.48	0.50	CUMPLE
	1.90	0.60	5.94	1.48	0.42	CUMPLE
	1.90	0.65	5.94	1.49	0.36	CUMPLE
	1.90	0.70	5.95	1.49	0.31	CUMPLE
2.00	0.50	5.97	1.49	0.60	CUMPLE	
2.00	0.55	5.97	1.49	0.50	CUMPLE	
2.00	0.60	5.98	1.50	0.42	CUMPLE	
2.00	0.65	5.99	1.50	0.36	CUMPLE	
2.00	0.70	5.99	1.50	0.31	CUMPLE	

**GED TEST V S.A.S.**
  
 INGENIEROS EN GEOTECNIA Y GEODINAMICA
   
  
**ING. JERRY VELAZ SUZCARRAY**
  
 N° 24721

CAPACIDAD PORTANTE

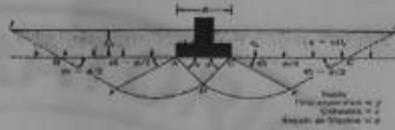
TEORIA DE TERZAGHI

Proyecto:	EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DINAMICAS Y GEOTECNICAS DEL SUELO ARCILLOSO MEDIANTE METODOS GEOFISICOS RARE, MICROTIEMPO, REFRACCION SISMICA EN TORRE TORRE - JUNIN		
Solicitante:	Beck, YLLULLLOS HUAMAN ROSA BEATRIZ	Código de formato:	CD-EX-004
Ubicación:	JUNIN - HUANCAYO - HUANCAYO	Profundidad:	4.00 m
Cálculo:	C-3	N° de muestra:	M2
Clase de material:	MUESTRA DE CALICATA	Estado:	Disturbado
Programa:	T-3	Elaborado por:	A.Y.G
Fecha de recepción:	ABRIL 2021	Fecha de emisión:	ABRIL 2021

ANALISIS DE CAPACIDAD ADMISIBLE

Datos Generales	
(Angulo de fricción)	= 12.76 °
C (Cohesion)	= 50.70 Tn/m <sup>2</sup>
C (Cohesion)	= 0.5170 Kg/cm <sup>2</sup>
Peso Especifico	= 1.402 T/m <sup>3</sup>
Peso Especifico	= 13.75 KN/m <sup>3</sup>
Relacion Ancho-Largo	= 1/2
Factor de Seguridad	= 4.00
Carga concentrada	= 20.00 Tn

TEORIA DE LA CAPACIDAD DE CARGA ULTIMA SEGUN TERZAGHI



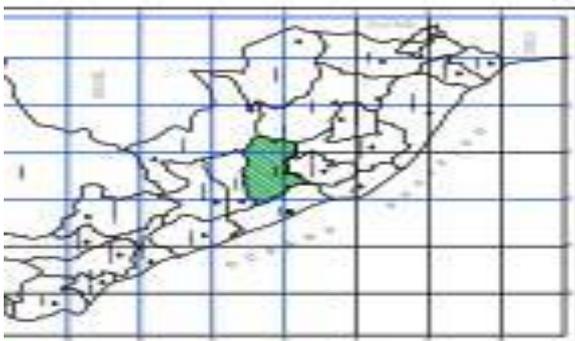
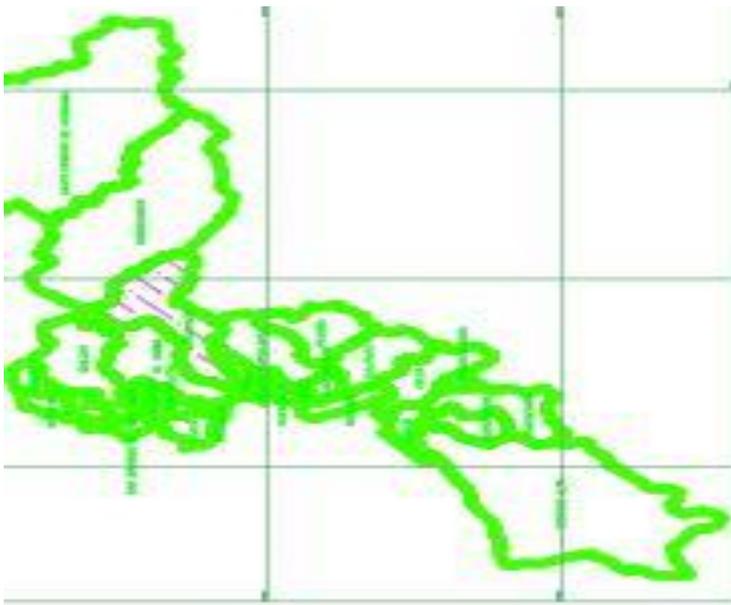
Datos Generales	Factores de Capacidad de Carga		
Rectangular	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
	4.68	1.90	3.19

Determinación de la capacidad portante

Tipo de Cimentación	Prof (Df) (m)	Ancho (B) (m)	$Q_{ult}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$Q_{adm}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$Q_{act}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Condición Carga/Garc
ZAPATA RECTANGULAR	1.50	1.50	6.40	1.60	0.53	CUMPLE
	1.50	1.35	6.41	1.60	0.53	CUMPLE
	1.50	1.60	6.41	1.60	0.75	CUMPLE
	1.50	1.65	6.42	1.61	0.73	CUMPLE
	1.60	1.70	6.43	1.61	0.69	CUMPLE
	1.70	1.50	6.45	1.61	0.89	CUMPLE
	1.70	1.55	6.45	1.61	0.83	CUMPLE
	1.70	1.60	6.46	1.61	0.78	CUMPLE
	1.70	1.65	6.47	1.62	0.75	CUMPLE
	1.70	1.70	6.47	1.62	0.69	CUMPLE
	1.80	1.50	6.49	1.62	0.89	CUMPLE
	1.80	1.55	6.50	1.62	0.83	CUMPLE
	1.80	1.60	6.50	1.63	0.78	CUMPLE
	1.80	1.65	6.51	1.63	0.73	CUMPLE
	1.80	1.70	6.52	1.63	0.69	CUMPLE
	1.90	1.50	6.54	1.63	0.89	CUMPLE
	1.90	1.55	6.54	1.64	0.83	CUMPLE
	1.90	1.60	6.55	1.64	0.78	CUMPLE
	1.90	1.65	6.55	1.64	0.73	CUMPLE
	1.90	1.70	6.56	1.64	0.69	CUMPLE
	2.00	1.50	6.58	1.65	0.89	CUMPLE
	2.00	1.55	6.59	1.65	0.83	CUMPLE
	2.00	1.60	6.59	1.65	0.78	CUMPLE
	2.00	1.65	6.60	1.65	0.73	CUMPLE
	2.00	1.70	6.61	1.65	0.69	CUMPLE

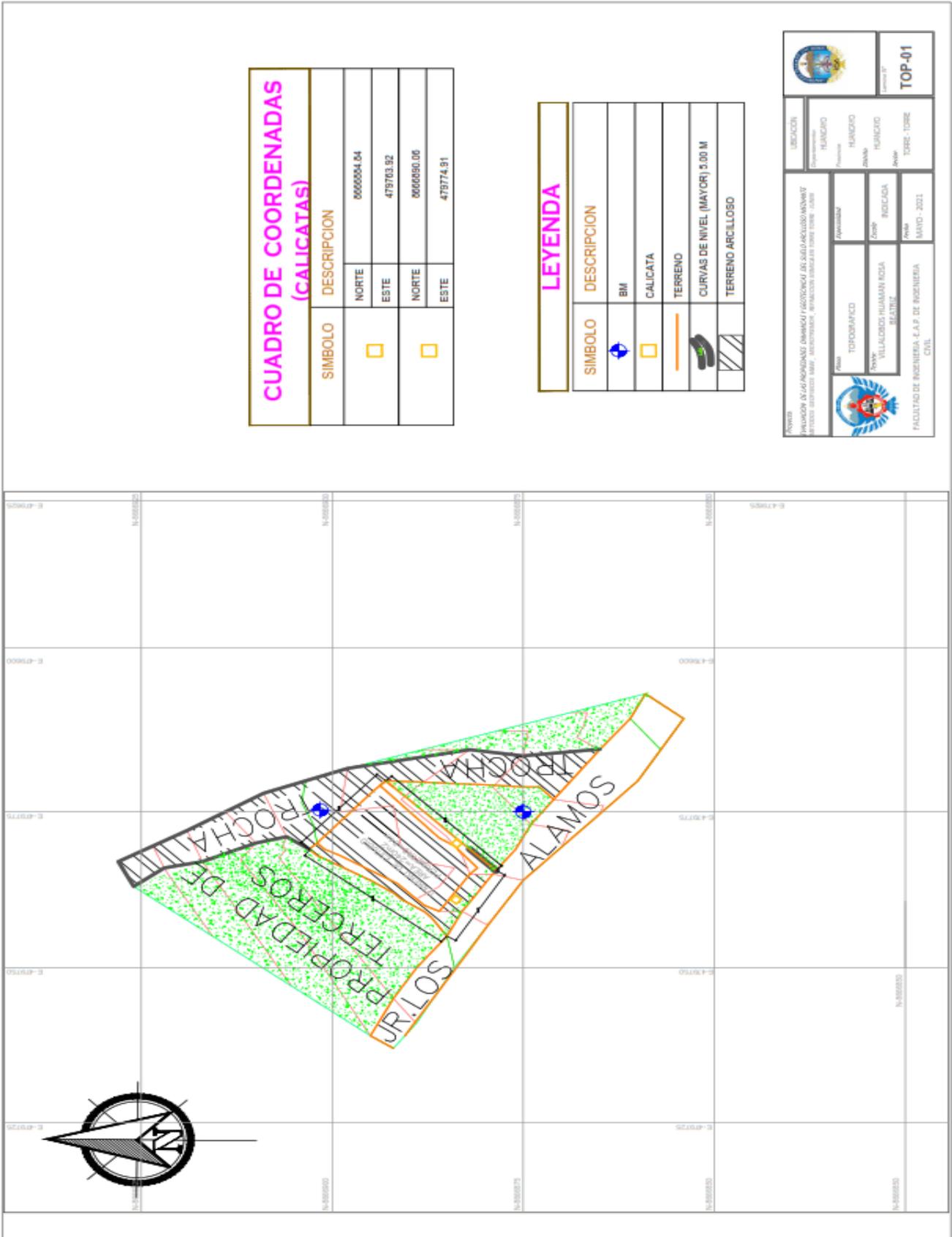
GEO TEST V S.R.L.  
 LABORATORIO DE GEOTECNIA Y SUELOS  
  
 ING. MAX JERRY VELAZQUEZ  
 CIP N° 20221  
 JEFE DE LABORATORIO

# ANEXO\_04\_PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN



 INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS VENEZUELA	UBICACIÓN Comuna:	UBICACIÓN Municipio:	UBICACIÓN Parroquia:	UBICACIÓN Zona:
	UBICACIÓN Población:	UBICACIÓN Municipio:	UBICACIÓN Parroquia:	UBICACIÓN Zona:
UBICACIÓN Población:	UBICACIÓN Municipio:	UBICACIÓN Parroquia:	UBICACIÓN Zona:	UBICACIÓN Zona:

# ANEXO\_04\_PLANO TOPOGRAFICO



**CUADRO DE COORDENADAS (CALICATAS)**

SIMBOLO	DESCRIPCION
□	NORTE 866884.84
□	ESTE 479763.92
□	NORTE 866890.08
□	ESTE 479774.81

**LEYENDA**

SIMBOLO	DESCRIPCION
⬇	BM
□	CALICATA
—	TERRENO
⤵	CURVAS DE NIVEL (MAYOR) 5.00 M
▨	TERRENO ARCILLOSO

	INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL FACULTAD DE INGENIERÍA CLAS DE INGENIERÍA CIVIL	TÍTULO TOPOGRAFICO	ASIGNATURA TOPOGRAFIA	UBICACION MUNICIPIO MUNICIPIO MUNICIPIO MUNICIPIO	CARRERA N° <b>TOP-01</b>
	AUTOR VILLALBA HUAMAN RIOSA RELATRO	ZONA INGENIERIA	AÑO MARZO - 2021	AÑO MARZO - 2021	TIPO DE TUBO