

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DETERMINACIÓN DE ONDAS CORTE VS Y COMPRESIÓN VP,
PARA CORRELACIONAR CON VALORES DE N60 Y PARÁMETROS
GEO MECÁNICOS DE ARCILAS DE RACAR**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

AUTOR: DARWIN ADRIAN TACURI PERALTA

DIRECTOR: ING. CESAR HUMBERTO MALDONADO NOBOA

CUENCA - ECUADOR

2024

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN.**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“DETERMINACIÓN DE ONDAS CORTE VS Y COMPRESIÓN VP, PARA
CORRELACIONAR CON VALORES DE N60 Y PARÁMETROS GEO MECÁNICOS
DE ARCILLAS DE RACAR”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTORES: DARWIN ADRIAN TACURI PERALTA

DIRECTOR: ING. CESAR HUMBERTO MALDONADO NOBOA

CUENCA- ECUADOR

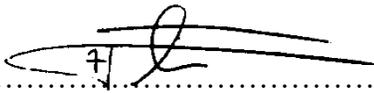
2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Darwin Adrian Tacuri Peralta portador de la cédula de ciudadanía N° 0106244015. Declaro ser autor de la obra: “Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar”, sobre el cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declarando que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximimos a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que esta obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, 19 de marzo de 2024

F:


Darwin Adrian Tacuri Peralta

0106244015

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Cesar Humberto Maldonado Noboa con CI: 0102416559 en calidad de director de tesis certifico que el trabajo “Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar”, fue realizado por el estudiante Darwin Adrian Tacuri Peralta, bajo mi supervisión.

Cuenca, 19 de marzo de 2024

F:

Ing. Cesar Humberto Maldonado Noboa, M.Sc.

DIRECTOR

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación está dedicado a mis abuelos, Lautaro Tacuri y Rosa Peralta, quienes han sido pilares fundamentales en mi vida. De manera especial, quiero honrar la memoria de mi abuela, quien siempre se mostró feliz y orgullosa de mis avances académicos. Aunque ya no estés aquí para presenciar la culminación de este grado académico, espero que, desde el cielo, te sientas orgullosa de mí. Asimismo, extendo mi gratitud a Cristina Vintimilla, cuyo apoyo incondicional durante esta etapa ha sido invaluable. Sus consejos y enseñanzas han sido muy importantes para seguir adelante. Finalmente, dedico este esfuerzo también a María Emilia Vintimilla, con todo mi cariño.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por las bendiciones y sabiduría recibidas, a mi tutor Ing. Cesar Maldonado quien con su conocimiento me supo guiar para cumplir cada uno de los objetivos de investigación, a mi tío Bairon Tacuri por su apoyo durante esta época, a mi madre, así como a cada uno de familiares y amigos que siempre estuvieron apoyándome de muchas maneras, a la Universidad Católica de Cuenca y todos quienes la conforman, que me guiaron para ser una mejor persona y un profesional.

RESUMEN

El propósito de este proyecto de investigación fue evaluar las velocidades de ondas de corte (V_s) y de compresión (V_p) por medio de técnicas geofísicas de refracción sísmica, análisis de ondas superficiales (MASW) y la refracción por microtemores (ReMi), con la finalidad de correlacionar las velocidades obtenidas con el valor N_{60} , ajustado a partir del número de golpes obtenidos en el Ensayo de Penetración Estándar (SPT), así como con los parámetros geomecánicos de cohesión (c) y ángulo de fricción (ϕ), determinados en laboratorio.

Los sondeos directos e indirectos, se realizaron en el predio situado en la parroquia de Racar, en la ciudad de Cuenca, siguiendo los estándares establecidos por la normativa ASTM. Esta área se encuentra geológicamente en los depósitos del Piemonte, caracterizados por la presencia de arcillas y clastos.

En lo que respecta a los ensayos de SPT, se alcanzó una profundidad máxima de 4.50 metros, mientras que los métodos geofísicos permitieron explorar hasta 40 metros. Las muestras de suelo obtenidas a través del SPT fueron clasificadas como arcillas y limos según la Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y como suelo tipo D de acuerdo con los análisis geofísicos y normativa NEC.

A partir de los datos obtenidos tanto en campo como en el laboratorio, se establecieron fórmulas de correlación con una excelente aproximación en suelos arcillosos, exceptuando el ángulo de fricción que está más relacionado a suelos arenosos. Estas ecuaciones pueden ser aplicadas en futuros proyectos siempre y cuando se respeten los valores máximos calculados.

Palabras Clave: Refracción sísmica, Masw, Remi, velocidad V_p - V_s , SPT.

ABSTRACT

This research project aimed to evaluate compressional (V_p) and shear wave (V_s) velocities through seismic refraction techniques, analysis of surface waves (MASW), and microtremor refraction (ReMi) to correlate the obtained velocities with the N_{60} value, adjusted from the number of blows from the Standard Penetration Test (SPT), as well as with the geomechanical parameters of cohesion (c) and friction angle (ϕ), determined in the laboratory.

Direct and indirect soundings were conducted on the property in the parish of Racar, in Cuenca, following the standards established by ASTM regulations. This area is geologically located in the Piedmont deposits, characterized by clays and clasts.

Regarding the SPT tests, a maximum depth of 4.50 meters was reached, while geophysical methods enabled exploration up to 40 meters. Soil samples obtained through the SPT were classified as clays and silts according to the Unified Soil Classification System (USCS) and as type D soil according to geophysical analysis and the Ecuadorian Construction Standard regulations (NEC by its Spanish acronym).

Based on the data obtained in the field and the laboratory, correlation formulas were established with an excellent approximation in clay soils, except for the friction angle, which is more related to sandy soils. These equations can be applied in future projects as long as the calculated maximum values are respected.

Keywords: Seismic refraction, MASW, ReMi, V_p - V_s velocity, SPT.

Índice

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
1. GENERALIDADES	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Localización geográfica.....	6
1.4.1. Zona de estudio	6
1.4.2. Geología de la zona de estudio.....	7
1.5. Técnicas de Investigación.....	8
1.5.1. Primera etapa: trabajo de campo	8
1.5.2. Segunda etapa: trabajo de laboratorio	8
1.5.3. Tercera etapa: Procesamiento de datos y generación de informe	9
2. MARCO TEORICO.....	9
2.1. Métodos directos de exploración.....	9
2.1.1. Calicatas	9
2.1.2. Veletas.....	10

2.1.3.	Cono estático CPT.....	11
2.1.4.	Cono dinámico DCP.....	11
2.1.5.	Ensayo de Penetración Estándar (SPT).....	11
2.2.	Métodos Indirectos de exploración.....	21
2.2.1.	Ensayos Geofísicos	22
2.2.2.	Ondas Sísmicas	23
2.2.3.	Constantes elásticas dinámicas.....	26
2.2.4.	Refracción sísmica	27
2.2.5.	Análisis de Ondas Superficiales Multicanal (MASW)	30
2.2.6.	Refracción por Microtremores (REMI).....	31
2.2.7.	Tomografía Eléctrica.....	31
2.3.	Ensayos de Laboratorio	35
2.3.1.	Resistencia al corte.....	35
2.3.2.	Cohesión (c)	36
2.3.3.	Angulo de fricción interna (ϕ).....	36
2.3.4.	Ensayo de corte directo	36
2.3.5.	Granulometría.....	39
2.3.6.	Límites de Atterberg.....	39
2.3.7.	Contenido de Humedad en un suelo.....	41
3.	METODOLOGÍA.....	42

3.1.	Nivel y tipo de proyecto de Investigación	42
3.2.	Planeación de investigación.....	42
3.3.	Población y muestras de estudio.....	42
3.4.	Instrumentos y técnicas de Investigación	42
3.4.1.	Refracción Sísmica.....	43
3.4.2.	Análisis de Ondas Superficiales (Masw)	47
3.4.3.	Refracción de Microtremores (Remi)	50
3.4.4.	Tomografía Eléctrica (ERT).....	50
3.4.5.	Sismicidad y cálculo de Vs30	56
3.5.	Confiabilidad de instrumentación de campo	57
3.6.	Técnicas para análisis de datos.....	57
4.	RESULTADOS.....	58
4.1.	Trabajos de Campo	58
4.2.	Procesamiento Perfil de Estudio N°1	62
4.2.1.	Ensayo SPT-1	62
4.2.2.	Interpretación Refracción sísmica LRS-1	64
4.2.3.	Interpretación de perfil 1 Vs (Masw+Remi)	65
4.3.	Perfil de Estudio N°2.....	67
4.3.1.	Ensayo SPT-2.....	67
4.3.2.	Interpretación Refracción sísmica LRS-2	69

4.3.3.	Interpretación de perfil 2 Vs (Masw+Remi)	70
4.4.	Perfil de Estudio N°3.....	71
4.4.1.	Ensayo SPT-3.....	71
4.4.2.	Interpretación Refracción sísmica LRS-3	74
4.4.3.	Interpretación de perfil 1 Vs (Masw+Remi)	75
4.5.	Resultados de tomografía eléctrica.....	76
4.6.	Resumen de ensayos de laboratorio.....	78
4.6.1.	Contenido de humedad natural.....	79
4.6.2.	Ensayo de granulometría.....	80
4.6.3.	Límite líquido.....	82
4.6.4.	Límite Plástico.....	83
4.6.5.	Corte directo.....	83
4.6.6.	Resultados de ensayos de laboratorio.....	84
5.	ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS.....	87
5.1.	Integración de métodos de estudio	87
5.2.	Tabulación de datos	89
5.3.	Análisis de N60 en función de velocidad Vp	91
5.4.	Análisis de N60 en función de velocidad Vs.....	92
5.5.	Análisis de N60 en función del ángulo de fricción	93
5.6.	Análisis de N60 en función del ángulo de fricción	94

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	95
6.1.	Conclusiones.....	95
6.2.	Recomendaciones	96
7.	Capítulo V BIBLOGRAFIA	97

Índice de Figuras

Figura 1	<i>Plano de ubicación del área de estudio</i>	6
Figura 2	<i>Mapa geológico</i>	7
Figura 3	<i>Esquema de veleta</i>	10
Figura 4	<i>Esquema de sistema SPT</i>	14
Figura 5	<i>Martillo tipo Donut Hammer</i>	15
Figura 6	<i>Martillo tipo Safety</i>	15
Figura 7	<i>Varilla de perforación Aw</i>	16
Figura 8	<i>Cabeza de golpeo</i>	16
Figura 9	<i>Sistema martinete</i>	17
Figura 10	<i>Malacate mecánico marca Acker</i>	18
Figura 11	<i>Tubo partido</i>	19
Figura 12	<i>Barreno helicoidal</i>	19
Figura 13	<i>Diagrama de ondas P</i>	24
Figura 14	<i>Diagrama de ondas S</i>	25
Figura 15	<i>Modelo de sismograma</i>	27

Figura 16	<i>Gráfica de domocronas</i>	28
Figura 17	<i>Esquema de sistema de ensayo de refracción sísmica</i>	28
Figura 18	<i>Refracción de un rayo entre dos medios con diferentes velocidades</i>	29
Figura 19	<i>Sistema de aplicación y medición de corriente eléctrica al suelo</i>	32
Figura 20	<i>Ley de Ohm</i>	33
Figura 21	<i>Flujo de resistencia en un material</i>	33
Figura 22	<i>Arreglo tipo Wenner</i>	34
Figura 23	<i>Esquema de caja de corte directo</i>	37
Figura 24	<i>Gráfica esfuerzo - deformación</i>	38
Figura 25	<i>Gráfica de envolvente de falla</i>	38
Figura 26	<i>Distribución de línea de refracción sísmica</i>	43
Figura 27	<i>Sistema de equipo geofísico Sara</i>	44
Figura 28	<i>Picado de tercer sismógrafo perfil 1 de estudio</i>	45
Figura 29	<i>Gráfica de domocronas</i>	46
Figura 30	<i>Perfil de refracción sísmica LRS-1</i>	46
Figura 31	<i>Distribución de línea de ensayo MASW</i>	47
Figura 32	<i>Gráfica velocidad de fase vs frecuencia</i>	49
Figura 33	<i>Gráfica de curva de dispersión</i>	49
Figura 34	<i>Gráfica de velocidades de corte S</i>	50
Figura 35	<i>Distribución de electrodos en tomografía eléctrica</i>	51
Figura 36	<i>Sistema de Resistivimetro de suelos</i>	52
Figura 37	<i>Inversión de datos de resistividad eléctrica</i>	53
Figura 38	<i>Sistema de maquina SPT</i>	55

Figura 39	<i>Mapa de ubicación de exploraciones</i>	59
Figura 40	<i>Ubicación de perfiles</i>	60
Figura 41	<i>Mapa de pendientes</i>	61
Figura 42	<i>Resultados de campo de ensayos SPT-1</i>	63
Figura 43	<i>Tomografía sísmica LRS-1</i>	64
Figura 44	<i>Perfil de velocidades de corte Vs. Perfil 1</i>	66
Figura 45	<i>Resultados de campo de ensayo SPT-2</i>	68
Figura 46	<i>Tomografía sísmica LRS-2</i>	69
Figura 47	<i>Perfil de velocidades de corte Vs. Perfil 2</i>	70
Figura 48	<i>Resultados de campo de ensayos SPT-3</i>	73
Figura 49	<i>Tomografía sísmica LRS-3</i>	74
Figura 50	<i>Perfil de velocidades de corte Vs. Perfil 3</i>	75
Figura 51	<i>Perfil de inversión de datos</i>	77
Figura 52	<i>Perfil geo eléctrico</i>	77
Figura 53	<i>Pesado de suelo para humedad natural. SPT-1 2.45m</i>	79
Figura 54	<i>Colocación de muestras de suelo en horno</i>	80
Figura 55	<i>Muestras de suelo y tamices utilizados</i>	81
Figura 56	<i>Lavado de muestras en tamiz 200</i>	81
Figura 57	<i>Muestras de suelo húmeda en cuchara de casagrande</i>	82
Figura 58	<i>Muestra de ensayo limite liquido</i>	83
Figura 59	<i>Ensayo de corte directo</i>	84
Figura 60	<i>Gráfica porcentaje de humedad</i>	85
Figura 61	<i>Gráfica distribución de tipo de materiales</i>	85

Figura 62 Asociación de métodos Perfil 1	87
Figura 63 Asociación de métodos Perfil 2	87
Figura 64 Asociación de métodos Perfil 3	88
Figura 65 Muestra de profundidad de 2.45m. SPT-1.....	90
Figura 66 N60 SPT en función de V_p	91
Figura 67 N60 SPT en función de V_s	92
Figura 68 N60 SPT en función del ángulo de fricción.....	93
Figura 69 N60 SPT en función de la cohesión.....	94

Índice de Tablas

Tabla 1 Valores típicos de corrección n_H	20
Tabla 2 Coeficientes de corrección n_B	21
Tabla 3 Coeficientes de corrección n_S	21
Tabla 4 Coeficientes de corrección n_R	21
Tabla 5 Valores comunes de velocidades de compresión.....	24
Tabla 6 Valores típicos de V_p en suelos y rocas.....	25
Tabla 7 Resumen de factores de corrección	55
Tabla 8 Tipos de clasificación de suelos NEC.....	56
Tabla 9 Tipos de clasificación de suelos NEC.....	57
Tabla 10 Ensayos de Campo.....	60
Tabla 11 Coordenadas sondeos Indirectos.....	61
Tabla 12 Coordenadas sondeos Directos	62

Tabla 13 <i>Resultados SPT-1, N60.</i>	64
Tabla 14 <i>Clasificación Vs30 Perfil 1</i>	66
Tabla 15 <i>Resultados SPT-2, N60.</i>	69
Tabla 16 <i>Clasificación vs30 Perfil 2</i>	71
Tabla 17 <i>Resultados SPT-3, N60.</i>	74
Tabla 18 <i>Clasificación vs30 Perfil 2</i>	76
Tabla 19 <i>Cantidad de ensayos de Laboratorio</i>	78
Tabla 20 <i>Resultados de ensayos de clasificación de ensayos SPT</i>	84
Tabla 21 <i>Resultados de ensayos de corte directo</i>	86
Tabla 22 <i>Resultados de parámetros de estudio</i>	90

GENERALIDADES

1.1. Introducción

La expansión de las obras civiles está estrechamente relacionada con el desarrollo y avance de los asentamientos humanos. Por ello, resulta crucial realizar un adecuado desarrollo y ejecución de los estudios geotécnicos. Esto se debe a que cada zona de estudio presenta características únicas en el subsuelo, las cuales están influenciadas por procesos naturales como la geología, climatología y topografía, entre otros. En consecuencia, es importante determinar la estratigrafía del subsuelo, así como identificar posibles fallas o niveles freáticos que puedan impactar en futuras construcciones civiles. Esto implica tener en cuenta los parámetros geotécnicos de los suelos, que se evalúan con ensayos de laboratorio y de campo.

El sector geotécnico de la ingeniería civil emplea técnicas directas e indirectas para llevar a cabo investigaciones, recogiendo muestras del suelo y realizando mediciones de propiedades geomecánicas como la cohesión, la fricción y la densidad. Estas características son cruciales para el diseño de cimentaciones o la estabilidad de taludes. Sin embargo, los ensayos directos se limitan a un único punto de medición. Para realizar sondeos que se ajusten a las normas Nec, es necesaria una mayor cantidad de pruebas, como sondeos de penetración estándar, calicatas y sondeos de rotoperCUSión. Esto, a su vez, aumenta el coste de la prospección.

Varios factores contribuyen al encarecimiento de los estudios geotécnicos realizados mediante ensayos directos. Uno de estos factores es que las condiciones topográficas de muchas zonas de estudio suelen ser complicadas, debido a pendientes pronunciadas y condiciones geográficas desafiantes, como la presencia de vegetación densa. Estos factores encarecen los estudios debido a que se requiere contratar más mano de obra para la ejecución de los sondeos. Adicionalmente, las muestras obtenidas en estos ensayos pueden experimentar alteraciones en

sus parámetros geomecánicos durante el traslado al laboratorio. Estas alteraciones pueden deberse a la manipulación de las muestras y a la humedad retenida en ellas.

En el ámbito de la geotecnia, se ha implementado el uso de ensayos geofísicos para la caracterización indirecta del subsuelo, evitando así la necesidad de realizar perforaciones que podrían alterar la composición del suelo. Estos ensayos permiten cubrir áreas más extensas con una sola prueba. Por ejemplo, mediante un perfil de refracción sísmica se puede obtener una visión estratigráfica en 2D a un costo menor en comparación con los ensayos de penetración estándar (SPT), que proporcionan un perfil estratigráfico en 1D, pero con un presupuesto de ejecución más elevado. Otra ventaja significativa de los ensayos geofísicos indirectos es la posibilidad de transportar los equipos a través de zonas con condiciones topográficas y geográficas desafiantes, requiriendo una menor cantidad personal para la ejecución de ensayos.

Para abordar los problemas de ejecución de ensayos directos de campo, se busca desarrollar correlaciones entre los parámetros geomecánicos, como la cohesión, la fricción y el peso específico que son obtenidos por medio de ensayos normados de laboratorio, y los valores de N_{60} obtenidos por medio de los estudios de campo de penetración estándar (SPT) con las velocidades de onda de compresión (V_p) y de corte (V_s) adquiridas mediante ensayos geofísicos.

1.2. Justificación

La correspondiente investigación radica en la necesidad apremiante de mejorar la precisión en la caracterización de propiedades geotécnicas del suelo en proyectos de ingeniería civil. Este trabajo aborda una serie de razones fundamentales que respaldan su importancia y relevancia.

En ingeniería civil, la seguridad y la estabilidad de las estructuras civiles son esenciales. Un conocimiento inadecuado de las características del suelo puede conducir a cimentaciones inadecuadas y, finalmente, a fallas estructurales catastróficas. La predicción precisa de las velocidades de onda de corte (V_s) y de compresión (V_p) a partir de los valores de N_{60} obtenidos por el ensayo de penetración estándar (SPT) permitiría una mejor comprensión de las condiciones geotécnicas y, por lo tanto, una toma de decisiones más segura y fundamentada para la ejecución y diseño de obras civiles (Pazmiño Agualema, 2017).

No obstante, debido a las condiciones topográficas y geográficas complicadas en pendiente y vegetación de las zonas de estudio, el ensayo SPT con frecuencia enfrenta limitaciones de accesibilidad. Además, su aplicación está específicamente diseñada para suelos arenosos y finos, lo que implica que no es adecuado para suelos con contenido de gravas. En estas situaciones, el ensayo puede no penetrar adecuadamente, y en zonas con rellenos granulares, podría proporcionar información incorrecta sobre las características del subsuelo.

Para evitar errores de este tipo en los estudios geotécnicos y optimizar los costos de ejecución de sondeos de campo, se pretende realizar formulas empíricas que correlacionen valores de N_{60} del sondeo SPT con velocidades de ondas de corte (V_s) y de compresión (V_p) obtenidos mediante ensayos geofísicos, a su vez determinar parámetros geo mecánicos de manera indirecta de zonas en las que no se pueda realizar estos métodos directos e indirectos de exploración geotécnica.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar fórmulas de correlaciones entre las velocidades de onda de corte V_s y compresión V_p determinados mediante ensayos de geofísica, para correlacionar con valores de N_{60} del ensayo de penetración estándar y datos geo mecánicos del suelo.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar prospecciones geofísicas para la obtención de velocidades de onda de compresión V_P y de corte V_S , estratigrafía del subsuelo y su determinación del tipo de suelo de acuerdo a la normativa NEC, mediante sondeos indirectos de refracción sísmica, análisis de ondas superficiales (MASW) y refracción por microtemores (REMI).
- Ejecutar sondeos directos de campo de SPT para la obtención de muestras de suelo, caracterización estratigráfica y adquisición de la cantidad N de golpes de campo (N_{SPT}).
- Realizar ensayos de laboratorio para establecer los parámetros geomecánicos de cohesión, ángulo de fricción y peso específico.
- Determinar el tipo de suelos utilizando SUCS y AASHTO.
- Determinar fórmulas empíricas que permitan correlacionar los resultados obtenidos de los métodos aplicados

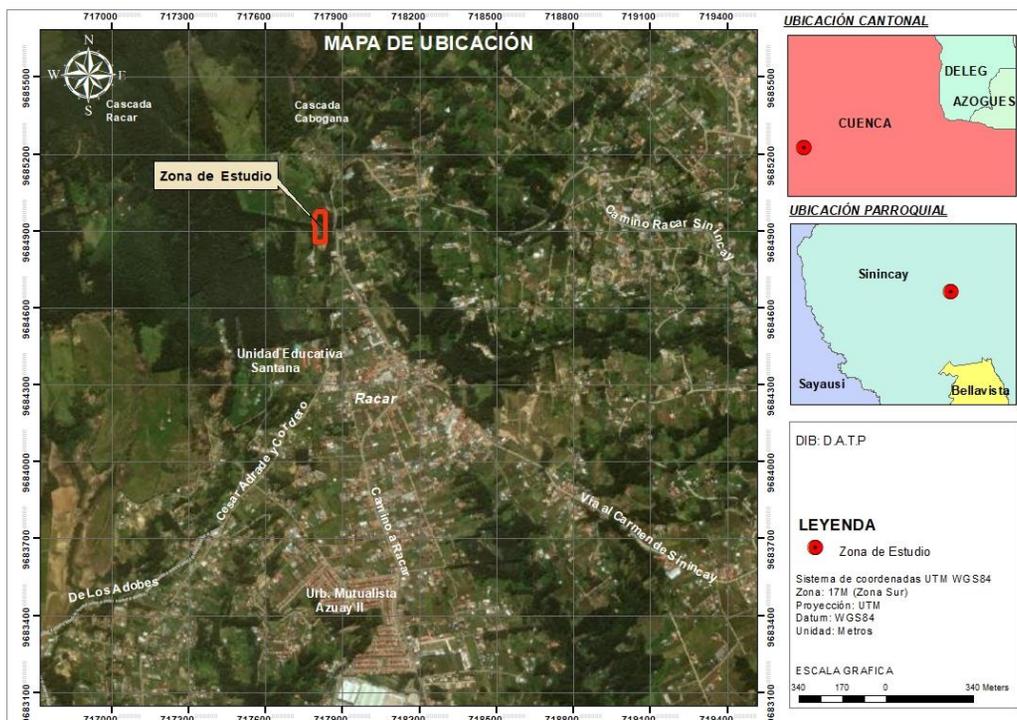
1.4. Localización geográfica

1.4.1. Zona de estudio

Los sondeos de campo se los realizará en el predio de la parte alta de Racar perteneciente a la ciudad de Cuenca parroquia Sinincay con coordenadas geográficas referenciales UTM WGS84 717802 E, 9684911N, como se especifica en la **Figura 1**. La elección de la zona de estudio se basó en varios criterios fundamentales. En primer lugar, se seleccionó debido a sus pendientes moderadas, que resultan propicias para la realización de sondeos geofísicos. Además, la proximidad a una fábrica de ladrillos sugiere la presencia de arcilla en la zona, lo que resulta vital para los ensayos de laboratorio. Por último, es importante destacar que se obtuvieron los permisos necesarios de los propietarios del terreno para llevar a cabo los estudios.

Figura 1

Plano de ubicación del área de estudio



Nota. Elaboración Propia

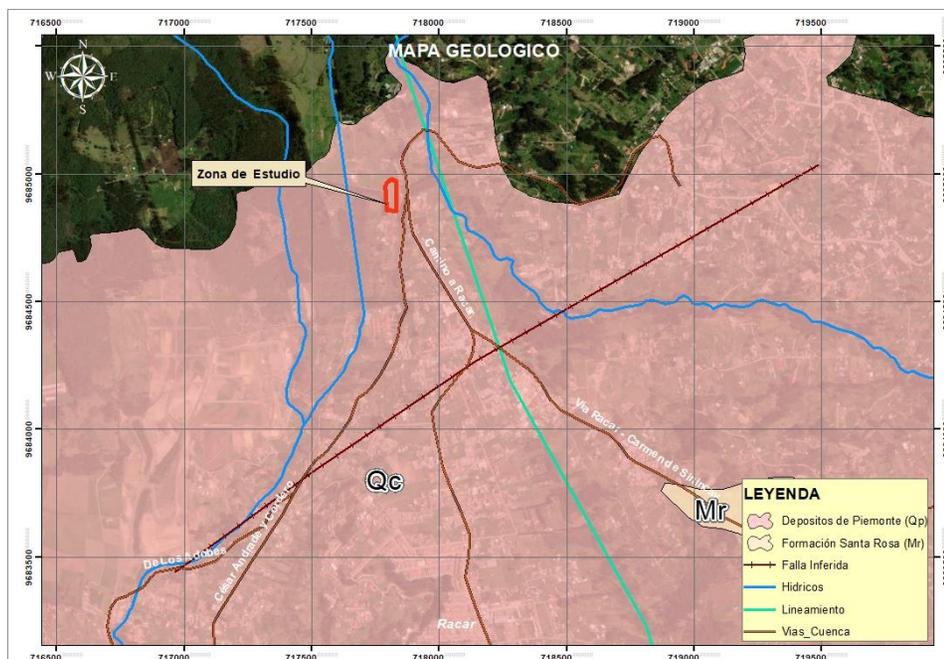
1.4.2. Geología de la zona de estudio

Materiales detríticos depositados al pie de las laderas naturales. En la ciudad de Cuenca afloran principalmente a las faldas del Cabogana al Norte y Noroeste, identificados como “Iruquis Piedmont Debris” durante el trabajo de las Naciones Unidas (UNDP, 1968), fueron redefinidos como Tilitas en los mapas geológicos de la región (Basabe R, 1998).

Los depósitos están constituidos de capas decamétricas de materiales muy heterogéneos, provenientes sobre todo de la erosión de la vecina Formación Saraguro. Incluyen también lentes aluviales interdigitados con estratos de arcillas rojas y verdes; depósitos de flujos de lodo glaciares con bloques hasta de 3 metros de lado en una matriz limo-arenosa con fragmentos de pómez alterados, rocas volcánicas frescas e hidrotermalizadas y silicificadas; material tobáceo retrabajado, hasta flujos piroclásticos locales (Basabe R, 1998).

Figura 2

Mapa geológico



Nota. Elaboración propia. Basada en proyecto Precupa 1998. Fuente: (Basabe R, 1998)

1.5. Técnicas de Investigación

El proyecto de investigación se ejecutó mediante tres fases de estudio, que se detallan a continuación:

1.5.1. Primera etapa: trabajo de campo

La primera actividad a realizar es definir las zonas de estudio y los perfiles donde se ejecutarán los sondeos directos e indirectos. Estos sondeos deben incluir métodos geofísicos de refracción sísmica (LRS), análisis de ondas superficiales (MASW), refracción por microtemores (ReMi) y tomografía eléctrica (ERT). Posteriormente, se realizará el proceso de comprobación mediante sondeos de penetración estándar (SPT) y con el objetivo de recuperar muestras del subsuelo (Pazmiño Agualema, 2017).

Las exploraciones geofísicas se realizaron a cabo siguiendo la normativa ASTM D 5777, utilizando un sismógrafo de la marca SARA. Por otro lado, el sondeo SPT se realizó conforme a los lineamientos de la norma ASTM D 1586, empleando un equipo de la marca ACKER alquilado al laboratorio de suelos Geoproject.

1.5.2. Segunda etapa: trabajo de laboratorio

Durante esta etapa, se realizaron los sondeos de SPT y se obtuvieron especímenes de suelo. Posteriormente, se desarrollaron estudios de laboratorio para clasificar el suelo, así como para obtener parámetros como la cohesión y el ángulo de fricción. Estos se determinaron por medio de los siguientes ensayos:

- Corte Directo ASTM 3080
- Contenido de Humedad ASTM D-2216
- Análisis de granulometría ASTM D-422
- Limite líquido y plástico ASTM D-4318

1.5.3. Tercera etapa: Procesamiento de datos y generación de informe

Con la obtención, procesamiento de sondeos directos e indirectos de campo y ensayos de laboratorio se determinará fórmulas de correlación entre los parámetros geotécnicos, valor N60 y velocidades V_p , V_s de la geofísica mediante la aplicación de estadística (Pazmiño Agualema, 2017).

MARCO TEORICO

2.1. Métodos directos de exploración.

Estos métodos de exploración permiten el acceso y permite ver de manera visual la estratigrafía del subsuelo, y permitiendo obtener especímenes de suelo para el análisis mediante estudios normados de laboratorio, De acuerdo a la normativa ecuatoriana NEC, los ensayos se clasifican como:

- Calicatas o trincheras
- Veletas
- Cono estático CPT o dinámico DCP
- Dilatómetro
- Ensayo de Penetración Estándar, SPT.

2.1.1. Calicatas

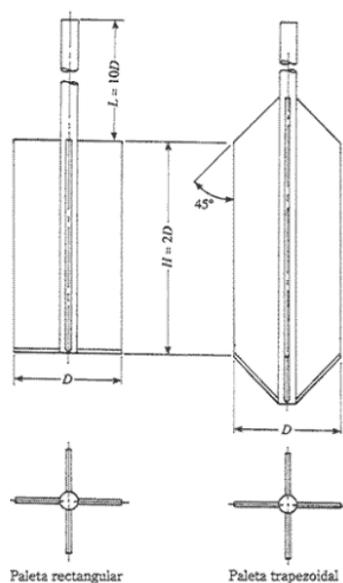
Las calicatas son excavaciones de pequeña profundidad las cuales se las puede realizar de manera manual o mecánica por medio de retroexcavadora, este sondeo permite obtener información estratigráfica confiable y completa en especial en suelos con gran contenido de gravas.

2.1.2. Veletas

Este ensayo está normalizado para ejecución in-situ, en este sondeo no se recupera muestra para analizar en laboratorio, este ensayo es utilizado con el objetivo de determinar la resistencia al corte no drenado (C_u). El equipo necesario para este ensayo está compuesto por una varilla con cuatro hojas en el extremo, la relación que debe cumplir es que la varilla sea dos veces su diámetro (Coronel Martínez & Ortíz Andrade, 2020)

Figura 3

Esquema de veleta



Nota. Esquema de equipo de veleta. Fuente: (Olguín & Ortúzar, 2015)

El ensayo se realiza hincando verticalmente la veleta en una perforación en el suelo, posteriormente se aplica una fuerza de torque en sentido horario la cual es medida hasta lograr que una superficie sea cortada, este procedimiento se realiza con una repetición de 10 veces.

2.1.3. Cono estático CPT

El ensayo de penetración de cono o “cono holandés” (CPT), es un ensayo geotécnico desarrollado en el decenio de 1950 en la Universidad de Delft de Holanda, acorde fue evolucionando el ensayo fue normalizado bajo normas como ASTM, Eurocódigo, entre otras. Este ensayo consiste en clavar 50cm de varilla con punta cónica de 10cm² con una inclinación de 60 grados, este proceso se realiza con un sistema hidráulico que ayuda a la penetración de los 50cm de la varilla con una velocidad de 1 cm/seg, la presión ejercida en el estudio es medido por medio de un manómetro (Mogrovejo Rodriguez, 2023).

2.1.4. Cono dinámico DCP

El sondeo de cono dinámico (DCP) se realiza introduciendo una varilla en el suelo, con la ayuda de una pesa por el método de percusión, donde se deja caer una pesa de masa conocida y una altura conocida, en este ensayo es necesario contar y registrar la cantidad de golpes requeridos para introducir una varilla de una longitud determinada.

El ensayo mide la variación de resistencia del suelo, es aplicado mayormente a diseño de pavimentos, construcción de vías y terraplenes. Mediante correlaciones el ensayo es capaz de determinar el valor de CBR (Galarza Armijos & Rojas Peralta, 2021).

2.1.5. Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

El ensayo de Penetración Estándar (SPT) es un sondeo utilizado en la ingeniería civil para la determinación de la resistencia y las características del subsuelo por medio de la cantidad golpes de campo (N) necesarios para penetrar el suelo por percusión. Este método proporciona información útil sobre la composición del suelo y se puede determinar parámetros geomecánicos por medio de fórmulas empíricas. Esta información es primordial para el diseño de obras civiles (Rojas Parco & Zamora Ortiz, 2015).

2.1.5.1. Concepto

El Ensayo de Penetración Estándar (SPT), es un sondeo directo diseñado con el objetivo evaluar la estructura del subsuelo, así como su resistencia a la capacidad portante por medio de la penetración del suelo a percusión, para su ejecución se inserta un muestreador de suelos el cual consta de un tubo metálico partido a la mitad (Cuchara partida). Durante la prueba, se debe realizar el conteo y registro del número de golpes (N) necesarios para hincar el sistema de varilla de perforación con él toma muestras, que tiene un diámetro interno de 35 mm y un diámetro externo de 50 mm (Melchor Porras, 2023).

Este método fue desarrollado entre 1927 y 1947, y Terzaghi lo denominó como "Standard Penetration Test". Desde entonces, se ha consolidado un método confiable y popular para llevar a cabo estudios geotécnicos. Este sondeo permite terminar un perfil stratigráfico unidimensional y recuperar muestras del subsuelo para ser analizadas en el laboratorio y determinar su clasificación y tipo de suelo para emitir criterios geotécnicos para obras civiles (Ordóñez Moscoso & Salinas Lotero, 2019).

2.1.5.2. Historia

El inicio del ensayo SPT tiene sus inicios en el año de 1902, donde se realizó una práctica de hincar un tubo con un diámetro exterior de 2.54cm para la obtención de muestras, dando así el inicio de la exploración de suelos de manera dinámica, esta práctica la realizo Charles R. Gow.

En el año de 1922, la empresa de Gow firmó un acuerdo de cooperación con Raymond Concrete Pile, a partir de este convenio estas empresas desarrollaron una metodología para estimar la resistencia acorde a la cantidad de golpes necesarios para hincar el tubo de muestreo (Ordóñez Moscoso & Salinas Lotero, 2019).

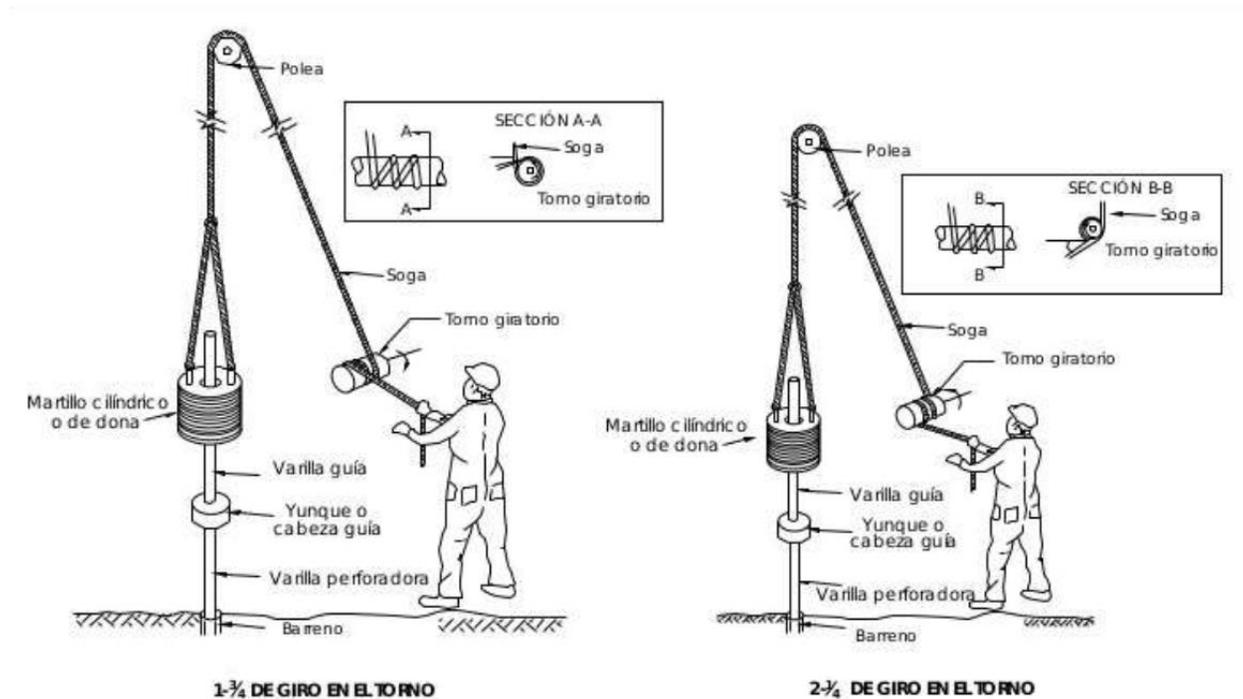
Con la evolución de este método se diseñó una cuchara partida con un diámetro exterior de 5.1cm, con base experimentos realizados en Philadelphia por G.A. Fletcher y H.A Mohr (Barrios Tantarico, 2019). En el año de 1930 el ensayo empezó a reglamentarse con esta cuchara partida al momento de hincar un segmento de 30cm con la caída de una masa de 64kg desde 76cm de altura.

La Universidad de Harvard realizó la publicación de un proyecto de investigación titulado “Exploration of soil conditions and sampling operations” en el año de 1937, trabajo en el cual se reporta que en 1929 se realizó el primer ensayo de exploración mediante SPT supervisado por Gow. Sin embargo, en este año el principal obstáculo del ensayo era su normalización (Ordóñez Moscoso & Salinas Lotero, 2019).

2.1.5.3. Normalización del método mediante designación ASTM

La American Standard Test Materials (ASTM) a partir del año de 1958 incluyó en su compendio de normas técnicas con código de designación técnica D, la metodología del ensayo SPT con la denominación de “Método tentativo de ensayo de penetración y toma de muestras del suelo con tubo de testigo hundido longitudinalmente”, siendo su última actualización en año de 2018 (Barrios Tantarico, 2019).

A continuación, se describe los elementos que comprende el equipo de SPT:

Figura 4*Esquema de sistema SPT*

Nota. Ilustración de esquema de equipo SPT. Fuente: (Araujo Flores & Quiroz Maximiliano, 2021)

2.1.5.3.1. Martillo (pesa)

Masa de 63.5 kg encargada de producir el impacto y energía necesaria para hincar el tubo muestreado dejándolo caer de una altura de 76cm. Existen dos tipos de martillos: Donut (Toroide) y Safety (De seguridad).

Figura 5*Martillo tipo Donut Hammer*

Nota. Elaboración propia

Figura 6*Martillo tipo Safety*

Nota. Martillo Safety. Fuente: (Ordóñez Moscoso & Salinas Lotero, 2019)

2.1.5.3.2. Martillo (pesa)

Se utiliza para la transmisión de fuerza y el avance en profundidad de la toma muestras, el diámetro de las barras es 4.44cm para tuberías de designación AW con un peso lineal de 6.53 kg/m, y 6.23 kg/m con tuberías de 5.40cm de diámetro designadas como BW.

Figura 7

Varilla de perforación Aw



Nota. Elaboración propia

2.1.5.3.3. Cabeza de Golpeo

Pieza cilíndrica sobre la cual la pesa golpea el martillo y por la cual trasmite la energía producida.

Figura 8

Cabeza de golpeo



Nota. Elaboración propia

2.1.5.3.4. Martinete

Sistema guía para para la caída de martillo sobre cabezote y transmisión de energía de impacto.

Figura 9

Sistema martinete



Nota. Elaboración propia

2.1.5.3.5. Malacate

Dispositivo mecánico capaz de subir y bajar de manera segura y eficiente la pesa de 64kg por el martinete para la penetración de la tubería en el suelo. El malacate automatizado por medio de un motor mejora la seguridad del personal de trabajo reduciendo las lesiones relacionadas con la manipulación del equipo.

Figura 10

Malacate mecánico marca Acker



Nota. Elaboración propia

2.1.5.3.6. Cuchara partida

Instrumento capaz de recolectar muestras de suelo, este sistema consiste de un tubo partido que se puede abrir a la mitad. Se coloca en la parte inferior de la varilla de perforación y se hinca una profundidad de al menos 45cm mediante el golpeo de la pesa.

Figura 11*Tubo partido*

Nota. Cuchara Partida. Fuente: (Ordóñez Moscoso & Salinas Lotero, 2019)

2.1.5.3.7. Barreno Helicoidal

La forma espiral del barreno le permite cortar y mover el material del suelo hacia arriba mientras gira, lo que facilita el remover el suelo de la perforación. Se utiliza para la limpieza del material donde no se ejecutará recuperación de muestra de suelo ni conteo del número de golpes.

Figura 12*Barreno helicoidal*

Nota. Helicoidal. Fuente (Melchor Porras, 2023)

2.1.5.4. Proceso de gabinete ensayo SPT

Es crucial ajustar adecuadamente el número de golpes obtenidos en el campo, ya que este puede variar según diversos factores. Estas variaciones pueden depender del tipo de martillo utilizado, el diámetro de la cuchara partida empleada para el muestreo, la longitud de la varilla, y el método de muestreo. Debido a estas variables, resulta esencial realizar una corrección del número de golpes utilizando la siguiente ecuación:

$$N_{60} = Nm * nH * nB * nS * nR$$

Donde:

N_{60} : Valor N corregido en función de condiciones en las que se realizó el ensayo

Nm: Numero de golpes de campo

nH: Coeficiente de corrección por matillo en función de su eficiencia (%)

nB: Coeficiente de corrección en función del diámetro de perforación

nS: Coeficiente de corrección en función de la longitud de la varilla

nR: Coeficiente de corrección por método de muestreo.

A continuación, se presenta los coeficientes de cada factor de corrección.

Tabla 1

Valores típicos de corrección n_H

Autor	Factor de corrección n_H según el tipo de martillo	
	Donut	Safety
Bowles (1996)	0.64	1
Skempton (1986)	0.75	0.9

Nota: Parámetros basados en (Naranjo Aguay & Dranichnikov, 2012)

Tabla 2*Coefficientes de corrección n_B*

Autor	Factor de corrección n_B de acuerdo a diámetro de perforación		
	Diámetro de perforación (mm)		
	60-120	150	200
Bowles (1996)	1	1.05	1.15
Skempton (1986)	1	1.05	1.15

*Nota: Parámetros basados en (Naranjo Aguay & Dranichnikov, 2012)***Tabla 3***Coefficientes de corrección n_S*

Factor de corrección n_S de acuerdo a longitud de varilla	
Longitud de varilla	Factor de corrección
0-4	0.75
4-6	0.85
6-10	0.95
>10	1.00

*Nota: Parámetros basados en (Naranjo Aguay & Dranichnikov, 2012)***Tabla 4***Coefficientes de corrección n_R*

Factor de corrección n_R de acuerdo a método de muestreo	
Método de muestreo	Factor de corrección
Perforación estándar	1.00
Perforación sin revestimiento	1.20

Nota: Parámetros basados en (Naranjo Aguay & Dranichnikov, 2012)

2.2. Métodos Indirectos de exploración.

La exploración indirecta en geotecnia se respalda, mediante sondeos geofísicos que estudian las condiciones del subsuelo a través de análisis naturales o artificiales, estos sondeos permiten ver la estratigrafía y posibles anomalías del suelo sin la necesidad de realizar perforaciones.

En los estudios geofísicos empleados para la caracterización geotécnica, se utilizan valores de resistividad eléctrica del suelo y análisis de ondas sísmicas (V_p y V_s) para construir perfiles estratigráficos y obtener datos geo mecánicos. Además, estos estudios permiten determinar posibles niveles freáticos en el subsuelo, contribuyendo así al diseño adecuado de cimentaciones para obras civiles. Según la normativa NEC, se establecen los siguientes ensayos geofísicos:

- Sísmica de Refracción
- Análisis de Ondas Superficiales (MASW)
- Análisis de Refracción por Microtremores (REMI)
- Sondeos Eléctricos Verticales
- Tomografías Eléctricas

2.2.1. Ensayos Geofísicos

La geofísica en geotecnia es fundamental para comprender las características del subsuelo y tomar decisiones en el diseño de estructuras. Esta disciplina utiliza métodos matemáticos y físicos para estudiar la estructura de la Tierra. El geomagnetismo, la electromagnética, la polarización, la tecnología sísmica y el radar de penetración terrestre (GPR) son algunas de las técnicas y tecnologías utilizadas en geofísica.

La geofísica proporciona información sobre las propiedades del suelo y la roca subyacente, lo que es esencial para la planificación de cimentaciones, la evaluación de riesgos geotécnicos y la identificación de recursos naturales. Además, el uso de la geofísica en el análisis de estudios y diseños de ingeniería civil ha ganado importancia, como se evidencia en la inclusión de métodos geofísicos en normativas de suelos y cimentaciones. En resumen, la geofísica desempeña un papel crucial en la ingeniería civil al proporcionar información valiosa

para emitir criterios técnicos para la construcción de infraestructuras y en la gestión de riesgos civiles.

2.2.2. Ondas Sísmicas

La generación de ondas sísmicas es producida por pequeños movimientos producidos por desplazamientos en fallas en el subsuelo que crean perturbaciones temporales en la corteza terrestre. Estos movimientos crean ondas de cuerpo y ondas superficiales, siendo las ondas de cuerpo las que se utiliza para los métodos sísmicos, en base a las ondas de compresión (V_p) y ondas de corte (V_s) (Rebata Lopez, 2021).

Las velocidades de cada capa del subsuelo dependen principalmente de su elasticidad y densidad del medio por donde se transporta las ondas a través del subsuelo.

2.2.2.1. Ondas de Cuerpo

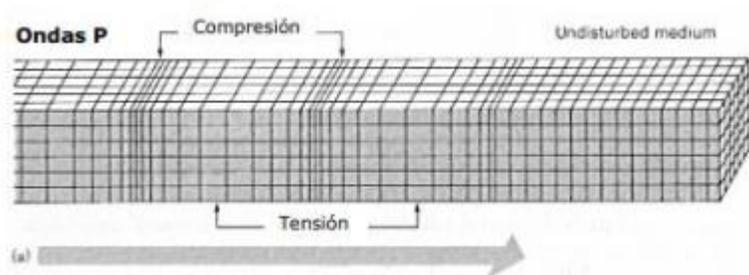
Las ondas de cuerpo son las que se mueven en el interior del subsuelo, que pueden llegar a tener análisis de grandes profundidades.

2.2.2.1.1. Ondas de compresión V_p

Las ondas de compresión o también llamadas longitudinales son aquellas las que al propagarse provocan que las vibraciones de las partículas viajen en el mismo sentido del tren de ondas. Un ejemplo de aquello sería un resorte comprimido, que al momento de liberarlo este se moverá en el sentido de la flecha y comprimirá cualquier material que se encuentre en esta dirección. Este ejemplo explica como las ondas P comprimen y dilatan las partículas del suelo al momento de la vibración.

Figura 13

Diagrama de ondas P



Nota. Modo de viaje de ondas P. Fuente (Serna Vásquez, 2015)

Las velocidades de onda compresión P se mueven a una velocidad de un 70 a 140% más rápido que las velocidades de corte Vs, lo que hace más fácil su generación y detección. A continuación, velocidades de compresión de diversos tipos de suelos:

Tabla 5

Valores comunes de velocidades de compresión

Material	Velocidad de compresión Vp (m/s)
Material superficial (Capa de alteración de suelos y rocas)	305 a 610
Grava, arena y arcillas (secas y húmedas)	468 a 915
Arena húmeda	610 a 1830
Areniscas y lutitas	1830 a 4270
Caliza	2140 a 6100
Granito	4580 a 5800
Rocas metamórficas	3050 a 7020

Fuente. Jakovsky (1950)

Mientras que según la normativa AST D5777 presenta la siguiente tabla de velocidades Vp para suelos y rocas:

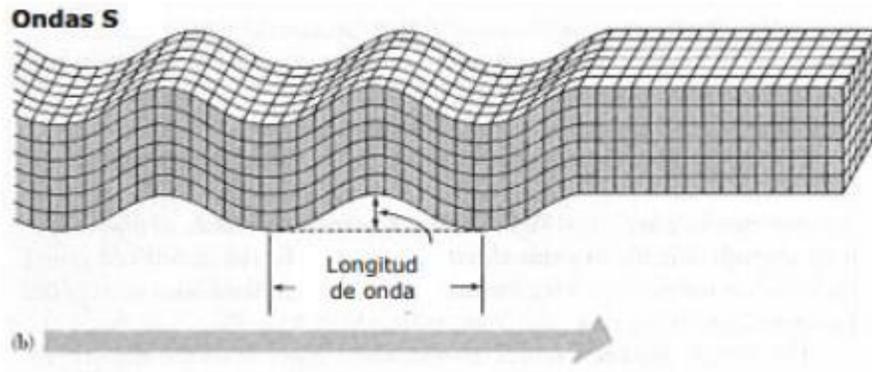
Tabla 6*Valores típicos de Vp en suelos y rocas*

Material	Velocidad de compresión Vp (m/s)
Suelo intemperizado	240-610
Grava o arena seca	460-915
Arena saturada	1220-1830
Arcilla saturada	910-2750
Agua	1430-1665
Agua de mar	1460-1525
Arenisca	1830-3960
Esquistos, arcillas esquistosas	2750-4270
Tiza	1830-3960
Caliza	2130-6100
Granito	4575-5800
Roca metamórfica	3050-7000

*Fuente. ASTM D5777***2.2.2.1.2. Ondas de corte Vs**

Las ondas de corte también conocidas como ondas transversales son aquellas que se mueven de manera perpendicular al sentido de propagación debido al efecto producido por el esfuerzo de corte. Un ejemplo de este efecto es cuando una soga se mueve de hacia abajo y arriba, asemejado al viaje de la onda perpendicularmente al sentido del desplazamiento como se muestra a continuación:

Figura 14*Diagrama de ondas S*



Nota. Modo de viaje de ondas S. Fuente (Serna Vásquez, 2015)

2.2.3. Constantes elásticas dinámicas

Las constantes elásticas dinámicas proporcionan la conexión entre las velocidades de compresión y de corte, siendo las constantes las siguientes:

1) Módulo de corte G

El módulo de corte es la relación entre la deformación y la tensión de corte mismas que están en función de la dureza del material

$$G = \rho V_s^2$$

2) Relación de Poisson (μ)

La relación de poisson es la forma de medir la contracción lateral del material, considerando la conexión entre las deformaciones unitarias transversales y longitudinales.

$$\mu = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2 - \left[\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 1\right]}$$

3) Módulo de elasticidad (E)

Se define como el esfuerzo por unidad de deformación, está relacionado con el coeficiente poisson y el módulo de rigidez.

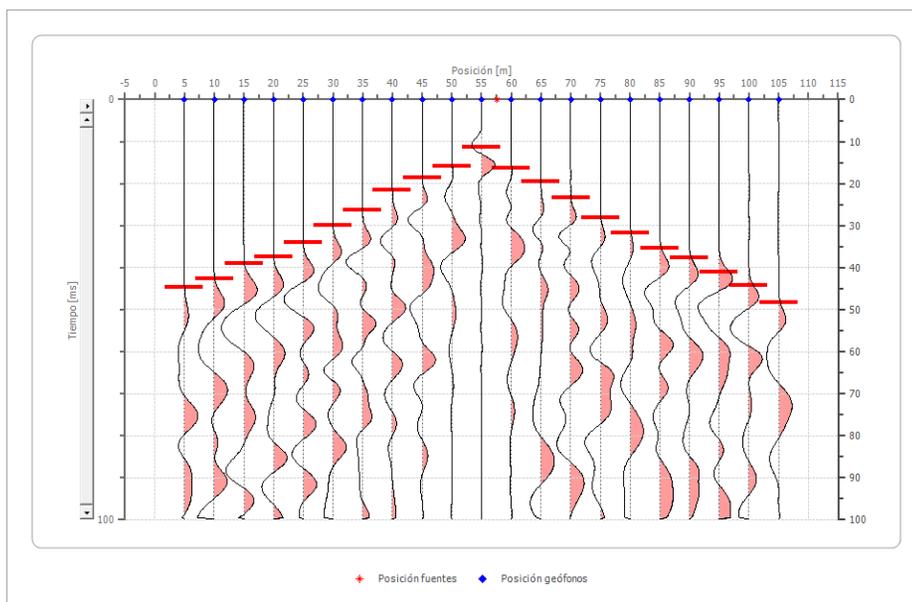
$$E = 2 - (1 + \mu)G$$

2.2.4. Refracción sísmica

La prueba de refracción sísmica se basa en medir la duración del recorrido de las ondas de compresión (V_p) producidas por una fuente artificial. Para llevar a cabo esta medición, se utiliza un tendido de geófonos ubicados a distancias equidistantes entre sí. Este sistema se conecta mediante un cable multicanal a un sismógrafo, el cual es capaz de captar la energía generada, ya sea por una carga explosiva o por el impacto de un martillo sobre una placa metálica. La energía detectada se amplifica y registra desde el instante del tiempo cero hasta el momento de llegada a cada geófono. La información registrada está compuesta por los tiempos de viaje y las distancias, lo que se conoce como sismogramas (Trujillo Calderon, 2018)

Figura 15

Modelo de sismograma

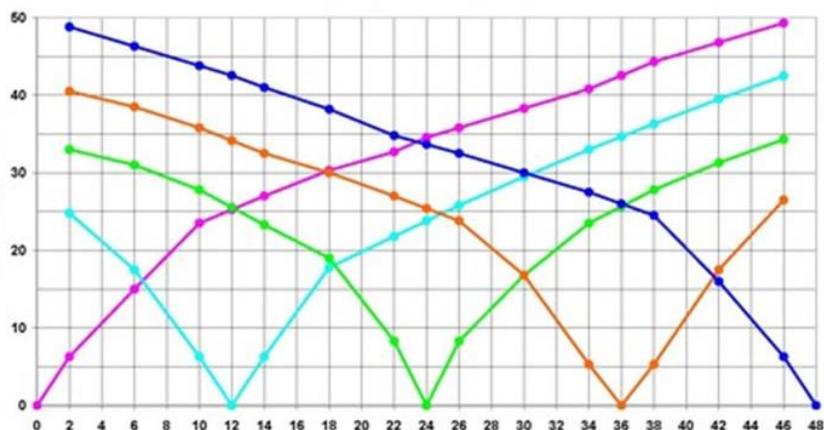


Nota. Sismograma de refracción sísmica. Elaboración Propia. Fuente: GeoStru.

Luego de realizar el proceso de picado de ondas de compresión V_p en los sismogramas se realiza el proceso de graficado de los tiempos de llegada vs la distancia de cada geófono, formado así las domocronas.

Figura 16

Gráfica de domocronas

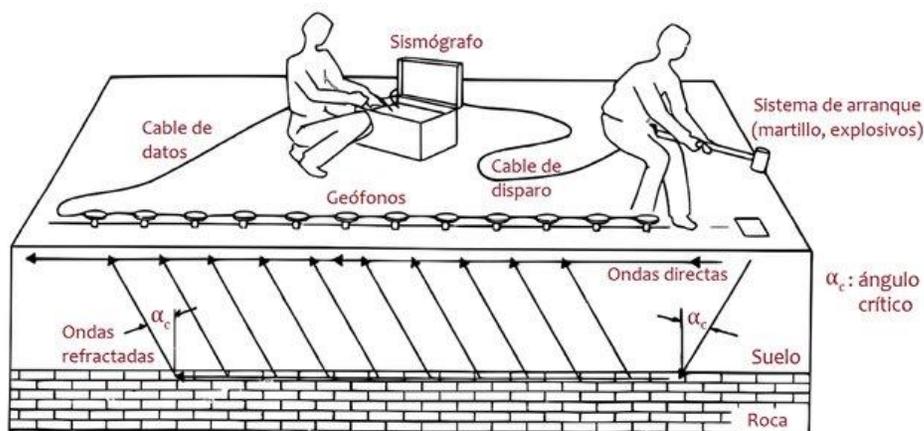


Nota. Grafica de domocronas con 5 fuentes de energía. Fuente GeoStru

A continuación, se ilustra un esquema grafico del sistema que se involucra en un ensayo de refracción sísmica, mediante la adquisición de las ondas de propagación.

Figura 17

Esquema de sistema de ensayo de refracción sísmica

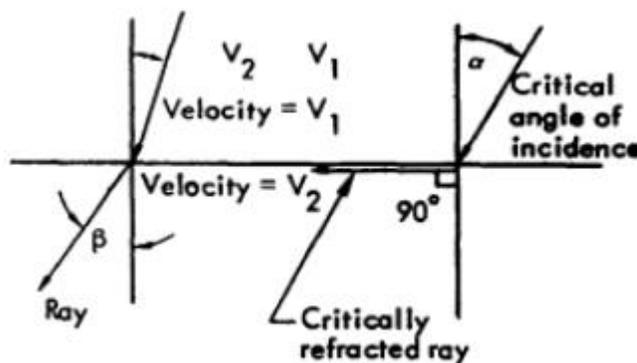


Nota. Forma de adquisición de datos de campo refracción sísmica. Fuente: GeoStru

El análisis de la propagación de ondas sísmicas en el suelo se fundamenta en las leyes que rigen la propagación de los rayos de luz en un medio transparente. En ensayos geofísicos, la refracción causada por una fuente artificial, similar a la refracción que produce la desviación de un rayo de luz, las cuales dependen de las velocidades de transmisión entre distintos materiales. La Ley de Snell en la refracción sísmica es un principio fundamental que se utiliza en la geofísica para entender cómo las ondas sísmicas se refractan al pasar a través de diferentes capas de la Tierra que tienen distintas velocidades sísmicas. Este fenómeno es análogo a la refracción de la luz al pasar a través de medios con diferentes índices de refracción en óptica.

Figura 18

Refracción de un rayo entre dos medios con diferentes velocidades



Nota. Viaje de ondas por diferentes medios. Fuente: (Trujillo Calderon, 2018)

$$LEY DE SNELL = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{V_1}{V_2}$$

Donde:

V1: es la velocidad de ondas P en el primer estrato

V2: es la velocidad de ondas P en el segundo estrato

β : es el ángulo de incidencia de la onda sísmica en el primer estrato

α : es el ángulo refractado en la segunda capa

El sistema para la adquisición de ondas P por medio del ensayo de reacción sísmica consta de un sismógrafo para el almacenamiento de sismogramas, geófonos con capacidad de detectar vibraciones bajas y una fuente generadora de ondas sísmicas artificiales.

2.2.5. *Análisis de Ondas Superficiales Multicanal (MASW)*

El ensayo MASW es un ensayo geofísico catalogado como método indirecto de acuerdo a la norma Nec, este ensayo determina la estratigrafía unidimensional de una zona de estudio por medio de un perfil de velocidades de corte (V_s), así como propiedades geo mecánicas del subsuelo. Este método nos proporciona información muy valiosa para la identificación de materiales aptos para la cimentación de obras civiles.

El ensayo de análisis de ondas superficiales es un ensayo que se realiza con la guía de la norma ASTM D5777, en este ensayo se estudia la dispersión de los modos fundamentales de las ondas Rayleigh (Alata Rodriguez & Zevillanos Ninancuro, 2021).

La generación de ondas superficiales en el ensayo MASW se lleva a cabo mediante un proceso similar al utilizado en la refracción sísmica, utilizando una fuente artificial como un martillo de impacto o cargas explosivas controladas. Estas ondas generadas son adquiridas por un arreglo de distribución lineal de geófonos verticales, espaciados de forma uniforme a lo largo de un perfil recto. Los datos adquiridos por estos geófonos se almacenan en un sismógrafo, que posteriormente se procesarán por medio de software las ondas Rayleigh (Trujillo Calderon, 2018).

De acuerdo con el teorema de Fourier, cualquier señal puede descomponerse en una serie de componentes independientes. Estos componentes, conocidos como armónicos, se constituyen de funciones trigonométricas de seno y coseno que oscilan a frecuencias distintas y poseen

comportamientos independientes entre sí. Cada armónico representa una frecuencia fundamental y sus múltiplos, y la superposición de todos estos armónicos reconstruye la señal original.

2.2.6. Refracción por Microtremores (REMI)

El ensayo de refracción por microtremores, conocido como ReMi (Refraction Microtremor), es un ensayo geofísico que se utiliza para investigar las propiedades del subsuelo por medio de perfiles de velocidad de onda de corte (Vs). A diferencia de otros ensayos sísmicos que requieren fuentes de energía activas como martillos o explosivos, ReMi aprovecha las ondas sísmicas ambientales generadas por fuentes naturales o antropogénicas, como el tráfico, la maquinaria industrial o la vibración natural del subsuelo.

El procesamiento del ensayo REMI se realiza de manera similar al ensayo MASW, a diferencia que este ensayo adquiere señales tanto verticales como horizontales, siendo más sensibles a las propiedades mecánicas del suelo siendo más complejo su procesamiento.

2.2.7. Tomografía Eléctrica

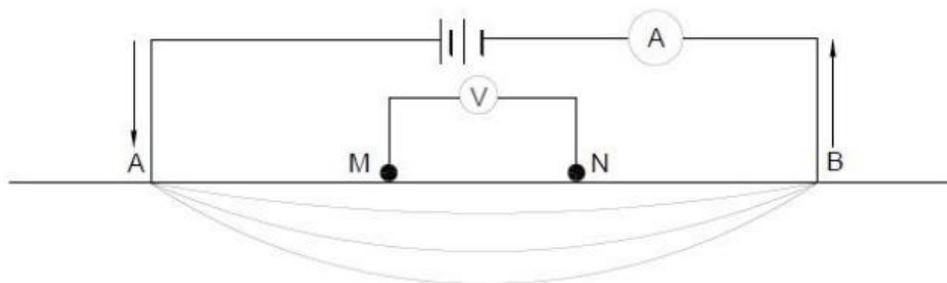
Los estudios geo eléctricos se rigen a los principios de corriente continua, en el cual tiene como objetivo medir la resistividad eléctrica del suelo por medio de ensayos con campos de corriente artificial enviados por medio de dos varillas (A, B) y se mide el potencial por medio de otras dos varillas (M, N). Estos datos medidos son resistividades eléctricas aparentes, a partir de estos datos registrados y por medio de una inversión de datos se obtiene los valores de resistividad real.

La tomografía eléctrica es uno de los métodos de ensayo geo eléctrico más utilizado en proyectos de ingeniería civil, debido a que permite visualizar el perfil estratigráfico del subsuelo en gráfico 2D, con esta información en función con las resistividades típicas de suelos y la

asociación con la geología local nos permite emitir la descripción del suelo de estudio, así como anomalías y posibles cuerpos hídricos.

Figura 19

Sistema de aplicación y medición de corriente eléctrica al suelo



Nota. Diagrama de viaje de corriente eléctrica por suelo. Fuente: (Vargas Huitzil, 2015)

2.2.7.1. Resistividad (ρ)

Esta variable es una propiedad de la conductividad aplicada la cual tiene como unidad de medida el ohm-m, esta medida es el grado de complejidad que tiene la corriente eléctrica para moverse de un punto a otro, es medida no depende de la cantidad de corriente aplicada, ya que siempre será constante.

$$\rho = \frac{1}{\sigma}$$

Donde σ es el símbolo para identificar la conductividad eléctrica, siendo esta propiedad la capacidad de la corriente eléctrica para viajar por un material.

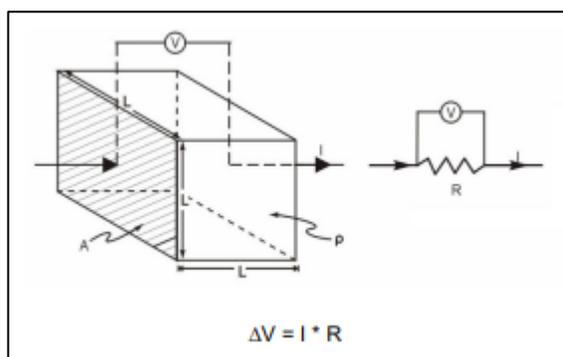
La resistividad eléctrica está en función de variables tales como temperatura, humedad y consolidación de suelo. Estos valores de resistividad varían de acuerdo al tipo de suelo identificado.

2.2.7.2. Resistencia

La Ley de Ohm describe el flujo de corriente eléctrica a través de materiales conductores. Según esta afirmación, la diferencia de potencial (ΔV) entre dos puntos de un medio por el que circula una corriente eléctrica (I) es exactamente proporcional tanto a la corriente como a la resistencia (R) del medio (Vargas Huitzil, 2015).

Figura 20

Ley de Ohm



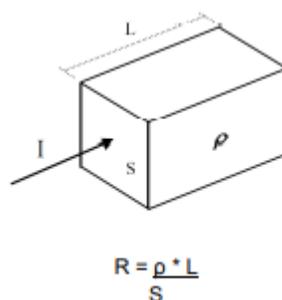
Nota. Flujo de corriente por un medio. Fuente: (Vargas Huitzil, 2015)

La resistencia R viene en función de la naturaleza y la geometría del material conductor.

Al asemejar la geometría a un cilindro de longitud L y sección S :

Figura 21

Flujo de resistencia en un material



Nota. Explicación de capacidad de resistencia de un material. Fuente: (Vargas Huitzil, 2015)

Ecuación de la resistencia R:

$$R = \frac{\rho * L}{S}$$

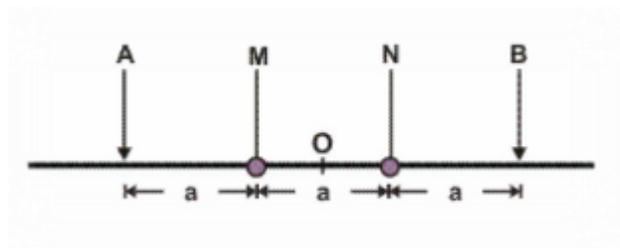
2.2.7.3. Dispositivo tetra-polar

La resistividad aparente, denotada como ρ , puede determinarse mediante la fórmula $\rho = k \Delta V/I$, donde k representa el factor geométrico, I es la corriente eléctrica inyectada por los electrodos A y B, y ΔV es la diferencia de potencial entre los electrodos M y N (Vargas Huitzil, 2015).

Este estudio de caso utiliza el método de distribución tetrapolar de Wenner, que implica la colocación de cuatro electrodos etiquetados como A, M, N y B. Estos electrodos se colocan a una separación "a" unos de otros, como se representa en la Figura 22. El objetivo es colocar dos electrodos con potencial A y B en la región central del modelo, mientras que los electrodos de corriente M y N se sitúan en los extremos (Vargas Huitzil, 2015).

Figura 22

Arreglo tipo Wenner



Nota. Sistema de adquisición de datos Wenner. Fuente: (Vargas Huitzil, 2015)

La constante geométrica es:

$$K=2* \pi *a$$

2.3. Ensayos de Laboratorio

Las propiedades geomecánicas de los suelos se determinan a través de ensayos de laboratorio realizados en muestras obtenidas mediante sondeos de campo. Estos sondeos incluyen métodos como calicatas a cielo abierto, perforación con roto percusión y perforación a percusión (SPT) (Galarza Armijos & Rojas Peralta, 2021).

En este proyecto de investigación, se determinarán los parámetros de cohesión y ángulo de fricción utilizando el ensayo de corte directo. Este ensayo se puede realizar tanto con muestras inalteradas como con muestras de suelo remoldeado. Estos parámetros son cruciales, ya que tienen una influencia directa en el comportamiento del suelo, especialmente al determinar las ondas elásticas (Galarza Armijos & Rojas Peralta, 2021).

2.3.1. Resistencia al corte

La resistencia al corte es una propiedad fundamental de los suelos y las rocas, esta resistencia que ofrece un material a resistir deformaciones o fracturas en su superficie interna debido a fuerzas aplicadas.

La resistencia al corte de un suelo se expresa por medio de la ecuación de Mohr-Coulomb, la cual describe la relación entre el esfuerzo cortante, la cohesión, ángulo de fricción interna y las fuerzas normales que actúan en la superficie de corte (Aguirre Mejía & Yépes Andino, 2019).

$$\tau = c + \sigma_n * \tan(\phi)$$

Donde:

τ : Esfuerzo de resistencia al corte

c : Cohesión del suelo

σ_n : Esfuerzo normal perpendicular a la superficie de corte

ϕ : Angulo de fricción interna.

2.3.2. Cohesión (c)

La cohesión se define como la fuerza interna de atracción que existe entre las partículas de un suelo, lo que evita que se separen entre sí. Esta propiedad geotécnica permite al suelo resistir fuerzas de corte internas y conservar su integridad estructural. La cohesión es más común en suelos finos, como arcillas y limos, donde las partículas tienden a estar más estrechamente unidas debido a interacciones electroquímicas. En contraste, en suelos arenosos, la cohesión tiende a ser mínima o incluso nula debido a la estructura granular y al tamaño de las partículas (Mogrovejo Rodriguez, 2023).

2.3.3. Angulo de fricción interna (ϕ)

El ángulo de fricción es una propiedad geotécnica que se utiliza en geotecnia para describir la resistencia al corte de un suelo. Este ángulo representa el ángulo máximo al que un suelo puede ser inclinado antes de que las partículas individuales comiencen a deslizarse unas sobre otras y se produzca la falla por corte. En otras palabras, es el ángulo en el cual se inicia la fricción interna dentro del suelo, lo que limita su capacidad para soportar esfuerzos de corte (Alata Rodriguez & Zevillanos Ninancuro, 2021).

2.3.4. Ensayo de corte directo

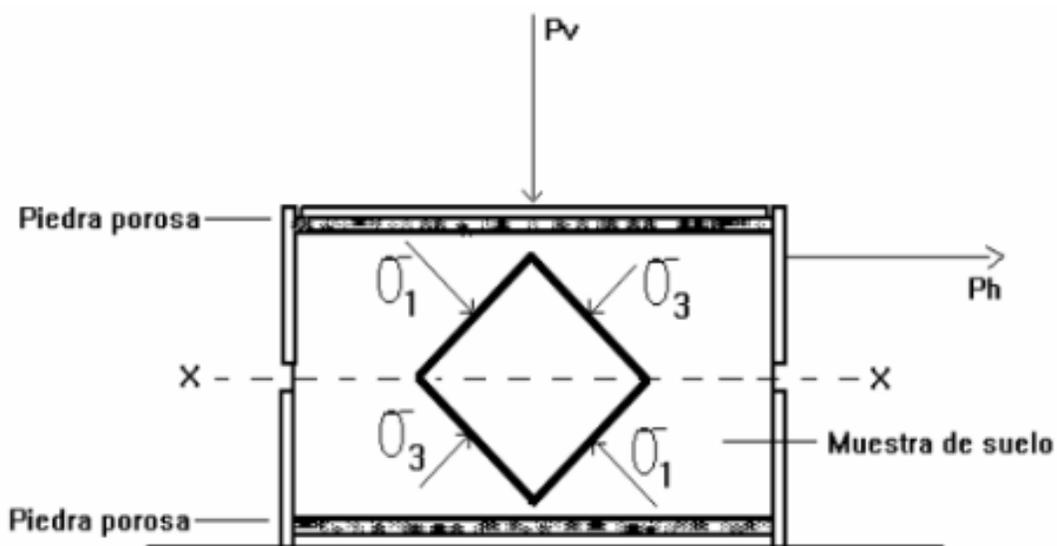
La prueba se realizó de acuerdo con las especificaciones de la norma ASTM D-3080. Consistió en realizar un ensayo de cizallamiento directo no consolidado y no drenado (UU) en tres muestras de suelo. Las probetas de suelo se las puede realizar con muestras inalteradas o remodeladas. Posteriormente se colocan las muestras en un marco de doble anillo, con un anillo desplazado horizontalmente respecto al otro a una velocidad de deformación controlada y constante. Durante el ensayo, se debe medir la fuerza de cizallamiento y los desplazamientos

horizontales hasta que la muestra de suelo falle logrando su resistencia máxima (Coronel Martínez & Ortíz Andrade, 2020).

Las muestras a ser ensayadas son colocadas en la caja de corte directo y en medio de las piedras porosas, posteriormente se coloca la placa metálica de reparto de carga y se aplica la carga vertical acorde a la presión necesaria para cada muestra, generalmente se aplican cargas verticales con estados de carga de 0.5 MPa, 1.0 MPa y 1.50 MPa.

Figura 23

Esquema de caja de corte directo

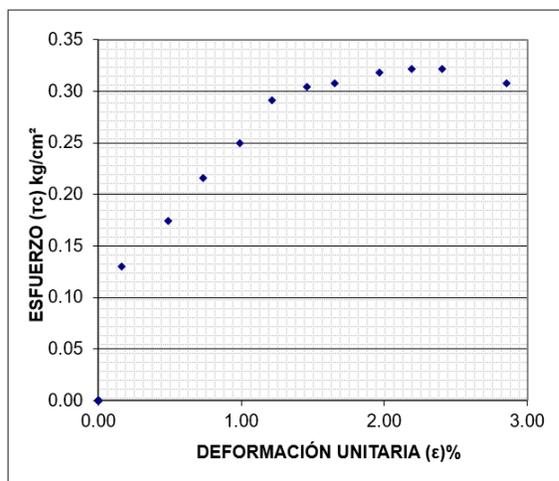


Nota. Anillo para prueba de muestras de suelo en corte directo. Fuente (Olivos Mendoza et al., 2020)

Luego se coloca el deflectómetro horizontal y vertical para el control y registro del desplazamiento horizontal, estas lecturas se pueden registrar cada 15 segundos, la cuales serán representadas en graficas de deformación tangencial (ϵ) versus esfuerzos de corte (τ_c).

Figura 24

Gráfica esfuerzo - deformación

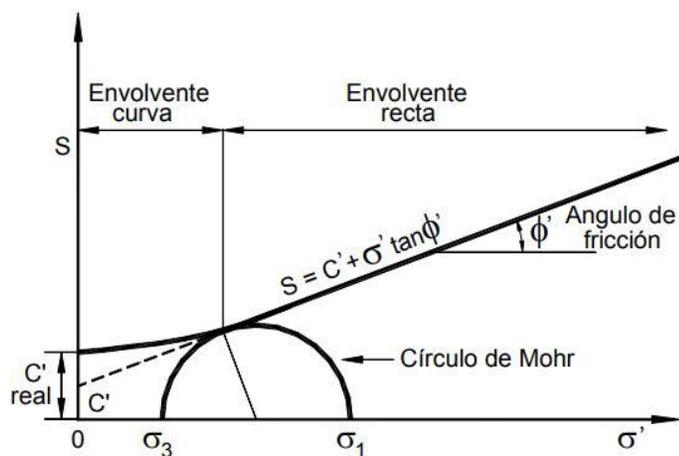


Nota. Grafica esfuerzo vs deformación. Fuente: Elaboración propia

Cada muestra ensayada debe ser representada con esta gráfica, de la cual posteriormente se utilizará los valores máximos para la determinación de la cohesión (c) y ángulo de fricción (ϕ), utilizando la ecuación de Mohr Coulomb y su grafica de esfuerzo vertical vs esfuerzo de corte.

Figura 25

Gráfica de envolvente de falla



Nota. Determinación de cohesión y fricción de manera gráfica. Fuente: (Mogrovejo Rodriguez, 2023)

2.3.5. Granulometría

La determinación del tamaño de las partículas en los suelos se realiza por medio del ensayo de distribución granulométrica, este ensayo es muy utilizado en los campos de la geología y la ingeniería civil para caracterizar la cantidad de gravas, arenas y finos. La distribución suele representarse como una proporción de partículas de distintos tamaños en función de su diámetro (Mogrovejo Rodriguez, 2023).

Las partículas de una muestra de suelo pueden clasificarse en diferentes tamaños, desde las más grandes, como la grava y la arena, hasta las más pequeñas, considerados suelos finos los cuales son: limo y la arcilla. La clasificación de las partículas se consigue empleando una técnica de tamizado, en la que la muestra de suelo se somete a una secuencia de tamices con diferentes tamaños de abertura, tal como se especifica en la norma ASTM D 422. Posteriormente se cuantifica la cantidad de tierra que queda en cada tamiz (Mogrovejo Rodriguez, 2023).

Los resultados de la granulometría se utilizan para determinar la textura del suelo, es decir, si es arenoso, limoso, arcilloso o una combinación de estos, esta clasificación de suelos se lo realiza por la SUCS. La textura del suelo tiene un impacto significativo en sus propiedades físicas, como su capacidad para retener agua, su permeabilidad y su capacidad de soporte.

2.3.6. Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg son un conjunto de pruebas básicas utilizadas en la mecánica de suelos para calcular las propiedades físicas de las partículas finas en suelos. Estos límites son fundamentales en la clasificación de los suelos y en la comprensión de su comportamiento bajo diferentes condiciones de humedad. Estos ensayos se dividen en tres, los cuales son: Limite Líquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad. Estas pruebas se determinan siguiendo los lineamientos de la Norma ASTM D 4318 (Coronel Martínez & Ortiz Andrade, 2020).

2.3.6.1. Límite Líquido (LL)

Esta norma describe la metodología para calcular el límite líquido de una muestra de suelo. Este proceso implica la preparación de una muestra de suelo hasta un nivel de humedad predeterminado y su posterior distribución dentro de un recipiente metálico especializado, comúnmente denominado copa Casagrande. Luego se efectúa un corte mediante un ranurador en la muestra y, a continuación, se golpea rítmicamente la copa hasta que la ranura se cierra hasta aproximadamente 1cm. El límite líquido, que significa el contenido de humedad en el que el suelo pasa de una condición plástica a un estado líquido, se determina contando el número de golpes necesarios para cerrar la ranura (Galarza Armijos & Rojas Peralta, 2021).

2.3.6.2. Límite Plástico (LP)

Este ensayo describe cómo determinar el límite plástico de un suelo. Consiste en tomar una pequeña porción de suelo húmedo y amasarlo en la mano para homogeneizarlo. Luego, el suelo se rueda en una superficie plana hasta formar un cilindro delgado, con un diámetro de aproximadamente 3 mm. El proceso de rodado se continúa hasta que el suelo comienza a agrietarse debido a la disminución de la humedad. El contenido de humedad del suelo en este punto de agrietamiento se registra como el límite plástico. Este límite indica el cambio de un estado semisólido a un estado plástico (Aguirre Mejía & Yépes Andino, 2019).

2.3.6.3. Índice de Plasticidad (IP)

El índice de plasticidad se determina utilizando los datos adquiridos en las pruebas de límite líquido y límite plástico. No es una prueba independiente, sino más bien un cálculo matemático. El índice de plasticidad (PI) se determina por medio de la diferencia del límite

plástico (LP) del límite líquido (LL) ($PI = LL - LP$). Caracterizar la plasticidad de un suelo y su capacidad para sufrir cambios de forma sin alterar el volumen ni fracturarse es una medida importante. Un índice de plasticidad elevado significa un suelo con un alto grado de plasticidad dentro de la clasificación Sucs y Aashto, típicamente vinculado a elevadas concentraciones de arcilla (Galarza Armijos & Rojas Peralta, 2021).

2.3.7. Contenido de Humedad en un suelo

La prueba de humedad natural de un suelo se desarrolla de acuerdo con las directrices establecidas por la norma ASTM D2216, que proporciona el método normalizado para evaluar la cantidad de humedad de los suelos. Esta prueba es esencial para comprender las propiedades del suelo en estado natural y determinar otros parámetros significativos en la mecánica del suelo.

Para este ensayo se debe colocar una muestra de suelo representativa en una tara y determinar el peso de su masa con la ayuda de una balanza, posteriormente se deja secar en un horno a una temperatura de 110 ± 5 C° durante unas 24 horas, pasado este tiempo se retira la muestra del horno para pesar su masa final y registrarla (Coronel Martínez & Ortíz Andrade, 2020).

El contenido de humedad se calcula utilizando la diferencia entre el peso húmedo inicial y el peso seco final, dividida por el peso seco, y expresada como un porcentaje. La fórmula es:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \left(\frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \right) \times 100$$

METODOLOGÍA

3.1. Nivel y tipo de proyecto de Investigación

El proyecto de investigación se realizará por medio de variables numéricas tales como: N_{60} , V_p , V_s , cohesión y ángulo de fricción. Por lo que se cataloga como una investigación cuantitativa (Pazmiño Agualema, 2017).

3.2. Planeación de investigación

La investigación será transversal debido a que se realizará en un momento único, en condiciones de suelo propias del momento a explorar y correlacional por que se establecerán fórmulas de correlación entre las variables de campo y resultados procesados de laboratorio.

3.3. Población y muestras de estudio

La población de estudio se encuentra dentro de la formación geológica de los depósitos de Piemonte, especialmente en sus estratos superficiales conformados por arcillas, de esta manera las muestras estarán definidas por los 4 sondeos indirectos y 3 directos a realizarse un predio de 4650m², estos ensayos están definidos en función de la forma del terreno, su distribución se realiza respetando lineamientos de la norma Nec para construcciones de media categoría (edificaciones de hasta 10 niveles), la cual sugiere como mínimo 4 sondeos con profundidades de 15m, estos sondeos fueron revisados y aprobados por el tutor de tesis.

3.4. Instrumentos y técnicas de Investigación

A continuación, se describe el enfoque de campo empleado en los ensayos geofísicos y de SPT, con el fin de cumplir los objetivos establecidos en el tema de investigación (Pazmiño Agualema, 2017).

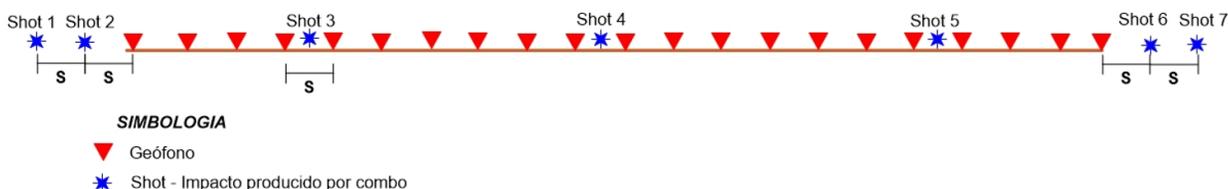
3.4.1. Refracción Sísmica

El ensayo de refracción sísmica consiste en la colocación de geófonos verticales con una separación equidistante (**S**) el uno del otro a lo largo de un perfil recto, mismos que están conectados por medio de un cable sísmico al sismógrafo que registra los sismogramas generados de manera artificial por medio de un combo (martillo).

Para tener una información adecuada para el perfil estratigráfico se realizó con la distribución de 7 impactos del combo a lo largo del tendido de geófonos, como se muestra en la **Figura 26**, para el perfil 2 y perfil 3 del proyecto de investigación, mientras que el perfil 1 por temas de la longitud de tendido se realizó con 5 impactos para la generación de ondas P (Marulanda Ocampo & Leyva Londoño, 2021).

Figura 26

Distribución de línea de refracción sísmica



Nota. Elaboración propia

Al momento de la adquisición de los sismogramas se recomienda controlar el ruido del ambiente sea lo más bajo posible evitar el movimiento del personal hasta registrar la lectura de cada sismograma.

Al finalizar el ensayo se debe registrar el inicio y final del perfil de refracción sísmica para su representación mediante un mapa de exploraciones.

3.4.1.1. Equipo Refracción Sísmica

- Sismógrafo Doremi Digital 24 Bits marca Sara
- Geófonos verticales 4.5Hz y starter.
- Cable Sísmico
- Cable de Starter
- Fuente de Energía (Combo)
- Placa
- Computadora Portátil
- GPS

A continuación, se presenta el equipo utilizado:

Figura 27

Sistema de equipo geofísico Sara



Nota. Elaboración propia

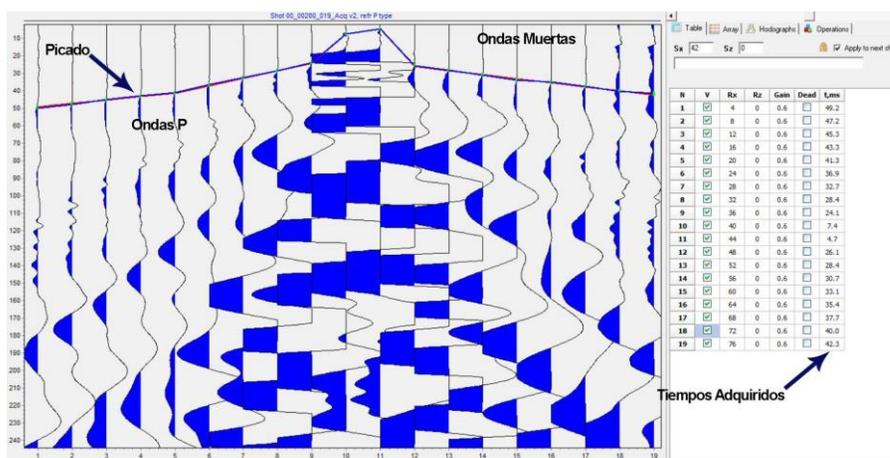
3.4.1.2. Procesamiento de refracción sísmica

La información recolectada en campo es esencial para el procesamiento del perfil de refracción sísmica. Este proceso comienza con la generación de un perfil topográfico, que se elabora utilizando las coordenadas de inicio y fin del perfil de refracción, obtenidas mediante GPS. Dicho perfil se crea a través del software AutoCAD Civil 3D. Posteriormente, se introducen los sismogramas recolectados en cada punto donde se generaron las ondas P, junto con los datos del perfil topográfico, en el programa ZondST2D. En situaciones donde se presenta un alto nivel de ruido ambiental, se aconseja aplicar un filtro a cada sismograma para mejorar la calidad de los datos.

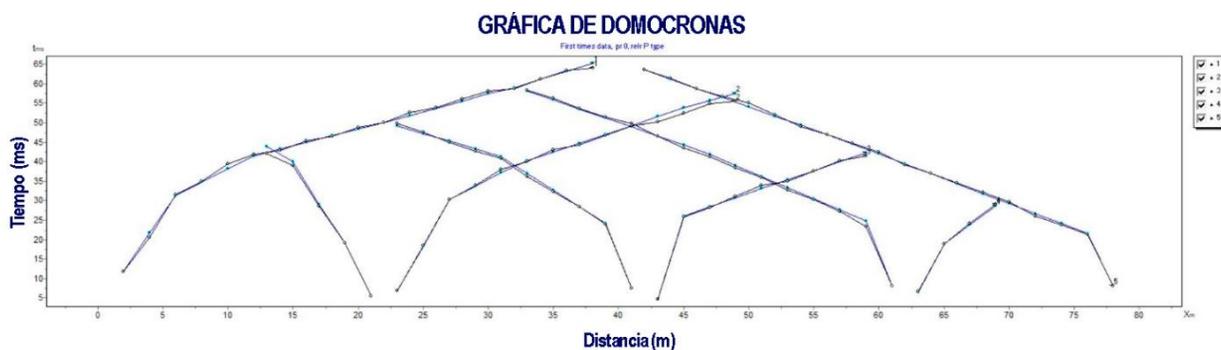
Posteriormente, se procede al análisis detallado de los sismogramas para obtener los tiempos de viaje de las ondas VP (como se muestra en la **Figura 28**), A partir de estos datos se puede representar gráficamente un perfil, que correlaciona el tiempo (en milisegundos) con la distancia (en metros), una técnica también conocida como generación de domocronas, como puede verse en la **Figura 29**.

Figura 28

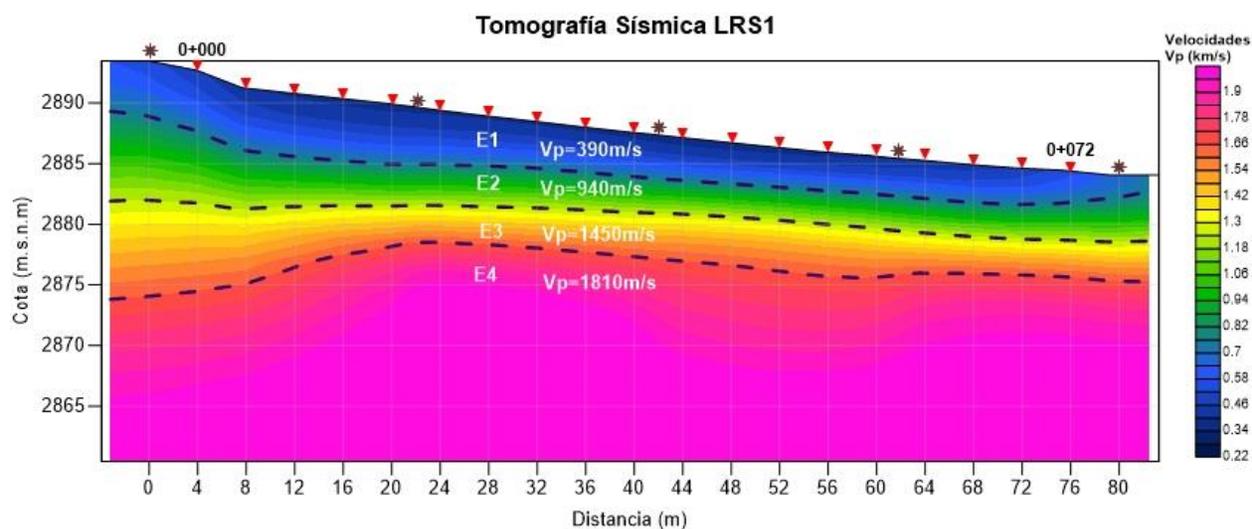
Picado de tercer sismógrafo perfil 1 de estudio.



Nota. Elaboración propia. Fuente: ZondRes2D

Figura 29*Gráfica de domocronas**Nota.* Elaboración propia

Una vez generadas las domocronas, se inicia el proceso de inversión de datos. En esta etapa, se calculan las velocidades de las ondas P a partir de las pendientes de cada domocrona. Así mismo, utilizando las velocidades calculadas y el tiempo de llegada de las ondas a cada geófono, se estima el espesor de cada capa estratigráfica (véase, **Figura 30**).

Figura 30*Perfil de refracción sísmica LRS-1**Nota.* Elaboración propia

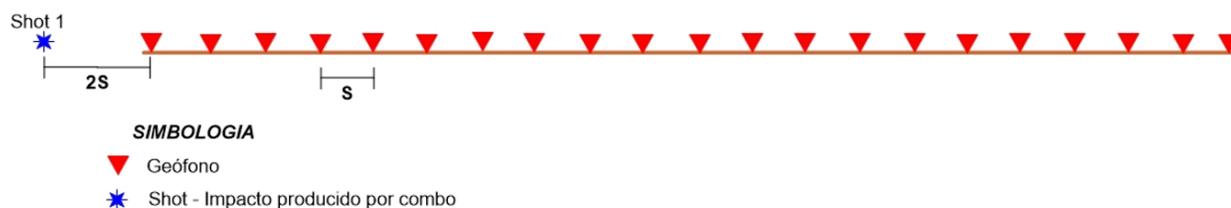
3.4.2. Análisis de Ondas Superficiales (Masw)

El ensayo MASW consiste en la colocación de geófonos verticales con una separación equidistante (S) el uno del otro a lo largo de un perfil recto, mismos que están conectados por medio de un cable sísmico al sismógrafo que registra los sismogramas generados de manera artificial por medio de un combo (martillo).

Para tener una información adecuada para el perfil estratigráfico se realizó con la generación de ondas de corte por medio de 3 impactos del combo a una distancia de $2S$ (Serna Vásquez, 2015), como se muestra en la **Figura 31**.

Figura 31

Distribución de línea de ensayo MASW



Nota. Elaboración propia

Al momento de la adquisición de los sismogramas se recomienda controlar el ruido del ambiente sea lo más bajo posible evitar el movimiento del personal hasta registrar la lectura de cada sismograma.

3.4.2.1. Equipo MASW

- Sismógrafo Doremi Digital 24 Bits marca Sara
- Geófonos verticales 4.5Hz y starter.
- Cable Sísmico
- Cable de Starter

- Fuente de Energía (Combo)
- Placa
- Computadora Portátil
- GPS

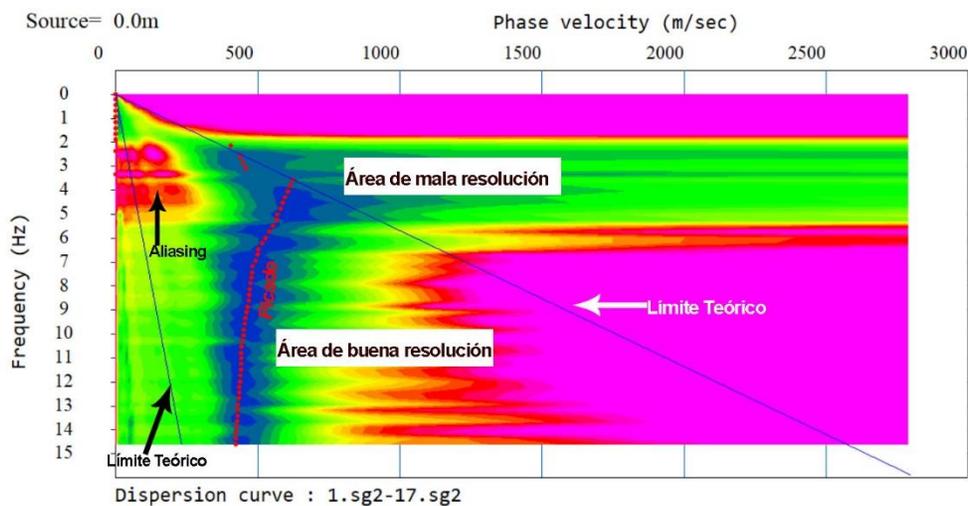
El sismógrafo utilizado para este ensayo es el mismo empleado en el ensayo de Refracción Sísmica. (Véase, **Figura 27**).

3.4.2.2. Procesamiento de Análisis de Ondas Superficiales

Después de adquirir los datos mediante el Método de Análisis de Ondas Superficiales (MASW), se procede a su procesamiento utilizando el programa Surface Wave Analysis Wizard. Este proceso comienza con la carga del sismograma, seguido de la creación de un gráfico que muestra la relación entre distancia y tiempo. Posteriormente, aplicando la transformada de Fourier, se genera la curva que representa la velocidad de fase en función de la frecuencia. A partir de la **Figura 32** se realiza un picado en la zona de mayor concentración de energía (color azul), donde se representa los modos fundamentales del suelo. El picado se realiza dentro de los límites teóricos para obtener una información más acertada a la estratigráfica de campo. Con esta información determinada por el picado se obtiene la curva de dispersión.

Figura 32

Gráfica velocidad de fase vs frecuencia

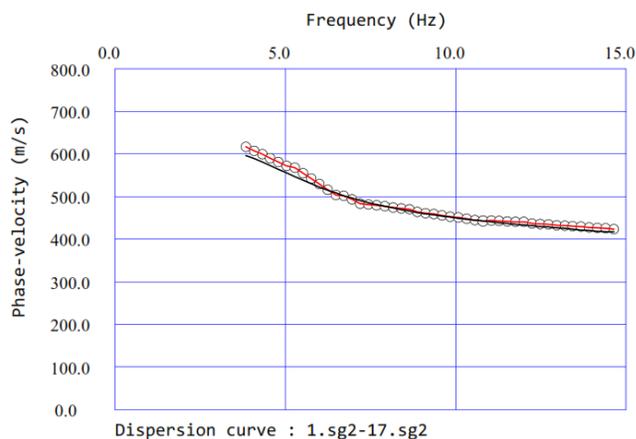


Nota. Elaboración propia

Después de obtener la curva de dispersión (véase, **Figura 33**) se carga en el programa Surface Wave Analysis para la inversión de datos y obtener el perfil ondas S por medio de procesos iterativos.

Figura 33

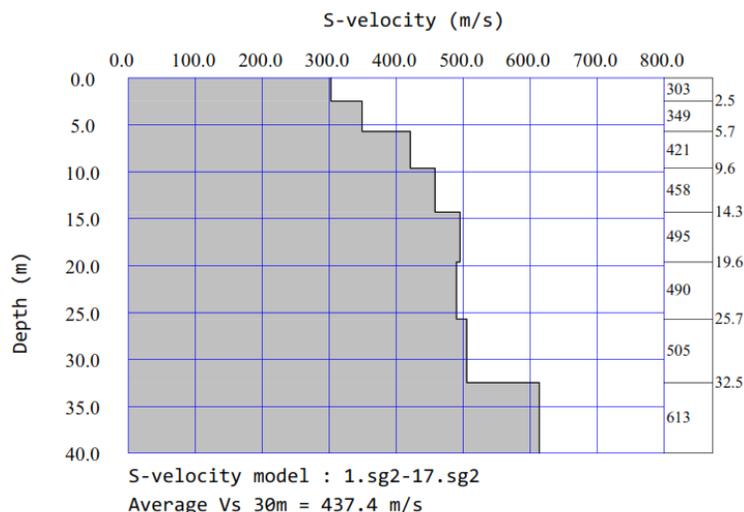
Gráfica de curva de dispersión



Nota. Elaboración propia

Figura 34

Gráfica de velocidades de corte S.



Nota. Elaboración propia

3.4.3. Refracción de Microtremores (Remi)

El ensayo REMI se realiza en el mismo perfil de tendido de los ensayos de refracción sísmica y MASW, con la diferencia que en este ensayo se programa el sismógrafo para la adquisición de ondas de corte por medio de las vibraciones naturales de suelo, en este ensayo es recomendable una mayor vibración natural producida por el ambiente o las actividades que se realizan en el medio.

El sismógrafo utilizado para este ensayo es el mismo empleado en el ensayo de Refracción Sísmica, empleando una configuración de campo. (Véase, **Figura 27**).

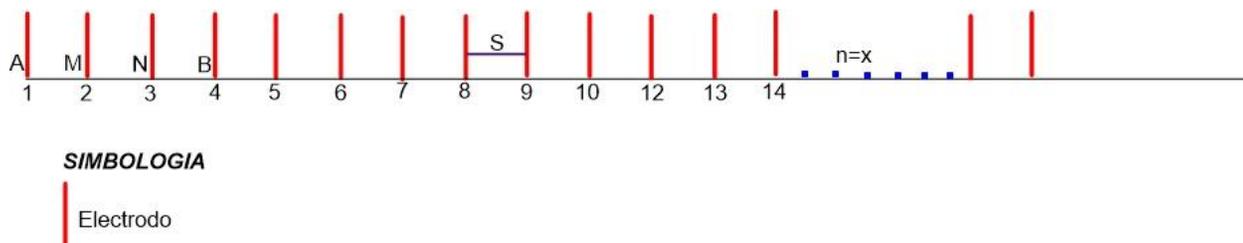
3.4.4. Tomografía Eléctrica (ERT)

El ensayo de tomografía eléctrica con la instalación de los electrodos con una separación equidistante (**S**) el uno del otro a lo largo de una línea recta, dichos electrodos están conectados por medio de un cable eléctrico y se registran lecturas por medio del resistivímetro, el cual envía

corriente por medio de los electrodos (A,B) y mide el potencial de corriente por medio de los electrodos (M,N) (Véase, **Figura 35**).

Figura 35

Distribución de electrodos en tomografía eléctrica



Nota. Elaboración propia

El número de lecturas a registrar está en función de la longitud de ensayo y el número de electrodos a emplear.

3.4.4.1. Equipo geofísico

- Resistivímetro de suelos Gito lite
- Electrodos de acero inoxidable
- Cable eléctrico 600V
- Cinta métrica
- Martillo
- Batería 12V
- GPS

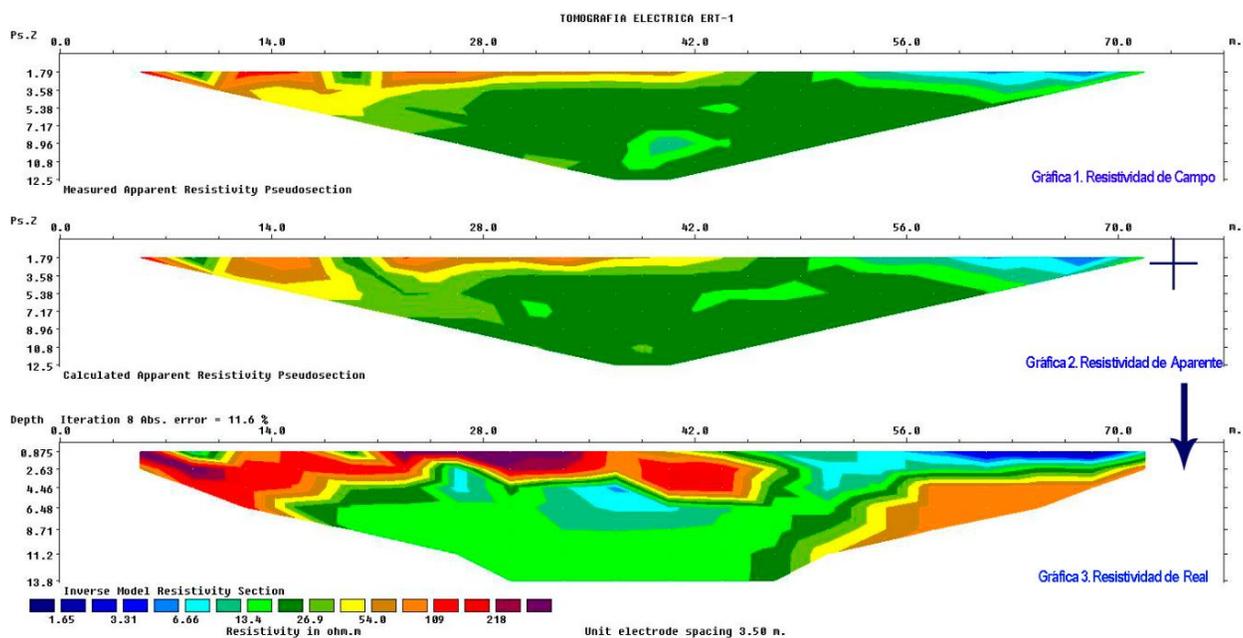
Figura 36*Sistema de Resistivimetro de suelos*

Nota. Elaboración propia

3.4.4.2. Procesamiento de Tomografía eléctrica (ERT)

Para el procesamiento de la tomografía eléctrica se realiza por medio del programa Res2Dinv, en el cual se carga la información de resistividades aparentes obtenidas en campo, en conjunto con el nombre del perfil, separación entre electrodos, tipo de arreglo electródico (wenner en este caso de estudio), número de puntos adquiridos e información topográfica de ser necesario.

Una vez cargada la información obtenida en campo, obteniendo 3 graficas (Ver, **Figura 37**), la primera grafica es el resultado de los datos adquiridos en campo, el segundo grafico es la obtención de resistividades aparentes calculados mediante la inversión de datos y la tercer grafica es el resultado de los procesos iterativos y combinación de valores de la gráfica 1 y grafica 2, para la obtención del perfil con resistividades reales.

Figura 37*Inversión de datos de resistividad eléctrica*

Nota. Elaboración propia

3.4.4.3. Proceso de ensayo de Penetración Estándar (SPT)

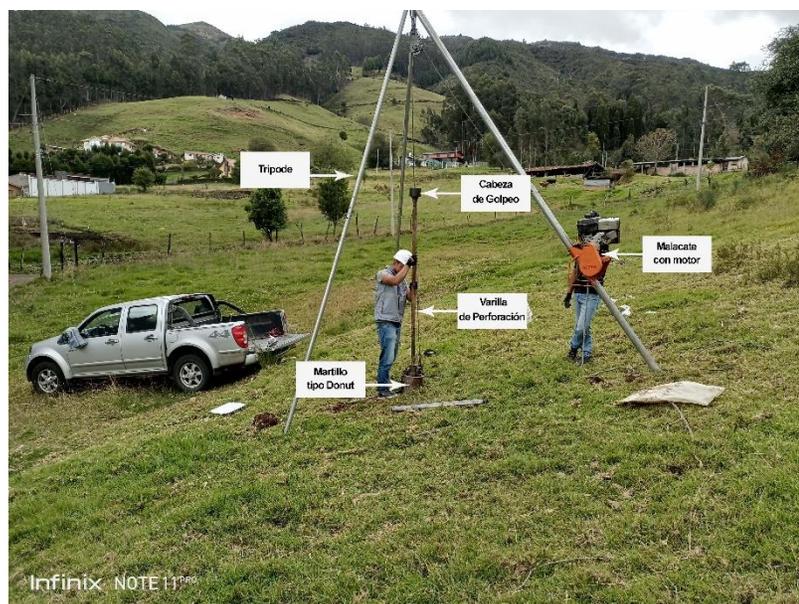
Se debe realizar la limpieza de la capa vegetal y luego perforar con el barreno hasta llegar a la profundidad deseada para realizar el conteo del número de golpes (N), garantizando así que la muestra a recuperar no sea alterada, y se avanza con el ensayo de acuerdo al siguiente proceso:

1. Se une la cuchara partida con la varilla de perforación, se asienta en la profundidad a muestrear, sin realizar una fuerza externa que altere la muestra hasta el momento del conteo.
2. Se coloca el sistema de caída del martillo y se conecta con la cabeza de golpeo a la varilla de perforación,
3. Se realiza la señalización la profundidad de inicio de perforación y posteriormente se señala cada 15cm hasta llegar a los 45cm de ensayo,

4. Se realiza la perforación para la recuperación de muestra y obtención del valor (N) de cada avance de 15cm. La perforación se realiza a percusión con el martillo de 63.5kg que se deja caer desde una altura de 76cm. Para la finalización o avance de la siguiente maniobra se debe cumplir las siguientes condiciones:
- a) Se dará por finalizado el ensayo si en cualquiera de los avances de 15cm el número de golpes es igual a 50.
 - b) Finalizará el ensayo si la suma de los últimos 30cm da un valor igual a 100 golpes.
 - c) En caso de no avanzar la tubería con la aplicación de 10 golpes se dará por finalizado el SPT.
 - d) Si en el avance de los 45cm no cumple con las condiciones a,b y c se deberá realizar la extracción de la muestra y perforar con el helicoidal hasta la nueva profundidad de ensayo, repitiendo este procedimiento hasta cumplir con las condiciones antes mencionadas.

3.4.4.4. Equipo de perforación

- Malacate con motor marza Acker
- Martillo tipo Donut
- Varilla de perforación Aw
- Cuchara partida con diámetro interno de 3.50cm.
- Trípode
- Soga
- GPS

Figura 38*Sistema de maquina SPT*

Nota. Elaboración propia

3.4.4.5. Valores de corrección

Los coeficientes de corrección se presentan a continuación en la Tabla 7, debido a que los 3 sondeos de SPT realizados finalizaron en la profundidad de 4.50m, se utilizarán los mismos factores de corrección en cada procesamiento de SPT.

Tabla 7*Resumen de factores de corrección*

Parámetro		Observación
Altura de Caída (m)	0.76	-
Peso Martillo (lb)	140	-
n_H	0.75	Martillo Donut
n_B	1	Diámetro de Perforación
n_S	0.75-0.85	En función de longitud de varilla
n_R	1	Muestreo estándar

Nota. Elaboración propia

3.4.5. Sismicidad y cálculo de Vs30

Para clasificar el suelo se utilizó la clasificación NEC. Esta normativa determina el tipo y el nombre del suelo basándose en la velocidad media de los 30 m (Vs 30). Las clasificaciones específicas se pueden encontrar en la siguiente tabla:

Tabla 8

Tipos de clasificación de suelos NEC

Tipo de Perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500\text{m/s}$
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500\text{m/s} > V_s \geq 760\text{m/s}$
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760\text{m/s} > V_s \geq 360\text{m/s}$
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50,0$ $S_u \geq 100\text{Kpa}$
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de onda de cortante, o	$360\text{m/s} > V_s \geq 180\text{m/s}$
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50,0 > N \geq 15,0$ $100\text{Kpa} > S_u \geq 50\text{Kpa}$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad cortante, o	$V_s < 180\text{m/s}$
		$IP > 20$
F	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3m de arcillas blandas	$w \geq 40\%$
		$S_u < 50\text{Kpa}$
F	Perfiles de suelo tipo F que requieran una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista.	

Nota. Clasificación sísmica de tipos de suelo. Fuente Norma NEC 2015.

Para el cálculo de la velocidad promedio Vs30 de acuerdo al International Building Code se la determina de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$V_{S30} = \frac{\sum_{i=1}^N d_i}{\sum_{i=1}^N \frac{d_i}{V_{si}}}$$

3.5. Confiabilidad de instrumentación de campo

Los equipos geofísicos utilizados para la investigación son equipos que cuentan con calibración de fábrica y no requieren una actualización. Sin embargo, las técnicas realizadas pueden tener cierto grado de variabilidad debido a condiciones de campo de la zona de estudio por lo que se realizó 3 ensayos de refracción sísmica, 3 ensayos de Masw y 3 ensayos de Remi para la determinación de estratos mediante ondas V_p y V_s , para la complementación de esta información se realizó un ensayo de tomografía eléctrica, y así determinar con mayor exactitud los estratos del subsuelo. Además, se comprobó mediante el ensayo de penetración estándar los estratos superficiales de estudio.

3.6. Técnicas para análisis de datos.

Para el análisis de datos se realizó mediante métodos estadísticos de regresión lineal y coeficiente de Pearsson. Este procesamiento se efectuó mediante un modelo matemático creado a partir de pares ordenados que son graficados. El análisis se puede realizar por métodos de ecuaciones lineales, exponenciales, polinómicas entre otras.

Para clasificar los resultados obtenidos de las correlaciones se establecen categorías en función de grado de aceptación.

Tabla 9

Tipos de clasificación de suelos NEC

Rango R^2	Grado de Aceptación
90-100	Excelente
80-90	Satisfactoria
70-80	Muy Buena
60-70	Buena
50-60	Regular

Nota. Elaboración propia. Fuente: (Pazmiño Agualema, 2017)

RESULTADOS

4.1. Trabajos de Campo

Con el objetivo de determinar los parámetros geo mecánicos tales como: ángulo de fricción, cohesión, peso específico, N_{60} de SPT por medio de métodos directos y determinación de velocidades de Onda de compresión V_p y corte V_s . Se desarrolló dos fases de campo, la primera fase se realizó tres perfiles de ensayos indirectos de geofísica, mientras que en la segunda fase se ejecutó tres ensayos directos de SPT, para la obtención de muestras a ser analizadas posteriormente en laboratorio.

Los ensayos de SPT se realizaron en el centro de los perfiles geofísicos para la adecuada comparación con las velocidades de onda de corte, debido a que los resultados de los ensayos Mase y Remi se obtienen al centro de la línea de tendido del perfil geofísico.

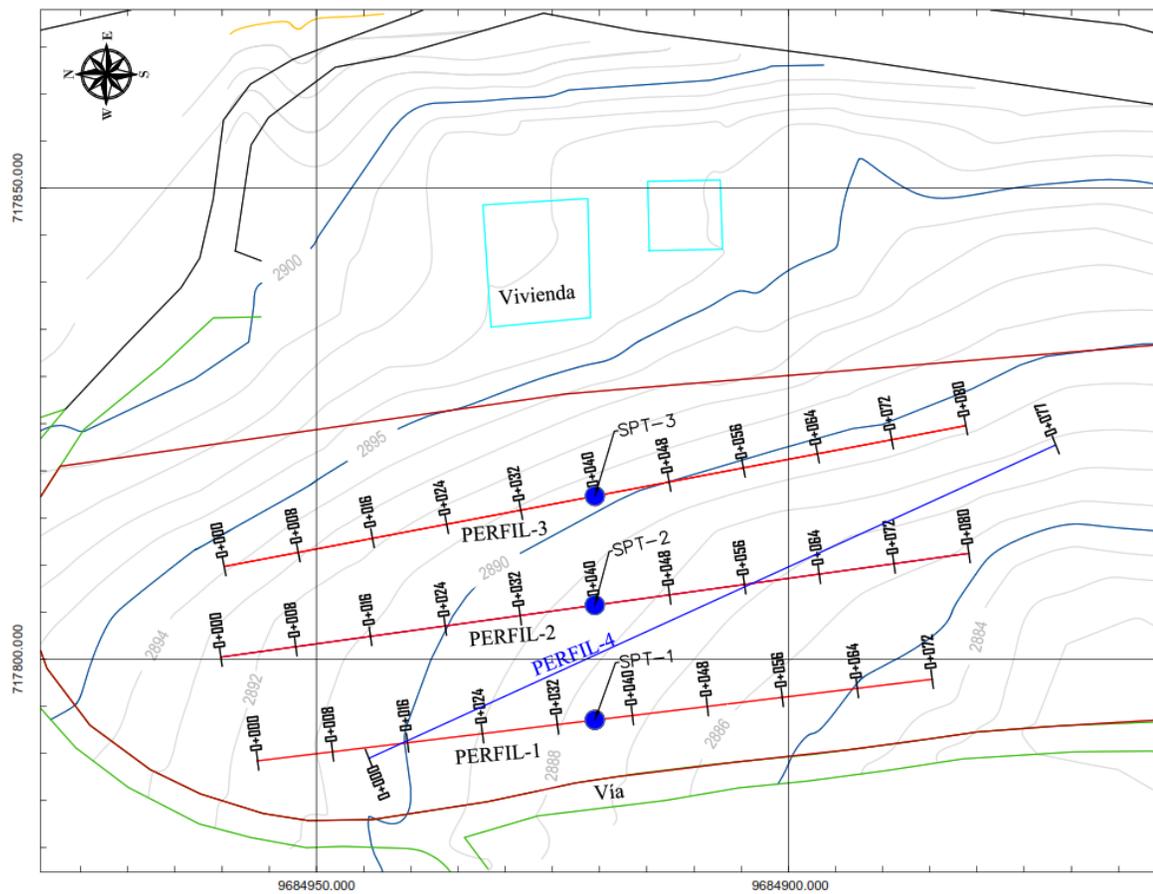
Además de los ensayos mencionados anteriormente, se llevó a cabo un perfil de tomografía eléctrica con el fin de obtener una mayor comprensión del subsuelo. A través del análisis de las resistividades obtenidas y su comparación con la geología de la zona, se proporcionará una descripción detallada de las capas profundas donde no se pudo obtener información a través del ensayo SPT.

En la **Figura 39** se muestra la distribución de los perfiles de estudio en un área de 4650 m². Los perfiles de refracción sísmica, masw y remi se dispusieron de forma paralela, con el perfil 1 distanciado 11.10 m del perfil 2, y el perfil 2 separado por 11.40 m del perfil 3. Mientras que el perfil de tomografía eléctrica cruza diagonalmente los tres perfiles mencionados anteriormente, con el propósito de obtener un perfil de resistividad en profundidades donde no es posible recuperar muestras de suelo mediante el sondeo SPT.

La distribución de estos sondeos se realizó con el objetivo de tener una mayor longitud en los perfiles, y en zonas con pendientes máximas del 30% para evitar errores en la adquisición de datos, y para cumplir con el número de sondeos requeridos por la normativa NEC.

Figura 39

Mapa de ubicación de exploraciones



Nota. Elaboración propia

Figura 40

Ubicación de perfiles



Nota. Elaboración propia

A continuación, se presenta la cantidad de ensayos indirectos y directos realizados en cada perfil de estudio, respetando los lineamientos de la normativa NEC.

Tabla 10

Ensayos de Campo

N° Perfil	Sondeo SPT	Refracción Sísmica	MASW	REMI	Tomografía Eléctrica
1	1	1	1	1	-
2	1	1	1	1	-
3	1	1	1	1	-
4	-	-	-	-	1

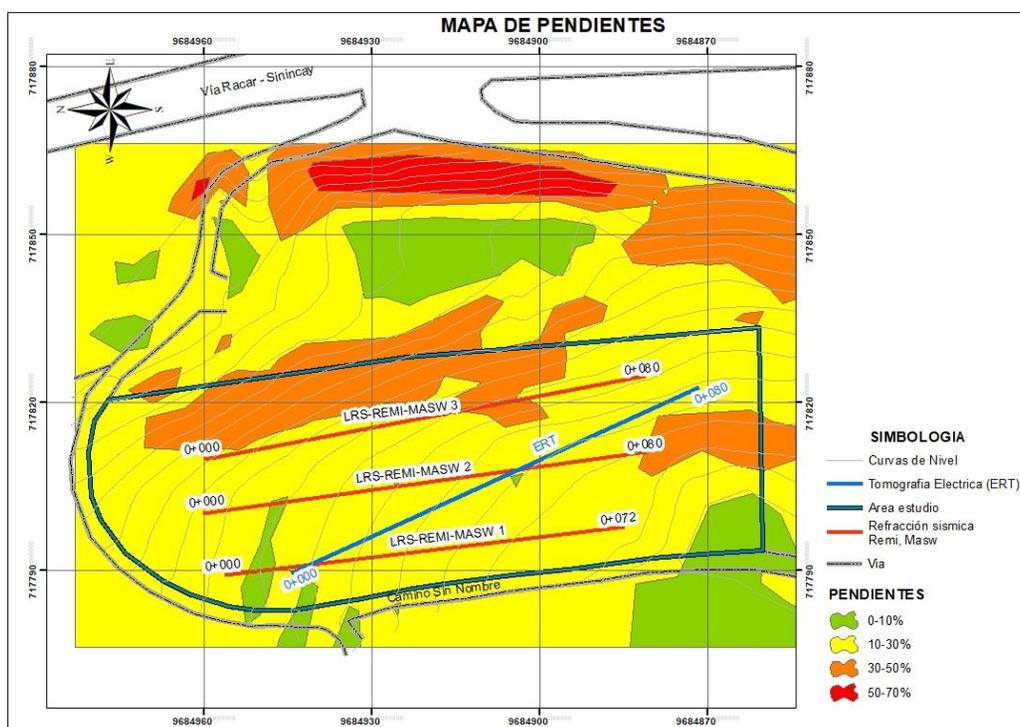
Nota. Elaboración propia

El predio de estudio está conformado por pendientes 0 a 70% (Véase, **Figura 41**). Por lo tanto, se optó por llevar a cabo las investigaciones en una región con pendientes moderadas, comprendidas entre el 10% y el 30%. Esto asegura que los perfiles geofísicos proporcionen

resultados con una baja variabilidad en las características de las capas del subsuelo, en concordancia con los datos obtenidos de los ensayos directos e indirectos realizados.

Figura 41

Mapa de pendientes



Nota. Elaboración propia

En la Tabla 11 se presenta las coordenadas geográficas de inicio y final de cada uno de los perfiles geofísicos, así como su longitud de tendido.

Tabla 11

Coordenadas sondeos Indirectos

N° Perfil Geofísico	SISTEMA DE COORDENADAS UTM				Longitud (m)
	INICIO		FINAL		
	Este	Norte	Este	Norte	
LRS/ REMI (1)	717789.23	9684956.24	717797.89	9684884.76	72
LRS/ REMI (2)	717800.24	9684960.12	717811.24	9684880.88	80
LRS/ REMI (3)	717809.84	9684959.78	717824.79	9684881.19	80

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 12 se presenta las coordenadas de los sondeos de SPT, así como su profundidad alcanzada.

Tabla 12

Coordenadas sondeos Directos

N° Ensayo	SISTEMA DE COORDENADAS UTM		Profundidad (m)
	Este	Norte	
SPT-1	717793.56	9684920.50	4.50
SPT-2	717805.74	9684920.50	4.50
SPT-3	717817.32	9684920.49	4.50

Nota. Elaboración propia

4.2. Procesamiento Perfil de Estudio N°1

4.2.1. Ensayo SPT-1

El ensayo de SPT se realizó utilizando un equipo manual de la marca Acker, siguiendo los lineamientos de la normativa ASTM D1586. Se lograron extraer muestras de suelo desde una profundidad inicial de 1.00 metros hasta alcanzar los 4.45 metros. A esta última profundidad, el ensayo se dio por concluido ya que el número de golpes necesarios para la penetración excedía los límites establecidos por la normativa, impidiendo así continuar con la perforación. Durante la ejecución del sondeo, se identificó un nivel freático a una profundidad de 2.30 metros.

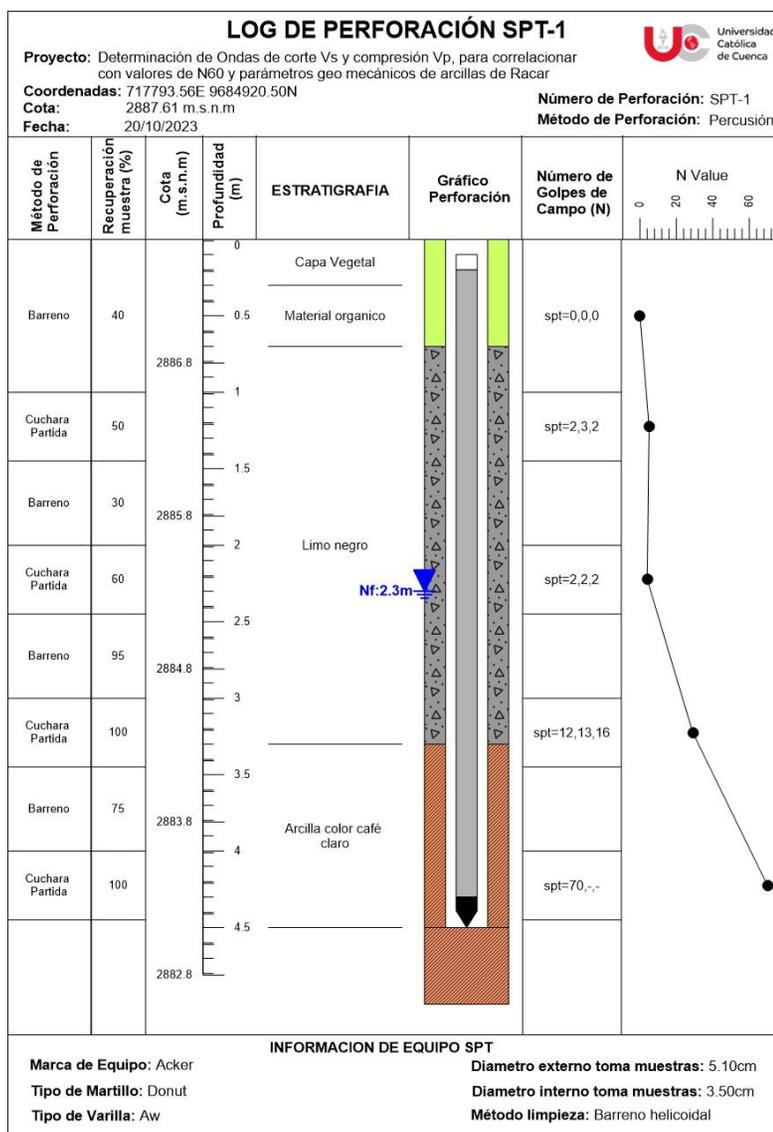
En el ensayo SPT-1 se identificó cuatro capas de suelo, la primera capa está conformada por una capa vegetal desde el nivel 0.00m hasta el nivel -0.30m, el segundo estrato es conformado por un suelo orgánico negro desde -0.30m hasta el nivel -0.70m, el tercer estrato contiene un suelo limoso de coloración negra con una compacidad media desde el nivel -0.70m hasta el nivel -3.30m, a partir de esta profundidad se identifica una arcilla color café claro con

clastos pequeños siendo su compacidad de compacta a dura hasta los 4.50m, profundidad donde el número de golpes supero las condiciones de la normativa Astm.

En la **Figura 42** se muestra el log de perforación donde se representa el método de perforación empleado a cada metro de sondeo, así como el porcentaje de muestra recuperada y el número de golpes registrados en campo.

Figura 42

Resultados de campo de ensayos SPT-1



Nota. Elaboración propia

A continuación, se presenta los resultados y procesamiento del ensayo SPT-1:

Tabla 13

Resultados SPT-1, N60.

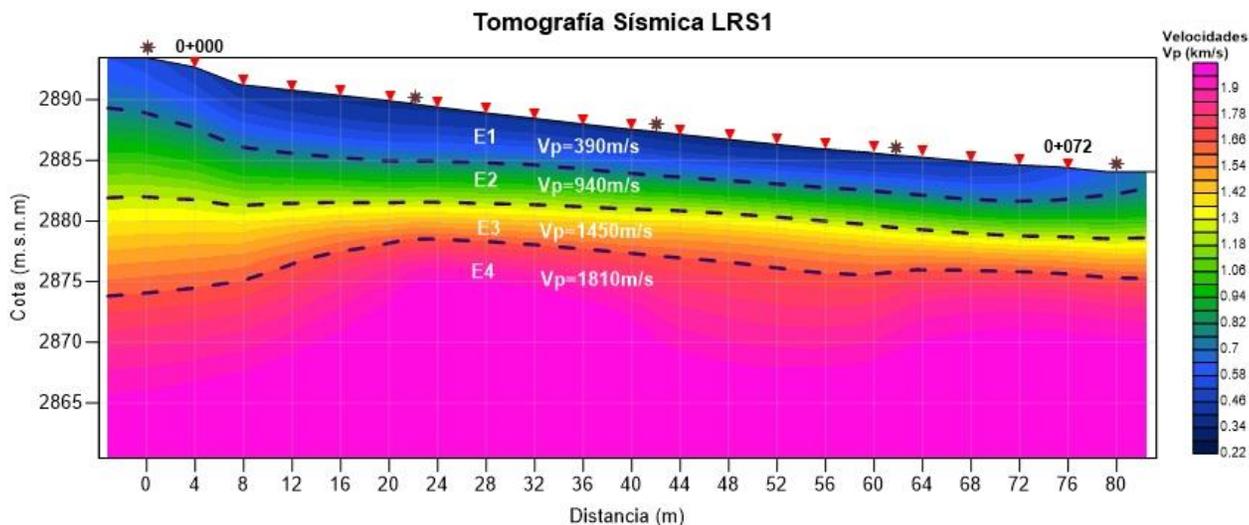
Profundidad (m)	SPT				Factores de Corrección, N ₆₀				
	15cm	30cm	45	Nm	n _H	n _B	n _S	n _R	N ₆₀
1.00-1.45	2	3	2	5	0.75	1	0.75	1	3
2.00-2.45	2	2	2	4	0.75	1	0.75	1	2
3.00-3.45	12	13	16	29	0.75	1	0.75	1	16
4.00-4.45	35	35	50	85	0.75	1	0.85	1	54

Nota. Elaboración propia

4.2.2. Interpretación Refracción sísmica LRS-1

Figura 43

Tomografía sísmica LRS-1



Nota. Elaboración propia

El perfil de tomografía sísmica LRS-1, con una longitud de 72 metros, con la distribución de 19 geófonos colocados cada 4.00m, en este perfil se identificó cuatro estratos distintos mediante su procesamiento. El primer estrato, compuesto por limo negro, presenta una velocidad de onda P (Vp) de 390 m/s y un espesor variado entre 3.00 y 5.00 metros. En el segundo estrato, formado principalmente por arcilla con una baja concentración de clastos pequeños, se registró

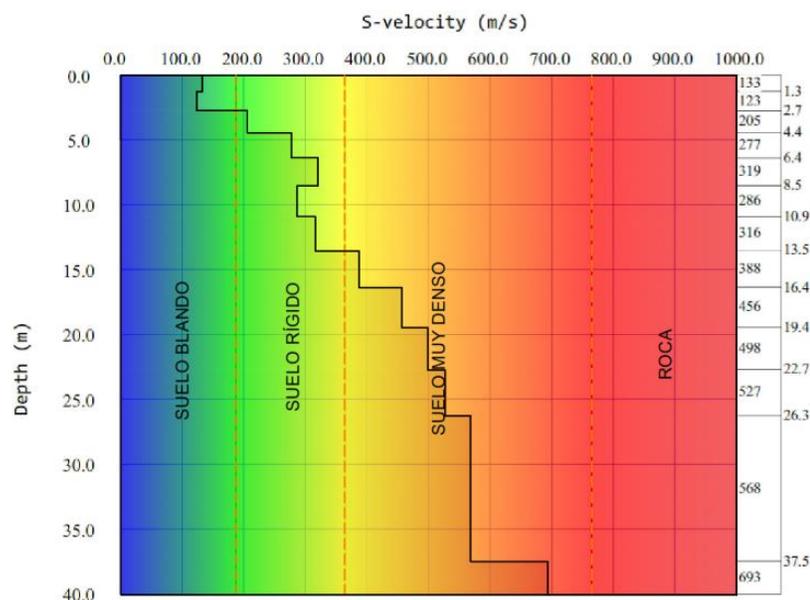
una velocidad V_p de 940 m/s y una profundidad de 6.00 a 9.45 metros. El tercer estrato, caracterizado por posibles lentes aluviales en una matriz arcillosa, muestra una velocidad V_p de 1450 m/s, extendiéndose desde una profundidad de 9.50 hasta 13.80 metros. Finalmente, a partir de esta última profundidad, se identifican posibles arcillas consolidadas con una mezcla de arena y rocas volcánicas, con una velocidad V_p de 1810 m/s.

4.2.3. Interpretación de perfil 1 V_s (Masw+Remi)

Se llevó a cabo un perfil de ondas de corte (V_s) a lo largo de un tendido de 72 metros, utilizando un total de 19 geófonos. Este perfil se realizó mediante una combinación de lecturas obtenidas del ensayo de análisis de ondas superficiales (MASW) y del ensayo de microtemores (REMI). En el caso del MASW, se generaron ondas artificiales golpeando una placa metálica con un martillo. Por otro lado, las lecturas de sismica pasiva provinieron del ensayo REMI el cual adquiere las velocidades V_s de la vibración natural del suelo. Esta metodología integrada permitió obtener un perfil detallado de las propiedades del subsuelo el cual se presenta en la **Figura 44.**

Figura 44

Perfil de velocidades de corte Vs. Perfil 1



Nota. Elaboración propia

De acuerdo con el perfil obtenido, se ha identificado la presencia de un suelo blando desde la superficie hasta una profundidad de 2.70 m. A continuación, desde los 2.70 m hasta los 13.50 m, se reconoció un suelo rígido. Más allá de esta profundidad, específicamente desde los 13.50 m hasta los 40.00 m, se caracterizó un suelo muy denso.

A continuación, se presenta la clasificación del suelo en función de la norma Nec casi como su velocidad V_{s30} .

Tabla 14

Clasificación V_{s30} Perfil 1

V_{s30} (m/s)	Tipo de Suelo	NEC	Periodo Fundamental
319	Suelo Rígido	D	0.38

Nota. Elaboración propia

4.3. Perfil de Estudio N°2

4.3.1. Ensayo SPT-2

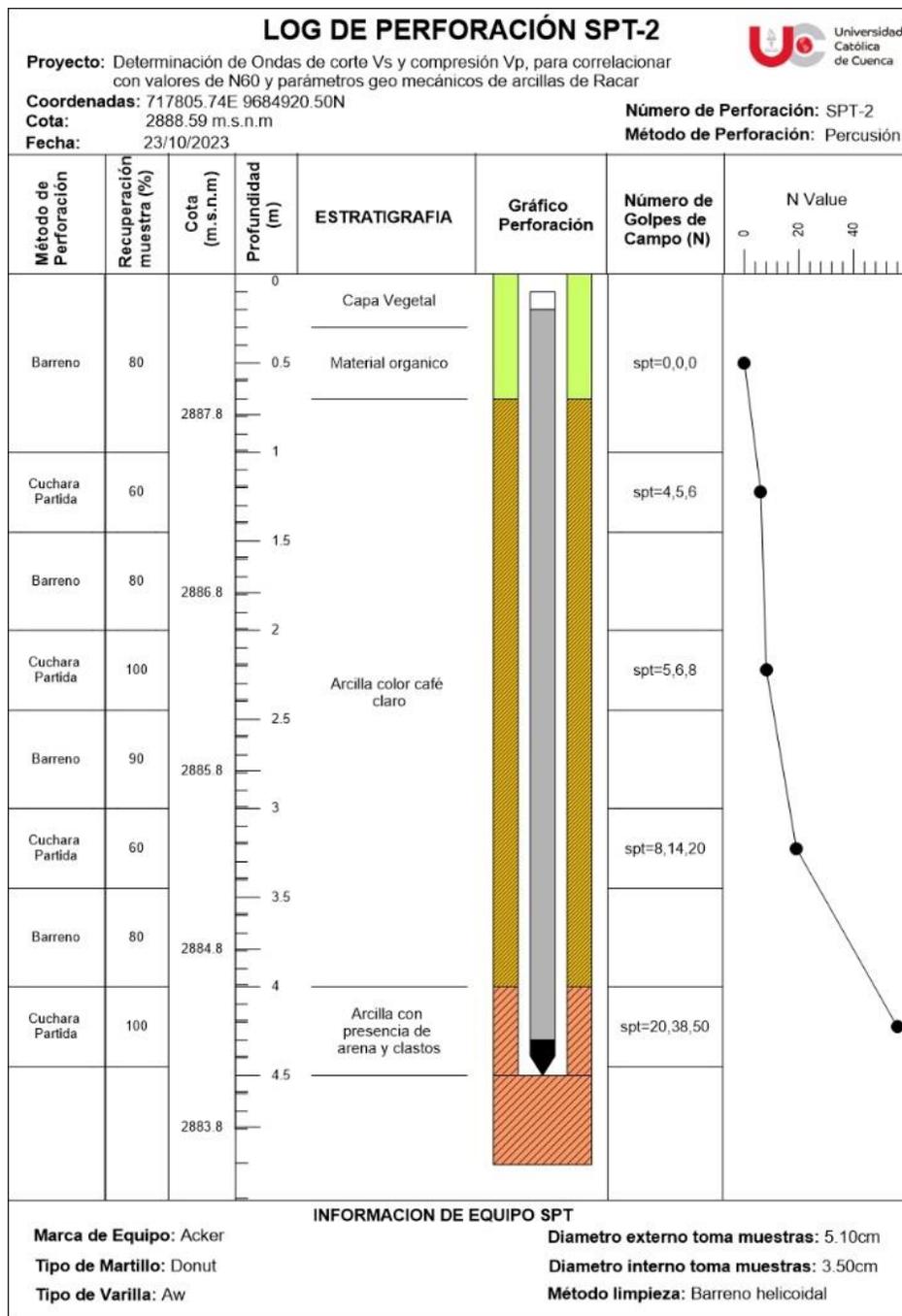
El ensayo de SPT-2 se llevó a cabo utilizando un equipo manual de la marca Acker, siguiendo los lineamientos de la normativa ASTM D1586. Se lograron extraer muestras de suelo desde una profundidad inicial de 1.00 metros hasta alcanzar los 4.45 metros. A esta última profundidad, el ensayo se dio por concluido ya que el número de golpes necesarios para la penetración excedía los límites establecidos por la normativa, impidiendo así continuar con la perforación. No se identificó nivel freático en el ensayo SPT.

En el ensayo SPT-2 se identificó cuatro capas de suelo, la primera capa está conformada por una capa vegetal desde el nivel 0.00m hasta el nivel -0.30m, el segundo estrato es conformado por un suelo orgánico negro desde -0.30m hasta el nivel -0.70m, el tercer estrato contiene un suelo arcilloso con bajo contenido de arena de coloración café claro con una compactación media a compacta desde el nivel -0.70m hasta el nivel -4.00m, a partir de esta profundidad se identifica una arcilla color café claro con presencia de arena y clastos siendo su compactación dura hasta los 4.50m, profundidad donde el número de golpes supero las condiciones de la normativa Astm.

En la **Figura 45** se muestra el log de perforación donde se representa el método de perforación empleado a cada metro de sondeo, así como el porcentaje de muestra recuperada y el número de golpes registrados en campo.

Figura 45

Resultados de campo de ensayo SPT-2

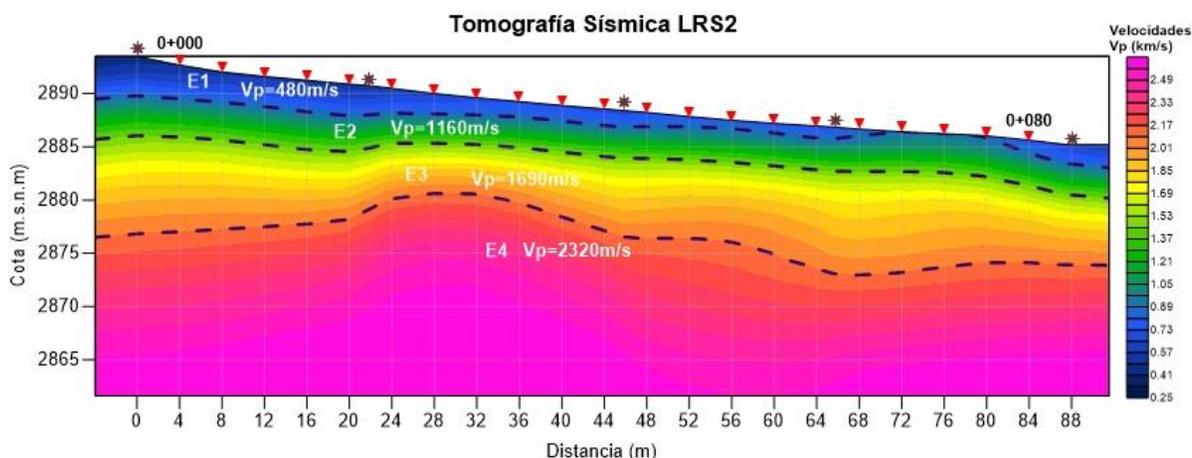


Nota. Elaboración propia

A continuación, se presenta los resultados y procesamiento del ensayo SPT-2:

Tabla 15*Resultados SPT-2, N60.*

Profundidad (m)	SPT				Factores de Corrección, N ₆₀				
	15cm	30cm	45	Nm	n _H	n _B	n _S	n _R	N ₆₀
1.00-1.45	4	5	6	11	0.75	1	0.75	1	6
2.00-2.45	5	6	8	14	0.75	1	0.75	1	8
3.00-3.45	8	14	20	34	0.75	1	0.75	1	19
4.00-4.45	20	38	50	88	0.75	1	0.85	1	56

Nota. Elaboración propia**4.3.2. Interpretación Refracción sísmica LRS-2****Figura 46***Tomografía sísmica LRS-2**Nota.* Elaboración propia

El perfil de tomografía sísmica LRS-2, con una longitud de 80 metros, con la distribución de 21 geófonos colocados cada 4.00 m, en este perfil se identificó cuatro estratos distintos mediante su procesamiento. El primer estrato, compuesto por una arcilla blanda, presenta una velocidad de onda P (Vp) de 480 m/s y un espesor variando entre 1.50 y 3.30 metros. En el segundo estrato, formado principalmente por arcilla con una baja concentración de clastos pequeños, se registró una velocidad Vp de 1160 m/s y una profundidad de 3.90 a 6.80 metros. El tercer estrato, caracterizado por posibles lentes aluviales en una matriz arcillosa, muestra una

velocidad V_p de 1690 m/s, extendiéndose desde una profundidad de 6.10 hasta 15.20 metros.

Finalmente, a partir de esta última profundidad, se identifican posibles arcillas consolidadas con una mezcla de arena y rocas volcánicas, con una velocidad V_p de 2320 m/s.

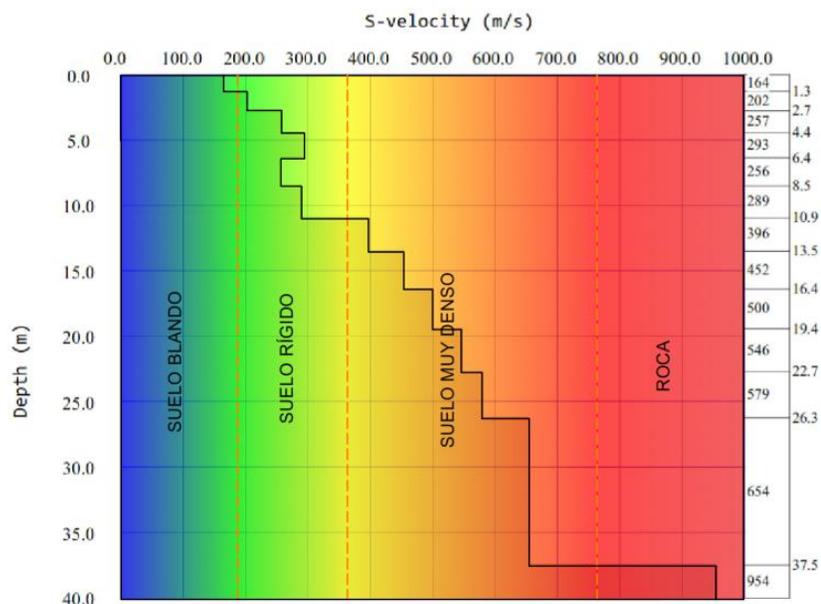
4.3.3. Interpretación de perfil 2 Vs (Masw+Remi)

Se llevó a cabo un perfil de ondas de corte (Vs) a lo largo de un tendido de 72 metros, utilizando un total de 21 geófonos. Este perfil se realizó mediante una combinación de lecturas obtenidas del ensayo de análisis de ondas superficiales (MASW) y del ensayo de microtremores (REMI). En el caso del MASW, se generaron ondas artificiales golpeando una placa metálica con un martillo. Por otro lado, las lecturas de sismica pasiva provinieron del ensayo REMI el cual adquiere las velocidades Vs de la vibración natural del suelo. Esta metodología integrada permitió obtener un perfil detallado de las propiedades del subsuelo el cual se presenta en la

Figura 47.

Figura 47

Perfil de velocidades de corte Vs. Perfil 2



Nota. Elaboración propia

De acuerdo con el perfil obtenido, se ha identificado la presencia de un suelo blando desde la superficie hasta una profundidad de 1.30 m. A continuación, desde los 1.30 m hasta los 10.90 m, se reconoció un suelo rígido. Más allá de esta profundidad hasta los 37.50 m, se caracterizó un suelo muy denso. A partir de los 37.50m hasta los 40.0m se identificó una posible roca.

A continuación, se presenta la clasificación del suelo en función de la norma Nec casi como su velocidad Vs30.

Tabla 16

Clasificación vs30 Perfil 2

Vs30 (m/s)	Tipo de Suelo	NEC	Periodo Fundamental
367	Suelo Muy denso	C	0.33

Nota. Elaboración propia

4.4. Perfil de Estudio N°3

4.4.1. Ensayo SPT-3

El ensayo de SPT-3 se llevó a cabo utilizando un equipo manual de la marca Acker, siguiendo los lineamientos de la normativa ASTM D1586. Se lograron extraer muestras de suelo desde una profundidad inicial de 1.00 metros hasta alcanzar los 4.45 metros. A esta última profundidad, el ensayo se dió por concluido ya que el número de golpes necesarios para la penetración excedía los límites establecidos por la normativa, impidiendo así continuar con la perforación. No se identificó nivel freático en el ensayo SPT.

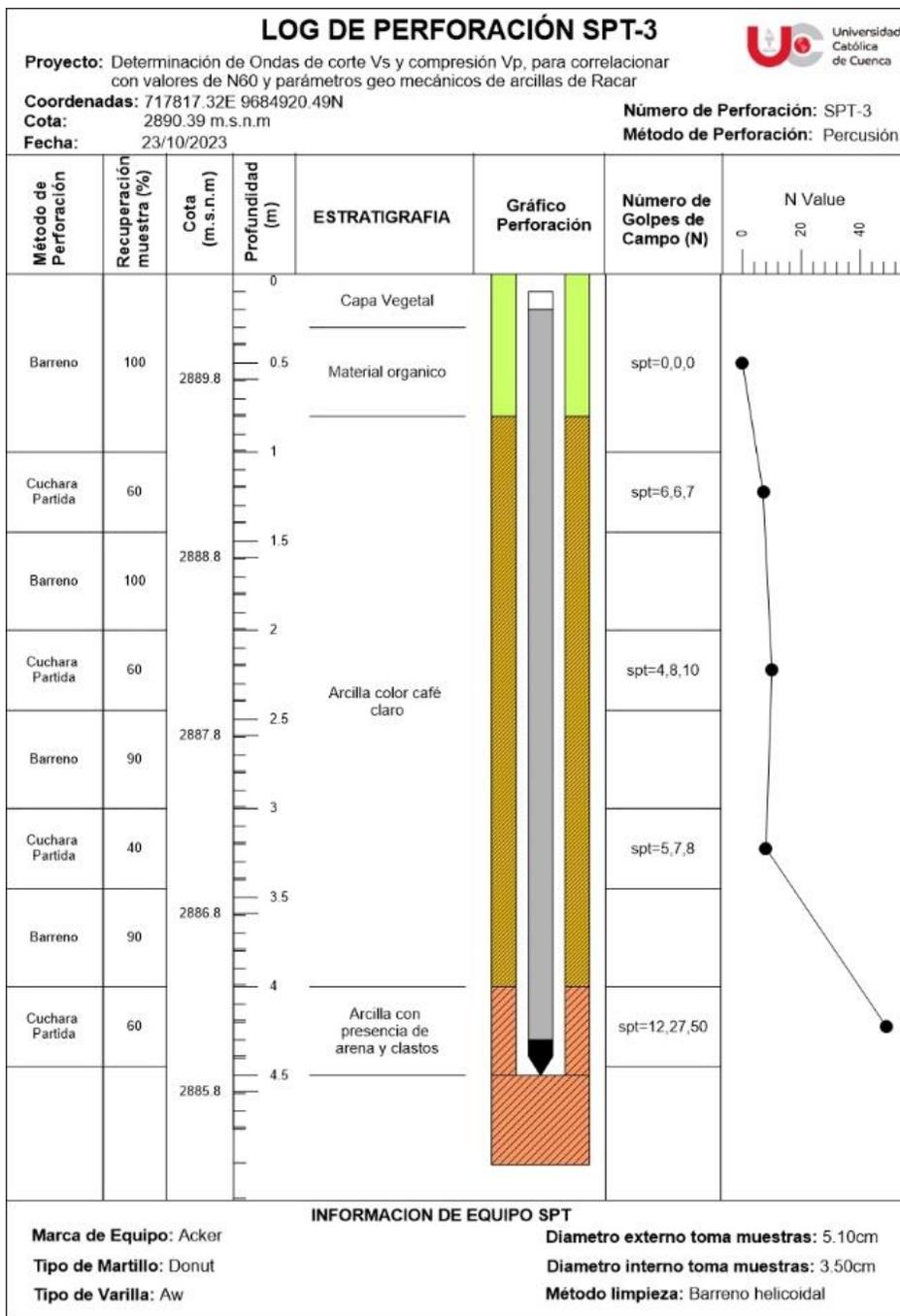
En el ensayo SPT-3 identificó cuatro capas de suelo, la primera capa está conformada por una capa vegetal desde el nivel 0.00m hasta el nivel -0.30m, el segundo estrato es conformado por un suelo orgánico negro desde -0.30m hasta el nivel -0.70m, el tercer estrato

contiene un suelo arcilloso con bajo contenido de arena de coloración café claro con una compacidad media desde el nivel -0.70m hasta el nivel -4.00m, a partir de esta profundidad se identifica una arcilla color café claro con presencia de arena y clastos siendo su compacidad dura hasta los 4.50m, profundidad donde el número de golpes supero las condiciones de la normativa Astm.

En la **Figura 48** se muestra el log de perforación donde se representa el método de perforación empleado a cada metro de sondeo, así como el porcentaje de muestra recuperada y el número de golpes registrados en campo.

Figura 48

Resultados de campo de ensayos SPT-3

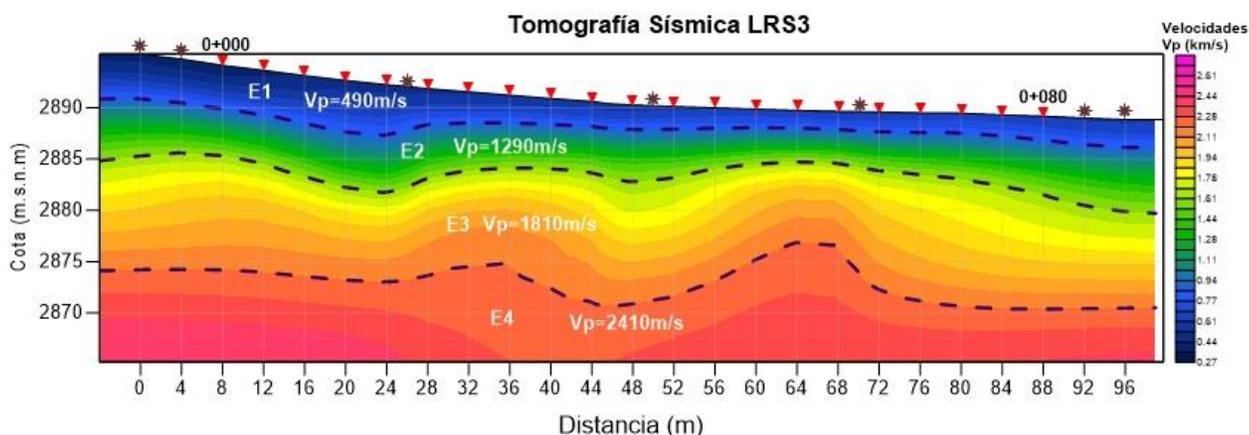


Nota. Elaboración propia

A continuación, se presenta los resultados y procesamiento del ensayo SPT-3:

Tabla 17*Resultados SPT-3, N60.*

Profundidad (m)	SPT			Nm	Factores de Corrección, N ₆₀				
	15cm	30cm	45		n _H	n _B	n _S	n _R	N ₆₀
1.00-1.45	6	6	7	13	0.75	1	0.75	1	7
2.00-2.45	4	8	10	18	0.75	1	0.75	1	10
3.00-3.45	5	7	8	15	0.75	1	0.75	1	8
4.00-4.45	12	27	50	77	0.75	1	0.85	1	49

Nota. Elaboración propia**4.4.2. Interpretación Refracción sísmica LRS-3****Figura 49***Tomografía sísmica LRS-3**Nota.* Elaboración propia

El perfil de tomografía sísmica LRS-3, con una longitud de 80 metros, con la distribución de 21 geófonos colocados cada 4.00m, en este perfil se identificó cuatro estratos distintos mediante su procesamiento. El primer estrato, compuesto por una arcilla blanda, presenta una velocidad de onda P (Vp) de 490 m/s y un espesor variando entre 1.50 y 4.20 metros. En el segundo estrato, formado principalmente por arcilla con una baja concentración de clastos pequeños, se registró una velocidad Vp de 1290 m/s y una profundidad de 5.00 a 10.50 metros. El tercer estrato, caracterizado por posibles lentes aluviales en una matriz arcillosa, muestra una

velocidad V_p de 1810 m/s, extendiéndose desde una profundidad de 13.20 hasta 21.00 metros. Finalmente, a partir de esta última profundidad, se identifican posibles arcillas consolidadas con una mezcla de arena y rocas volcánicas, con una velocidad V_p de 2410 m/s.

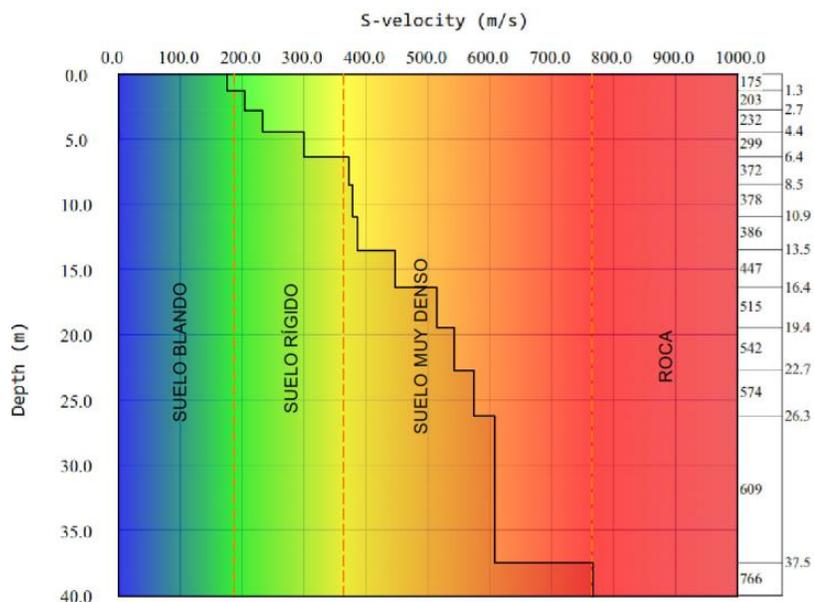
4.4.3. Interpretación de perfil 1 Vs (Masw+Remi)

Se llevó a cabo un perfil de ondas de corte (V_s) a lo largo de un tendido de 80 metros, utilizando un total de 21 geófonos. Este perfil se realizó mediante una combinación de lecturas obtenidas del ensayo de análisis de ondas superficiales (MASW) y del ensayo de microtemores (REMI). En el caso del MASW, se generaron ondas artificiales golpeando una placa metálica con un martillo. Por otro lado, las lecturas de sismica pasiva provinieron del ensayo REMI el cual adquiere las velocidades V_s de la vibración natural del suelo. Esta metodología integrada permitió obtener un perfil detallado de las propiedades del subsuelo el cual se presenta en la

Figura 50.

Figura 50

Perfil de velocidades de corte Vs. Perfil 3



Nota. Elaboración propia

De acuerdo con el perfil obtenido, se ha identificado la presencia de un suelo blando desde la superficie hasta una profundidad de 1.30 m. A continuación, desde los 1.30 m hasta los 6.40 m, se reconoció un suelo rígido. Más allá de esta profundidad hasta los 40.00 m, se caracterizó un suelo muy denso.

A continuación, se presenta la clasificación del suelo en función de la norma Nec casi como su velocidad Vs30.

Tabla 18

Clasificación vs30 Perfil 2

Vs30 (m/s)	Tipo de Suelo	NEC	Periodo Fundamental
386	Suelo Muy denso	C	0.31

Nota. Elaboración propia

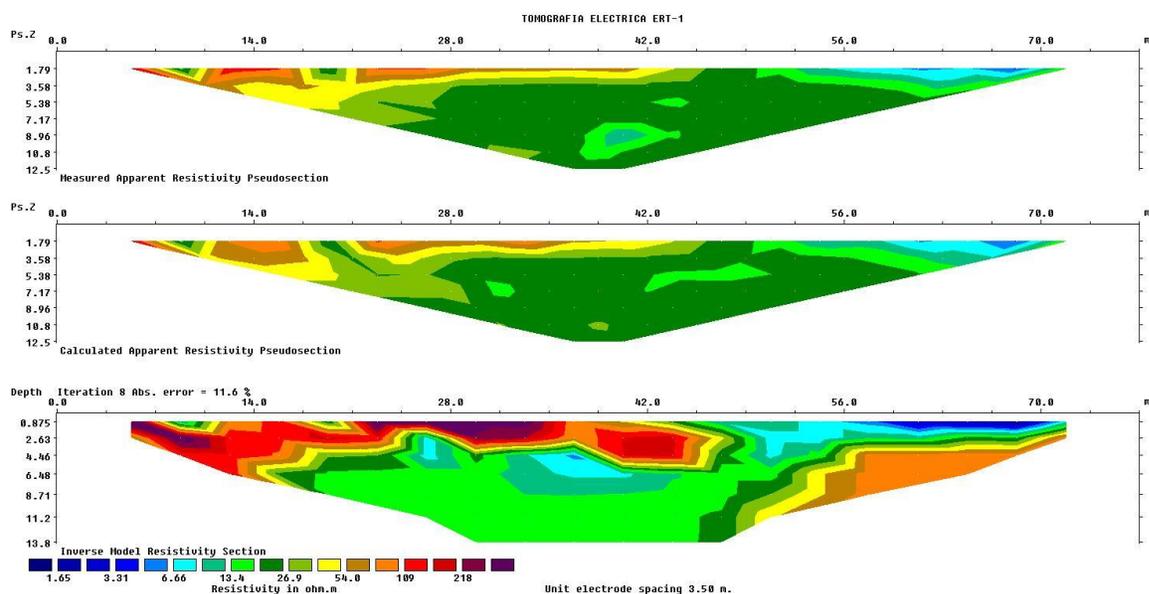
4.5. Resultados de tomografía eléctrica

El ensayo de tomografía eléctrica se realizó con un arreglo tipo Wenner en un perfil de 77m; en este arreglo se realizó con 23 electrodos de acero inoxidable colocados a una distancia equidistante de 3.50m entre cada uno.

Posterior a la adquisición de datos de campo se cargó los datos al software Res2Dinv con las configuraciones para el procesamiento mediante un perfil tipo Wenner con ajuste de perfil topográfico, con esta información se procedió a la inversión de datos de resistividad aparente para lograr un perfil de resistividades reales.

Figura 51

Perfil de inversión de datos

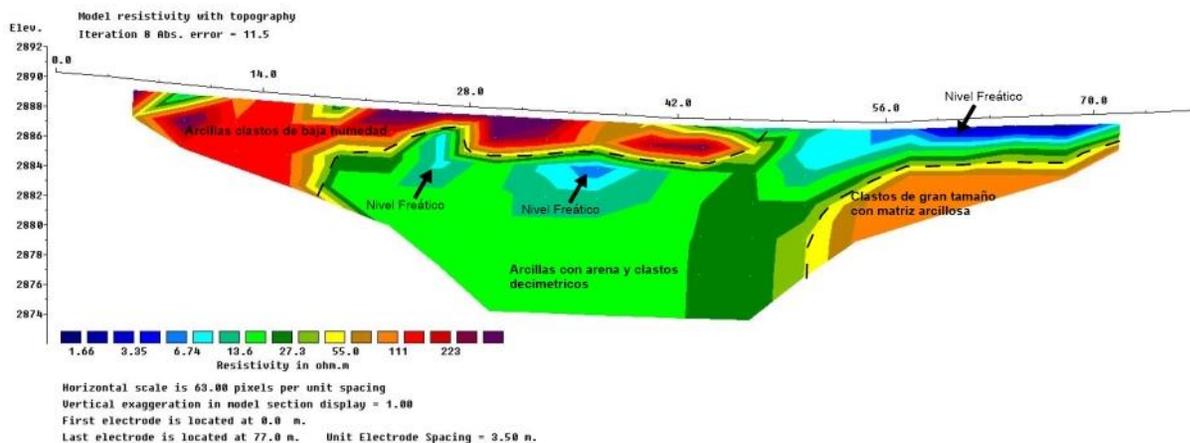


Nota. Elaboración propia

Luego de la inversión de datos, se obtuvo un perfil de resistividades reales en un rango de 1.20 Ohm-m a 225 Ohm-m. Con estos resultados se realizó la asociación de resistividades con valores típicos de suelos en investigaciones, así como su asociación con la geología local.

Figura 52

Perfil geo eléctrico



Nota. Elaboración propia

En la **Figura 52** se observa que el perfil de tomografía eléctrica ERT-1 exhibe resistividades en el rango de 1.20 ohm-m a 225 ohm-m. Se identifican tres capas representativas en este perfil. El primer estrato está compuesto por un material superficial con humedades medias a bajas, posiblemente constituido por materiales finos arcillas o limos con poca cantidad de clastos, presentando resistividades de 125 a 225 ohmios-m.

El segundo estrato está formado por arcillas con arena y clastos decimétricos con humedad media en gran parte de su estrato, con resistividades de 7 ohm-m a 45 ohm-m, sin embargo, se identifican la presencia de niveles freáticos que se manifiestan mediante resistividades bajas de 1.20 ohm-m a 7 ohm-m. Estos niveles freáticos se ubican a profundidades que varían entre 3 metros y 6 metros, abarcando las abscisas 26m, 38m y del 56 a 70 metros, en este último tramo se identificó el nivel freático por infiltraciones superficiales.

El tercer estrato está conformado por clastos de gran tamaño con matriz arcillosa con humedad baja, caracterizada por resistividades de 45 ohm-m a 125 ohm-m

4.6. Resumen de ensayos de laboratorio

Las pruebas de laboratorio se realizaron con las muestras recuperadas a las profundidades en las que se registró el recuento de golpes de campo. Las pruebas ejecutadas abarcaron mediciones del contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico y cortes directos. En la Tabla 19 se indica la cantidad de ensayos realizados en cada perfil de estudio.

Tabla 19

Cantidad de ensayos de Laboratorio

N° Perfil	Granulometrías	Límites de Atterberg	Humedad Natural	Corte Directo
1	4	4	4	4
2	4	4	4	4
3	4	4	4	4
4	-	-	-	-

Nota. Elaboración propia

4.6.1. Contenido de humedad natural

El contenido de humedad natural se determinó con las reglas de la norma ASTM D2216. El primer proceso es separar una muestra representativa de suelo por el tamiz N°4, posteriormente se procedió a colocar muestras del suelo tamizado en tres taras y se pesó en una balanza con precisión de .01g, determinado su peso inicial.

Figura 53

Pesado de suelo para humedad natural. SPT-1 2.45m

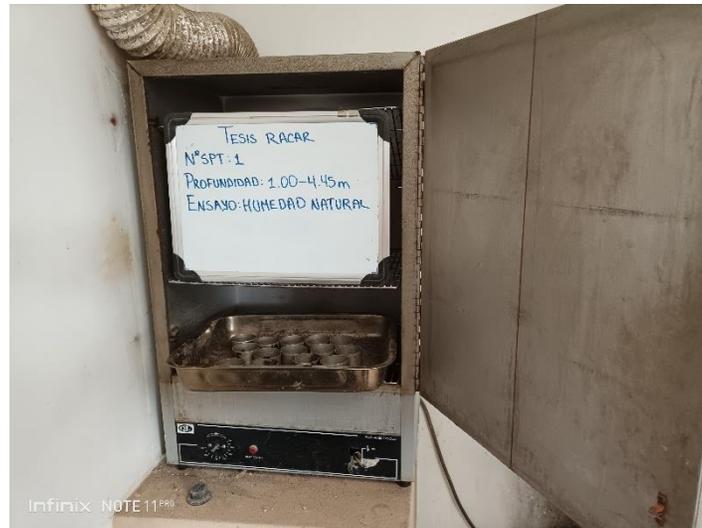


Nota. Elaboración propia

Después de determinar el peso inicial, se colocó en el horno para el secado a una temperatura de 105° C durante 24 horas. El último proceso fue pesar el suelo (peso final) para determinar el porcentaje de humedad natural.

Figura 54

Colocación de muestras de suelo en horno



Nota. Elaboración propia

4.6.2. Ensayo de granulometría

El ensayo de granulometría se realizó con 4 cuatro tamices los cuales cumplen con la norma ASTM D422, debido a que las muestras de suelo recuperadas no tienen gravas de gran tamaño, los tamices utilizados para el ensayo son:

- Tamiz N°4 (4.76mm)
- Tamiz N°10 (2.00mm)
- Tamiz N°40 (0.425mm)
- Tamiz N°200 (0.075mm)

El primer proceso es pesar una muestra representativa de suelo seco y colocar en la distribución de tamices con un fondo, luego se coloca en la tamizadora mecánica por 1min.

Figura 55

Muestras de suelo y tamices utilizados



Nota. Elaboración propia

Posterior al tamizado se pesa la cantidad de suelo retenido en cada tamiz y la cantidad que pasa al fondo metálico. La muestra retenida por el tamiz N°200 se realiza un lavado, con el objetivo de determinar la cantidad de arena.

Figura 56

Lavado de muestras en tamiz 200



Nota. Elaboración propia

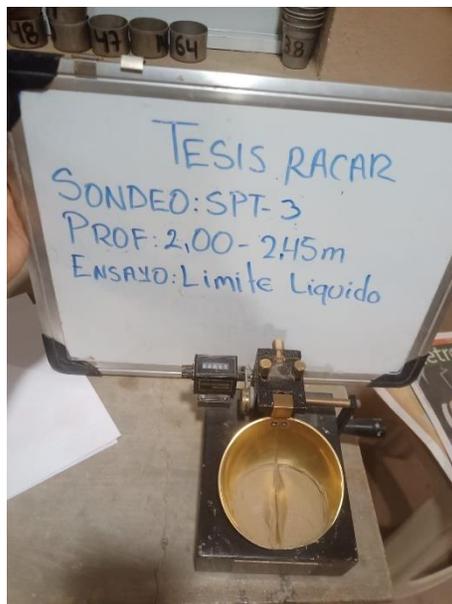
Con la información se procedió a la tabulación mediante el programa Excel para determinar su curva granulométrica y obtener el porcentaje de gravas, arenas y finos.

4.6.3. Límite líquido

Para este ensayo se realizó un tamizado con suelo seco con el tamiz N°40 y se procedió a humedecer con agua hasta obtener una textura óptima para que el primer punto de prueba en la cuchara de casa grande de un total de 8 a 12 golpes, luego se secó la muestra de suelo con la ayuda de suelo seco y batiendo en un recipiente, para lograr que el siguiente conteo nos dé un incremento del número 6 a 10 golpes. En este proyecto el limite liquido se realizó con 5 de prueba en la cuchara de Casagrande en cada muestra de suelo.

Figura 57

Muestras de suelo húmeda en cuchara de casagrande



Nota. Elaboración propia

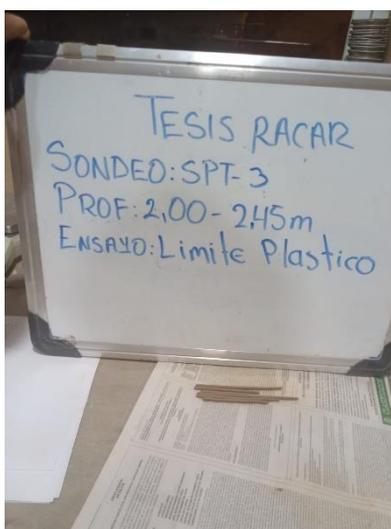
Una vez determinado los 5 puntos de ensayo, las muestras de suelo se colocan en un horno a una temperatura 100 °C durante 24 horas, para luego obtener su peso y humedad final.

4.6.4. Límite Plástico

Con la muestra de suelo separada por el tamiz N° 40 del ensayo de límite líquido se humedeció el suelo y se mezcló hasta obtener la textura de suelo para que al momento de realizar las rueditas en forma de cuica se agrieten a una abertura de aproximadamente de 3mm, Posteriormente las muestras se pesaron y se colocaron el horno a una temperatura de 100 °C durante 24 horas, para luego obtener su peso y humedad final.

Figura 58

Muestra de ensayo limite liquido



Nota. Elaboración propia

4.6.5. Corte directo

El ensayo de corte directo se realizó con 3 muestras remoldeadas de suelos por cada profundidad de ensayo, estas muestras son circulares con un diámetro de 6.2cm. A cada muestra se colocó dentro de un anillo partido al cual se le aplicó un desplazamiento horizontal y una carga axial determinada.

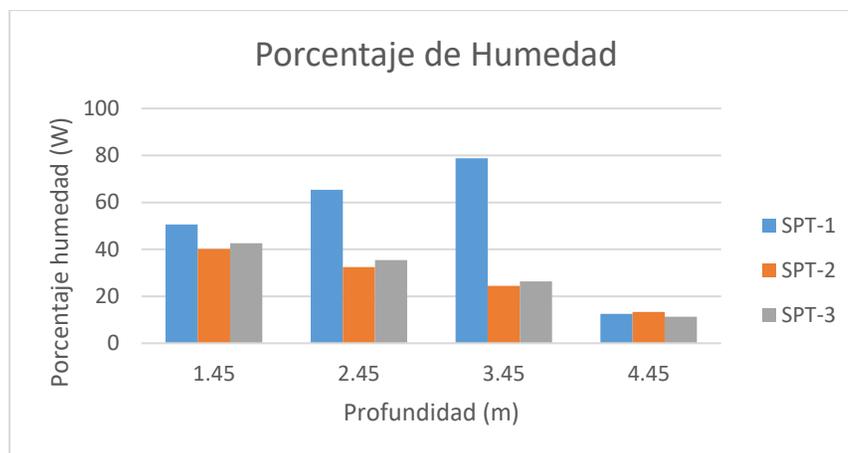
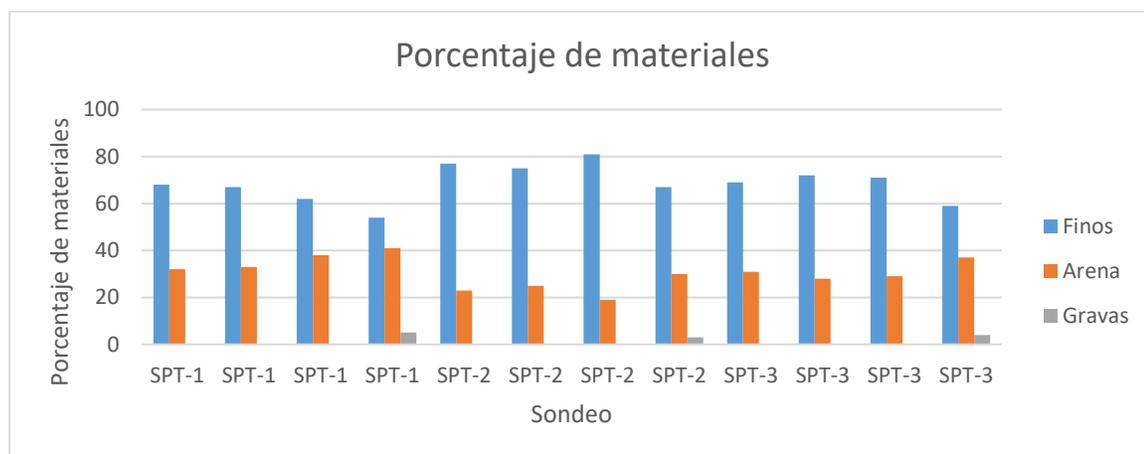
Figura 59*Ensayo de corte directo**Nota.* Elaboración propia**4.6.6. Resultados de ensayos de laboratorio**

En función de los ensayos de clasificación de suelos se obtuvo los siguientes parámetros físicos:

Tabla 20*Resultados de ensayos de clasificación de ensayos SPT*

N° Sondeo	Prof. (m)	Gravas (%)	Arena (%)	Finos (%)	Humedad (%)	Limite Líquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice de Plasticidad (%)	SUCS
1	1.00-1.45	0	32	68	50.59	57.61	42.20	15.40	MH
1	2.00-2.45	0	33	67	65.33	58.94	40.72	18.22	MH
1	3.00-3.45	0	38	62	78.78	32.84	24.50	8.33	ML
1	4.00-4.45	5	41	54	12.50	30.36	20.79	9.57	CL
2	1.00-1.45	0	23	77	40.21	48.86	18.90	30.77	CL
2	2.00-2.45	0	25	75	32.43	62.05	28.52	33.53	CH
2	3.00-3.45	0	19	81	24.49	62.85	26.10	36.76	CH
2	4.00-4.45	3	30	67	13.28	62.19	24.30	37.89	CH
3	1.00-1.45	0	31	69	42.57	70.05	28.30	41.75	CH
3	2.00-2.45	0	28	72	35.36	65.78	24.90	40.88	CH
3	3.00-3.45	0	29	71	26.40	61.12	27.21	33.92	CH
3	4.00-4.45	4	37	59	11.29	57.10	22.31	34.79	CH

Nota. Elaboración propia

Figura 60*Gráfica porcentaje de humedad**Nota. Elaboración propia***Figura 61***Gráfica distribución de tipo de materiales**Nota. Elaboración propia*

Como se puede observar los resultados de la zona de estudio están conformado en su mayoría de finos entre arcillas y limos, estos suelos contienen porcentajes de arena de hasta un 40% y poca cantidad de gravas.

En el SPT-1 se encuentran limos negros que son capaces de almacenar gran cantidad de humedad con respecto a las arcillas. Por lo que estas muestras de limos serán excluidas para las correlaciones.

A continuación, se presenta los parámetros geo mecánicos obtenidos mediante el ensayo de corte directo

Tabla 21

Resultados de ensayos de corte directo

N° Sondeo	Prof. (m)	Peso Específico (g/cm ³)	Cohesión (kg/cm ²)	Angulo de Fricción (°)
1	1.00-1.45	1.39	0.21	10
1	2.00-2.45	1.37	0.18	7
1	3.00-3.45	1.59	0.33	14
1	4.00-4.45	1.82	0.48	7
2	1.00-1.45	1.46	0.23	16
2	2.00-2.45	1.49	0.25	3
2	3.00-3.45	1.62	0.31	12
2	4.00-4.45	1.83	0.45	6
3	1.00-1.45	1.48	0.25	13
3	2.00-2.45	1.52	0.28	15
3	3.00-3.45	1.50	0.30	13
3	4.00-4.45	1.82	0.52	8

Nota. Elaboración propia

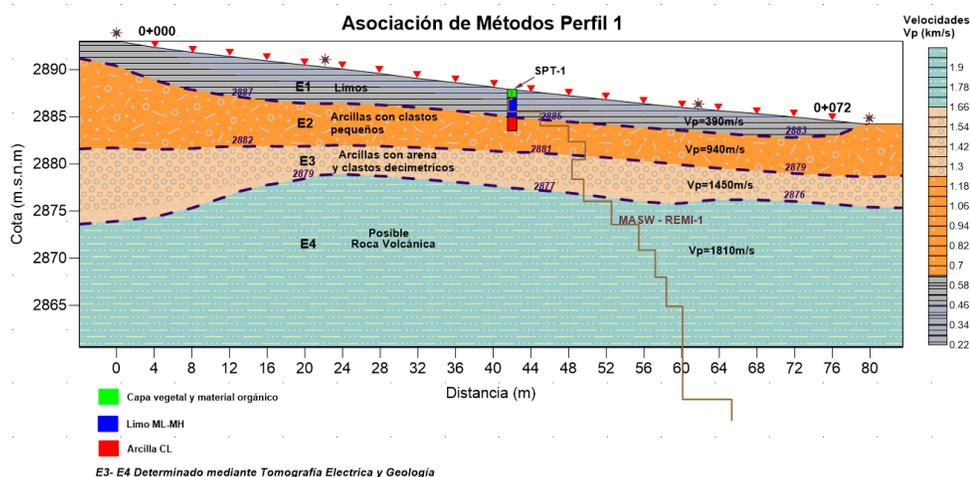
ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

5.1. Integración de métodos de estudio

Con la información adquirida en campo y de laboratorio se integra los métodos de ensayo para una adecuada apreciación y descripción de los estratos de la zona de estudio.

Figura 62

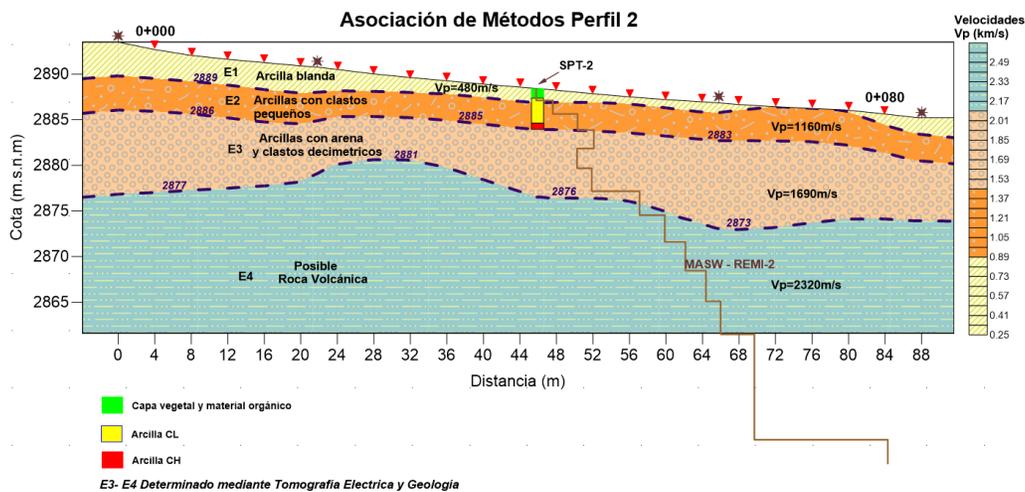
Asociación de métodos Perfil 1



Nota. Elaboración propia

Figura 63

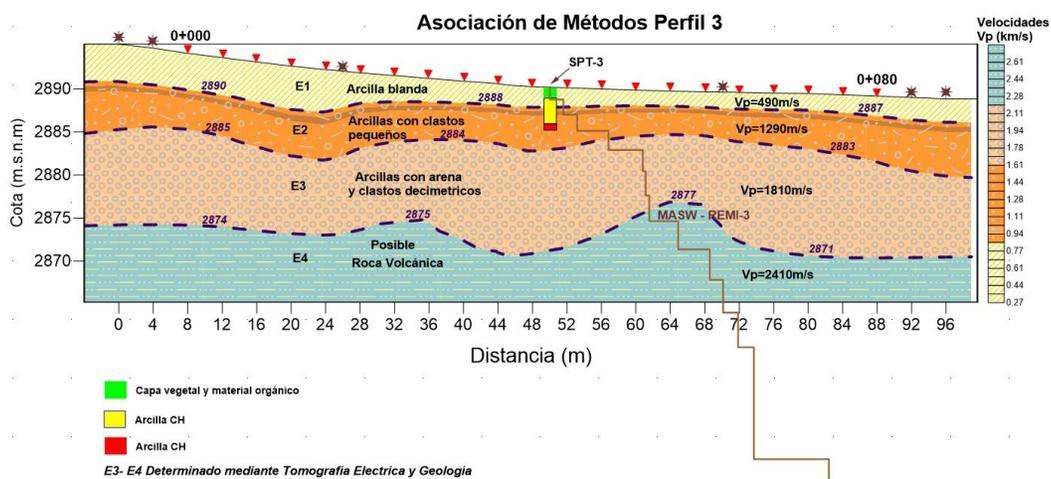
Asociación de métodos Perfil 2



Nota. Elaboración propia

Figura 64

Asociación de métodos Perfil 3



Nota. Elaboración propia

En la **Figura 62**, **Figura 63**, **Figura 64** se presenta la integración de métodos geofísicos y ensayos SPT. A partir de esta información, se identificaron cuatro estratos en cada perfil de estudio. El primer estrato del perfil 1 está compuesto por una capa de limo con alta humedad y la presencia de un nivel freático. En cambio, en el primer estrato de los perfiles 2 y 3, se clasifica como arcilla. Estas dos capas superficiales presentan una compacidad blanda, según el perfil de velocidades de corte V_s y el número de golpes registrados en el ensayo SPT.

El segundo estrato en la zona de estudio está conformado por arcilla con clastos pequeños, cuyas propiedades varían con la profundidad, como se demostró en los ensayos granulométricos. En este estrato, las velocidades de onda P oscilan entre 650 m/s y 1610 m/s. Al alcanzar estas velocidades, se indica que el suelo está compacto. Esto se confirmó mediante los ensayos SPT, que registraron un número de golpes superior a 50 en un tramo de 15 cm de perforación, marcando así la finalización del ensayo de perforación a una profundidad de 4.45 metros.

El tercer estrato se clasifica como una arcilla con clastos de tamaño decimétrico a partir de la cota 2886 m.s.n.m como se muestra en la **Figura 63**, en este estrato no fue posible recuperar muestras con el ensayo de SPT, por lo que se clasifico en función de las velocidades de ondas de compresión V_p y corte V_s , correlacionando con las resistividades obtenidas en el perfil de tomografía eléctrica y la geología.

La cuarta capa está compuesta posiblemente por rocas volcánicas desde la cota 2881 m.s.n.m como se muestra en la **Figura 64**, en este estrato no se recuperó muestra con ensayos directos, y se clasifico de acuerdo con la descripción geológica y en correlación con las altas velocidades obtenidas en el ensayo de refracción sísmica y el perfil de velocidades de corte V_s .

5.2. Tabulación de datos

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de campo (ensayos geofísicos y SPT) y de laboratorio (humedad natural, granulometría, límites de atterberg y corte directo) expuestos en capítulos anteriores, con esta información se procede a correlacionar los resultados en función del espesor del estrato y la clasificación del tipo de suelo.

Con estos datos mencionados se elaboró una tabla de tabulación con los parámetros a correlacionar, las ecuaciones a deducir serán las siguientes:

Valor N_{60} en función de la velocidad de compresión V_p .

Valor de N_{60} en función de la velocidad de corte V_s .

N_{60} en función del ángulo de fricción.

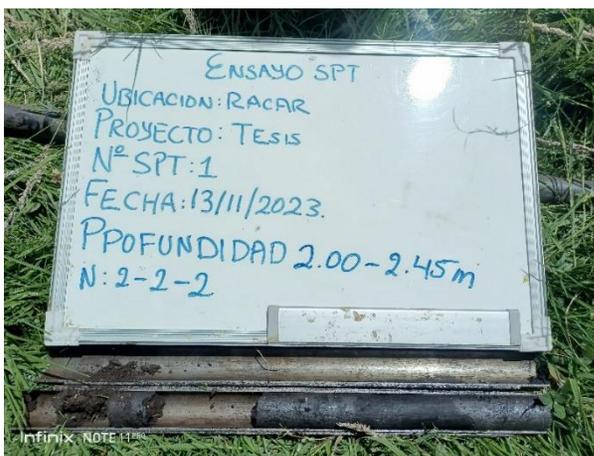
N_{60} en función de la cohesión.

Tabla 22*Resultados de parámetros de estudio*

N° Sondeo	Prof. (m)	SUCS	N60	Cohesión (kg/cm ²)	Ángulo de Fricción	Vp (m/s)	Vs (m/s)
1	1.00-1.45	MH	3	0.21	10	220	133
1	2.00-2.45	MH	2	0.18	7	380	123
1	3.00-3.45	ML	16	0.33	14	620	205
1	4.00-4.45	CL	54	0.48	7	1090	277
2	1.00-1.45	CL	6	0.23	16	410	164
2	2.00-2.45	CH	8	0.25	3	710	202
2	3.00-3.45	CH	19	0.31	12	1050	257
2	4.00-4.45	CH	56	0.45	6	1370	293
3	1.00-1.45	CH	7	0.25	13	380	175
3	2.00-2.45	CH	10	0.28	15	750	203
3	3.00-3.45	CH	8	0.30	13	1000	232
3	4.00-4.45	CH	49	0.52	8	1310	299

Nota. Elaboración propia

Con la información obtenida de la integración de métodos y la tabulación de los resultados de los ensayos realizados se descarta las muestras del SPT -1 hasta la profundidad de 3.45m debido a que clasifica como un limo lo que alteraría las correlaciones finales que se basan en el análisis a arcillas.

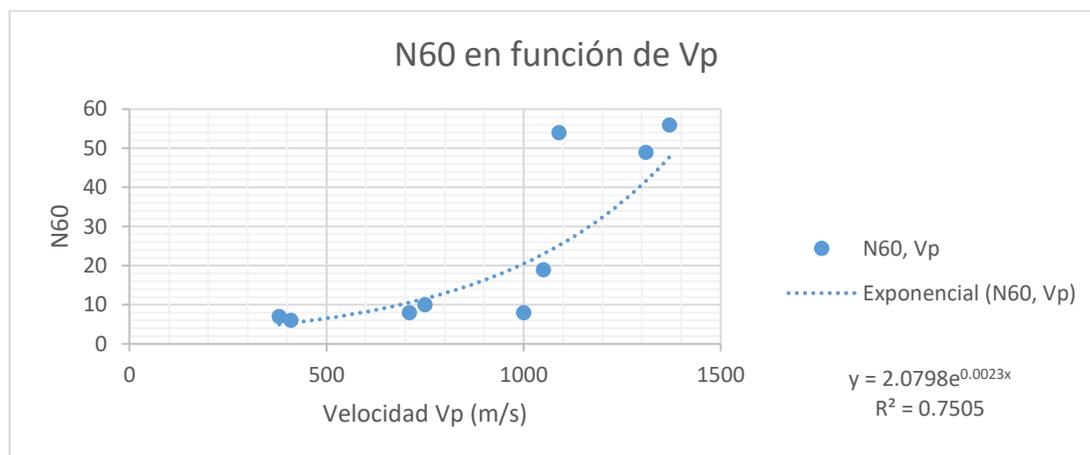
Figura 65*Muestra de profundidad de 2.45m. SPT-1**Nota.* Elaboración propia

5.3. Análisis de N60 en función de velocidad Vp

Con la información tabulada de la Tabla 22 se realiza la correlación entre pares de datos de los valores de N60 del SPT con la velocidad de compresión Vp.

Figura 66

N60 SPT en función de Vp



Nota. Elaboración propia

A continuación, se presenta la ecuación derivada de la correlación de N60 y velocidad VP:

$$N60 = 2.0798e^{0.0023Vp}$$

La fórmula que se ha adquirido incorpora un factor de ajuste del 75% el cual tiene un grado de aceptación de muy buena, basado en una ecuación exponencial. Durante el procesamiento, se descartaron las velocidades de las ondas de compresión provenientes del ensayo de refracción sísmica en el perfil 1, hasta una profundidad de 3.50 metros. Esta decisión se tomó debido a que las características del suelo se clasifican como limoso desde la superficie hasta esa profundidad. Además, es importante tener en cuenta que el ensayo de Penetración

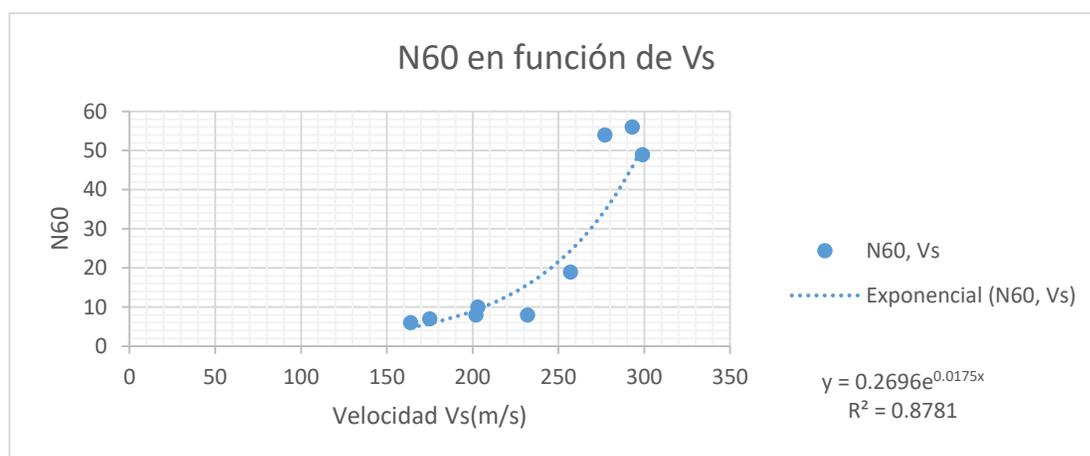
Estándar (SPT) se restringe a un máximo de 50 golpes en el sitio. Por lo tanto, la velocidad máxima de onda P (V_p) se determinará en función del valor máximo del número de golpes corregido (N60).

5.4. Análisis de N60 en función de velocidad V_s

Con la información tabulada de la Tabla 22 se realiza la correlación entre el valor de N60 del SPT con la velocidad de compresión VP.

Figura 67

N60 SPT en función de V_s



Nota. Elaboración propia

A continuación, se presenta la ecuación derivada de la correlación de N60 y velocidad V_s :

$$N60 = 0.2696e^{0.0175V_s}$$

La fórmula que se ha adquirido incorpora un factor de ajuste del 88% con un grado de aceptación de satisfactoria, basado en una ecuación exponencial. Durante el procesamiento, se descartaron las velocidades de las ondas de compresión provenientes del perfil de velocidades de corte obtenidas de la combinación del ensayo Masw y Remi del perfil 1, hasta una profundidad de 3.50 metros. Esta decisión se tomó debido a que las características del suelo se clasifican

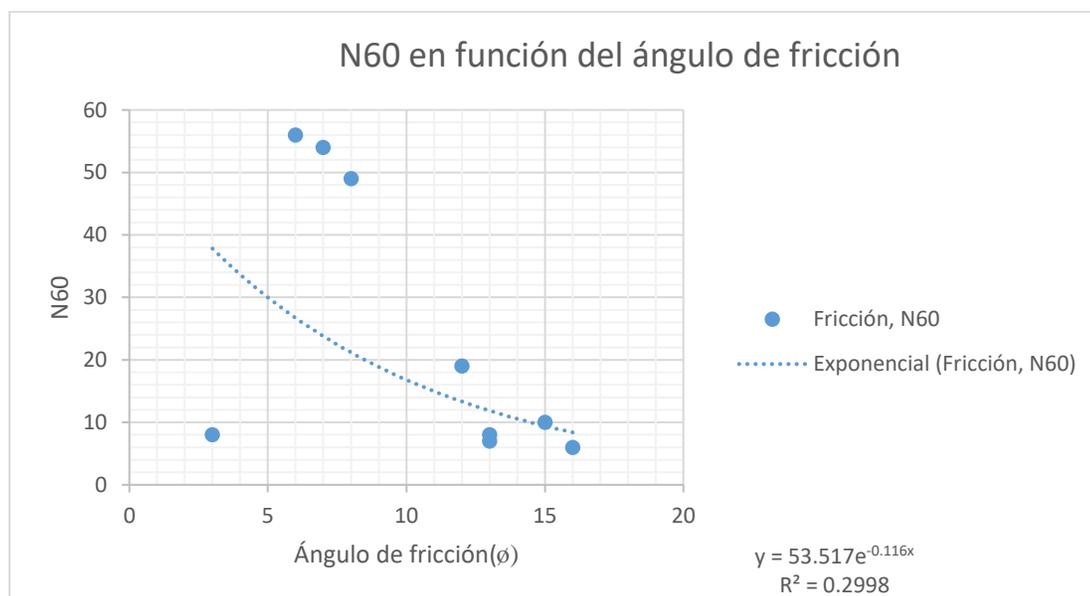
como limoso desde la superficie hasta esa profundidad. Además, es importante tener en cuenta que el ensayo de Penetración Estándar (SPT) se restringe a un máximo de 50 golpes en el sitio; por lo tanto, la velocidad máxima de corte S (V_s) se determinará en función del valor máximo del número de golpes corregido (N60). Debido a que si se considera una velocidad de onda de corte que supere los 50 golpes en la fórmula de correlaciones puede presentar información errónea.

5.5. Análisis de N60 en función del ángulo de fricción

Con la información tabulada de la Tabla 22 se realiza la correlación entre el valor de N60 del SPT con el ángulo de fricción.

Figura 68

N60 SPT en función del ángulo de fricción



Nota. Elaboración propia

A continuación, se presenta la ecuación derivada de la correlación de N60 y ángulo de fricción:

$$N60 = 53.517e^{-0.116\phi}$$

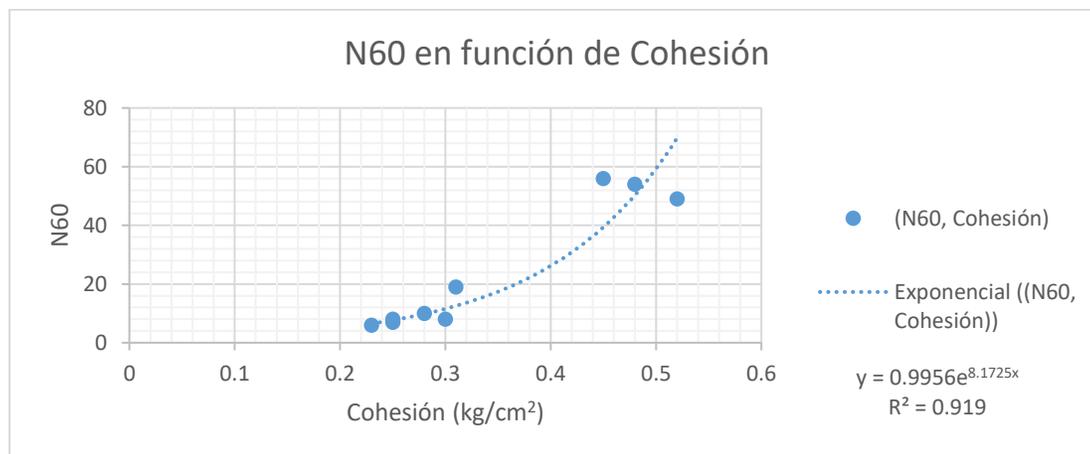
La fórmula que se ha adquirido incorpora un factor de ajuste del 30% con un grado de aceptación por debajo de lo regular, basado en una ecuación exponencial. Sin embargo, esta ecuación presenta un valor bajo de factor de ajuste debido a que son suelos arcillosos y el ángulo de fricción en estos suelos tiende a cero, además la variación de los resultados de ángulo de fricción se debe a los diferentes porcentajes de humedad, gravas y arenas presentes en cada muestra de suelo.

5.6. Análisis de N60 en función del ángulo de fricción

Con la información tabulada de la Tabla 22 se realiza la correlación entre el valor de N60 del SPT con la cohesión.

Figura 69

N60 SPT en función de la cohesión



Nota. Elaboración propia

A continuación, se presenta la ecuación derivada de la correlación de N60 y la cohesión:

$$N60 = 0.9956e^{8.1725C}$$

La fórmula que se ha adquirido incorpora un factor de ajuste del 92% con un grado de aceptación de excelente, basado en una ecuación exponencial. Esto nos presenta un valor de ajuste muy bueno debido a la mayoría de suelos clasifican como arcillas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

El área de estudio se encuentra dentro de los Depósitos de Piemonte, por esta razón las capas identificadas no son homogéneas, debido al arrastre producidas de la parte alta de las montañas a lo largo de la historia, esta información se corrobora con los ensayos geofísicos.

En base a los ensayos geofísicos se reconocen bloques de gran tamaño y posibles rocas volcánicas que serían provenientes de la formación vecina Saraguro, en los estratos 3 y cuatro.

En la zona de estudio se encontraron 5 estratos representativos los cuales se presentan a continuación:

Nº Perfil	Estrato	Tipo de suelo Nec	Vp (m/s)
1	Limos	Blando	390
1,2,3	Arcillas blandas	Blando	480-490
1,2,3	Arcillas con poca cantidad de clastos	Rígido	1160-1290
1,2,3	Arcillas con arenas y clastos decimétricos	Muy denso	1450-1810
1,2,3	Posibles rocas volcánicas	Muy denso	1810-2410

De acuerdo a los ensayos de laboratorio y la caracterización SUCS las muestras de suelo recuperadas del ensayo SPT, clasifican como arcillas (CH- CL) y limos (MH- ML), con un porcentaje promedio de 31% de arenas y un 5% de gravas.

El área de estudio clasifica como suelo tipo C en los perfiles 2 y 3 con un periodo fundamental de 0.31 a 0.33 segundos. En el perfil 1 clasifica con un suelo tipo D con un periodo fundamental de 0.38 seg, el cual puede estar diferenciado de los otros perfiles por tener una capa de limo negro muy blando y la presencia del nivel freático.

La geología de la zona ha sido muy importante en la determinación de los parámetros y ecuaciones que se comportan de manera exponencial, debido que, a más profundidad de ensayo

se tiene mayor porcentaje de arenas y clastos, obteniéndose resultados que evidencian un comportamiento de manera más rígida.

Las ecuaciones de correlación determinadas, muestran un grado de aceptación que va desde muy bueno hasta excelente, con la excepción de la correlación entre el valor de N_{60} y el ángulo de fricción, por lo que no se recomienda su utilización.

En la presente investigación se recuperaron muestras y se ensayaron hasta una profundidad de 4.50 metros, por lo que las ecuaciones podrán ser aplicables a estratos superficiales que presenten similares condiciones.

6.2. Recomendaciones

En el caso de estudio similares se recomienda realizar ensayos de triaxial para tener una mejor aproximación entre los parámetros de cohesión y ángulo de fricción.

Se recomienda realizar un estudio en un área mucho más extensa con una mayor cantidad de ensayos para ajustar de mejor manera las ecuaciones de correlación.

Se recomienda realizar perforaciones a rotación, para obtener muestras con profundidades mayores a 10m para caracterizar los estratos profundos y correlacionar con las velocidades de onda P y S.

Se recomienda realizar ensayos de expansión libre y controlada para determinar el comportamiento de las arcillas en las zonas saturadas con nivel freático.

Se recomienda realizar un sistema de drenajes en las zonas saturadas para eliminar el nivel freático y evitar problemas de asentamientos diferenciales en construcciones futuras.

Capítulo V BIBLOGRAFIA

Aguirre Mejía, V. A., & Yépes Andino, S. E. (2019). *Manual de laboratorio para los ensayos de propiedades físicas y mecánicas de los suelos*.

<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17839>

Alata Rodriguez, J. A., & Zevillanos Ninancuro, W. (2021). *Correlación entre el número de golpes N60 del Ensayo de Penetración Estándar y la Velocidad de ondas de corte (Vs) para los suelos arenosos del distrito de Juliaca-Puno* [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/656163>

Araujo Flores, A. B., & Quiroz Maximiliano, J. Y. (2021). *Perfil de ondas P aplicando el método de refracción sísmica en el asentamiento humano pueblo de Huamán, distrito Víctor Larco*. [Tesis de grado, Universidad Privada Antenor Orrego].

<https://hdl.handle.net/20.500.12759/8146>

Barrios Tantarico, J. (2019). *Correlación de los resultados con el ensayo de Penetración Estándar (SPT) y Penetrómetro dinámico ligero (DPL) en suelos del P.J. Wilmer Fernández Malca- Chiclayo* [Tesis de grado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. <https://orcid.org/0000-0002-0547-522X>

Basabe R, P. (1998). *Proyecto PRECUPA - Prevención de Desastres Naturales en la Cuenca del Paute*.

Coronel Martínez, D. I., & Ortíz Andrade, W. A. (2020). *Determinación de parámetros geomecánicos del subsuelo lado N/O, campus Miracielos Ricaurte, necesarios para el proyecto investigativo “Microzonificación sísmica y mapa de riesgos”* [Tesis de grado, Universidad Católica de Cuenca]. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/11521>

Galarza Armijos, D. F., & Rojas Peralta, J. L. (2021). *“Determinación de ondas longitudinales (V_p) y de corte (V_s) en estratos superficiales, correlación de resultados entre métodos directos e indirectos”* [Tesis de grado, Universidad Católica de Cuenca].

<https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/11535>

Marulanda Ocampo, F. J., & Leyva Londoño, J. P. (2021). *Determinación de una correlación entre los ensayos de refracción sísmica y Spt para los suelos de la ciudad de Ibagué* [Tesis de grado, Universidad Cooperativa de Colombia Campus Ibagué Espinal].

<https://hdl.handle.net/20.500.12494/33654>

Melchor Porras, A. D. (2023). *Determinación de la velocidad de ondas de corte en los suelos a partir del ensayo SPT, franja costera Pimentel* [Tesis de grado, Universidad Señor de Sipán]. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/11105>

Mogrovejo Rodriguez, B. I. (2023). *Determinación de ondas corte V_s y compresión V_p , para correlacionar con valores de N_{60} y parámetros geomecánicos del suelo* [Tesis de grado, Universidad Católica de Cuenca]. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/16101>

Naranjo Aguay, H., & Dranichnikov, T. (2012). *Cálculo de capacidad portante basado en geofísica y método convencional*. 2012.

Olguín, R., & Ortúzar, M. (2015). *Desarrollo e implementación de una veleta de corte a alta revolución para sondajes*. *Obras y Proyectos* 17, 89–95.

Olivos Mendoza, C. A., Ccolque Flores, R., Chávez Pérez, M. A. J., Gálvez Roldán, C. A., & Trivillo Espinoza, N. E. E. (2020). *Métodos de obtención de parámetros geotécnicos y sus aplicaciones en suelos arenosos mediante ensayos in-situ* [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/17059>

- Ordóñez Moscoso, J. S., & Salinas Lotero, C. I. (2019). “*Correlación entre el Ensayo de Penetración Estándar (SPT) y la resistencia a la compresión simple, en los suelos de comportamiento ‘cohesivos’ en la zona de Racar, en la ciudad de Cuenca*” [Tesis de grado, Universidad del Azuay]. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9477>
- Pazmiño Agualema, L. E. (2017). “*Velocidades de onda V_s y V_p y su relación con los valores de ángulo de fricción interna, cohesión y N_{spt} para los suelos de Sangolquí*” [Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas]. <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/13037>
- Rebata Lopez, C. J. (2021). *Aplicación del ensayo Masw para la determinación de la velocidades de ondas de corte y correlaciones con el ensayo CPT* [Tesis de grado, Pontificia Católica del Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/11105>
- Rojas Parco, F. G., & Zamora Ortiz, J. M. (2015). *Correlación de los valores NSPT con NDPL en los suelos arenosos de la Asociación Agropecuaria Sumac Pacha - Lurin* [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma Facultad de Ingeniería]. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/2251>
- Serna Vásquez, A. F. (2015). *Evaluación de la resolución del método de análisis de dispersión de ondas superficiales MASW (multichannel analysis of surface waves) en suelos residuales*. [Tesis de Posgrado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55595>
- Trujillo Calderon, M. (2018). *Correlación empírica entre la velocidad de propagación de las ondas s (V_s) y el resultado del ensayo de resistencia a la penetración estándar, aplicado a los suelos departamento de Huila, Putumayo y Casanare - Colombia* [Tesis de Posgrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2536>

Vargas Huitzil, E. (2015). *Tomografía eléctrica aplicada a caracterizar la cantera La Joya ubicada en el municipio de Ixtacuixtla, Tlaxcala* [Tesis de grado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/8465>

ANEXOS

Índice de Anexos

ANEXO 1: Plano de Exploraciones.

ANEXO 2: Registros de ensayos de Refracción Sísmica.

ANEXO 3: Registros de ensayos de Análisis de Ondas Superficiales (Masw).

ANEXO 4: Registros de ensayos de Refracción por Microtremores (Remi).

ANEXO 5: Registro de ensayo de Tomografía Eléctrica (ERT).

ANEXO 6: Ensayos de Clasificación.

ANEXO 7: Ensayos de Corte Directo.

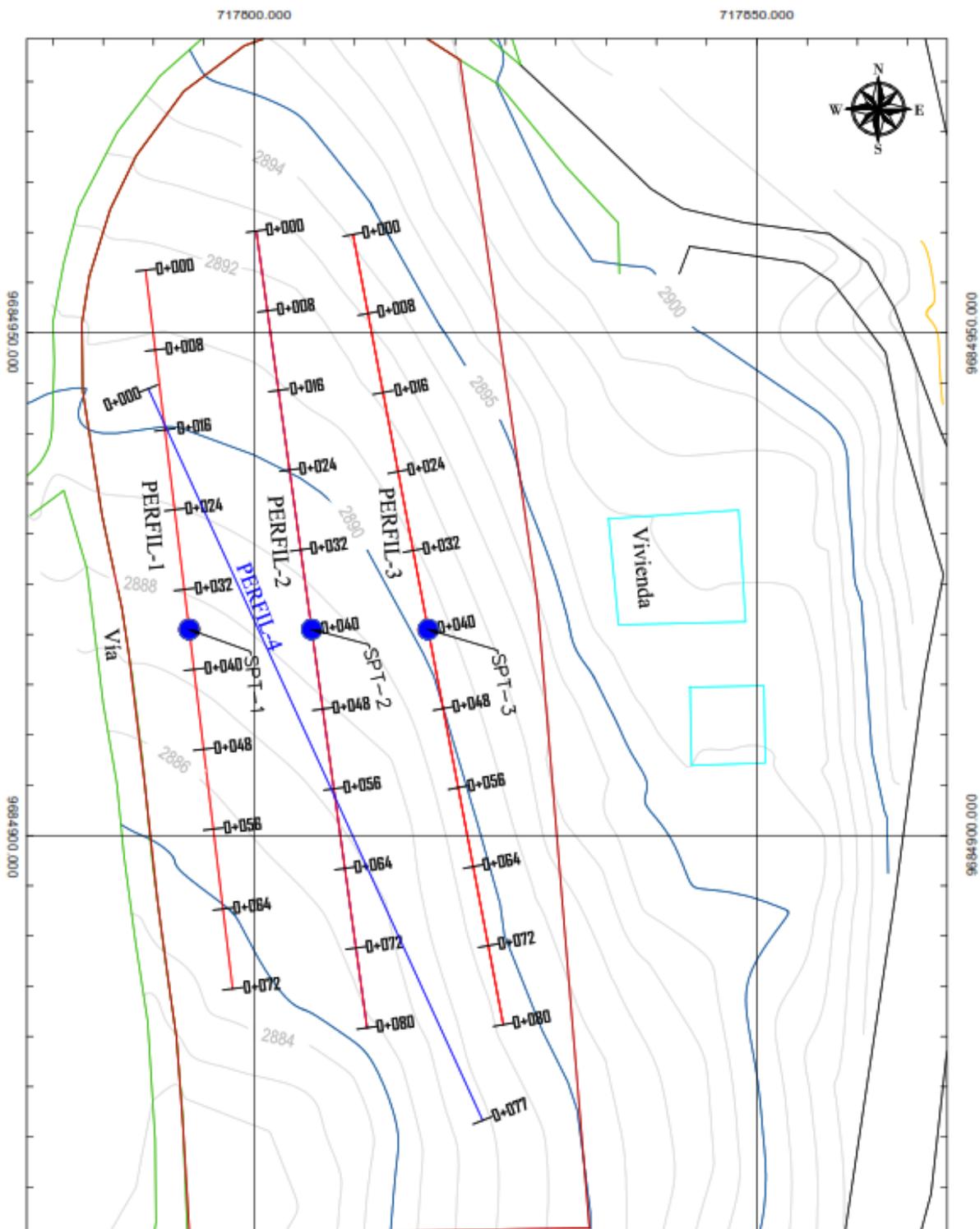
ANEXO 8: Registro Fotográfico de Ensayos Geofísicos.

ANEXO 9: Registro Fotográfico de Ensayos SPT.

ANEXO 10: Registro Fotográfico de Ensayos de Laboratorio.

ANEXO 1: Plano de Exploraciones

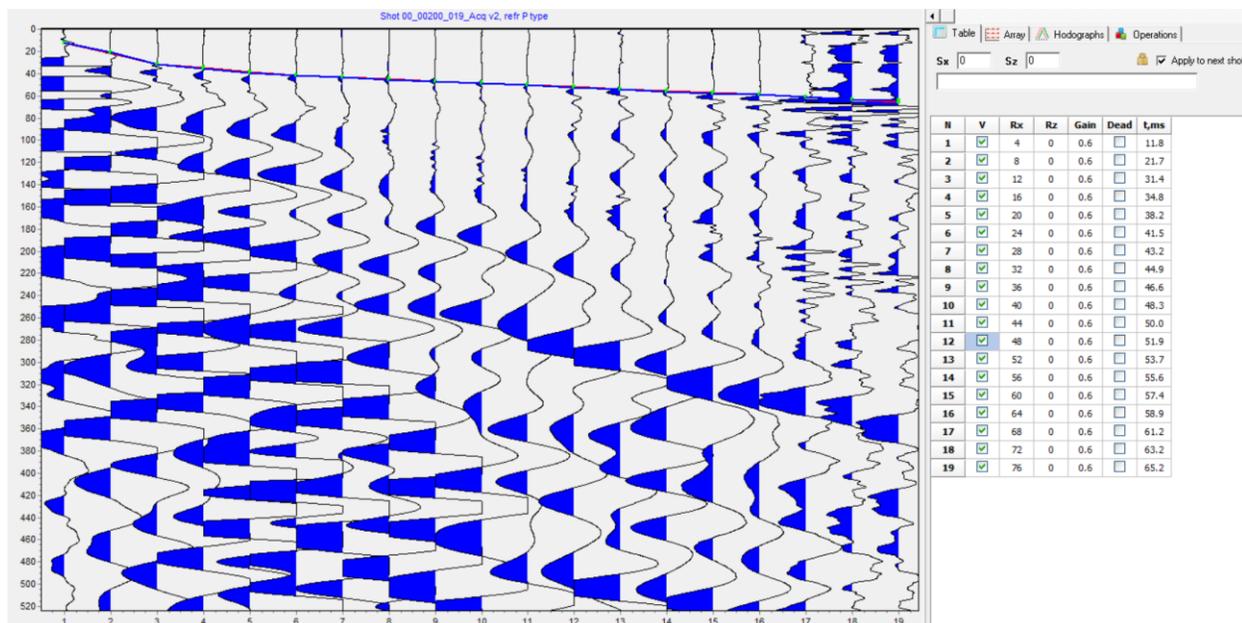
MAPA DE EXPLORACIONES



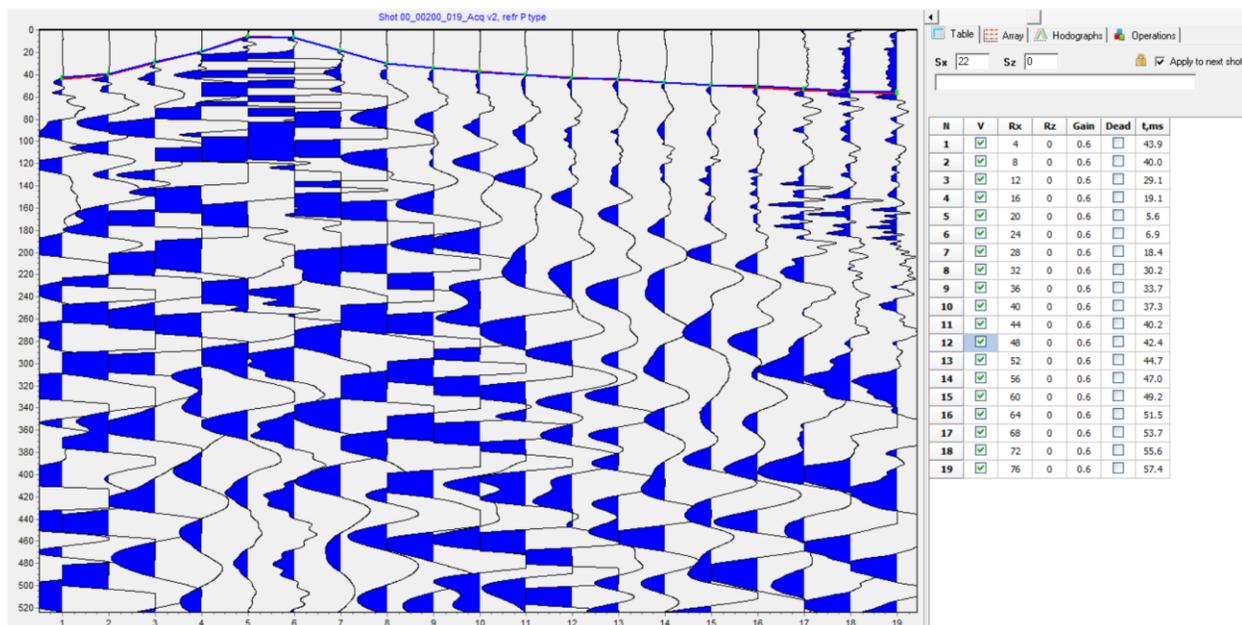
ANEXO 2: Registro de Ensayos de Refracción Sísmica.

PERFIL DE REFRACCIÓN SISMICA 1

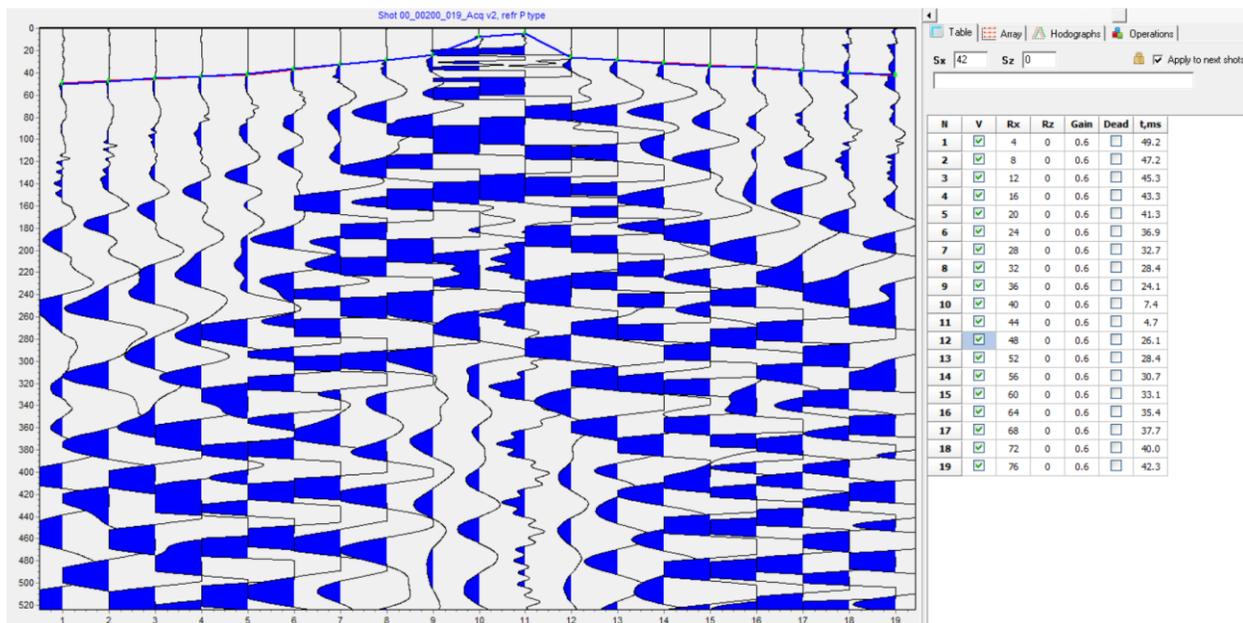
Impacto 1



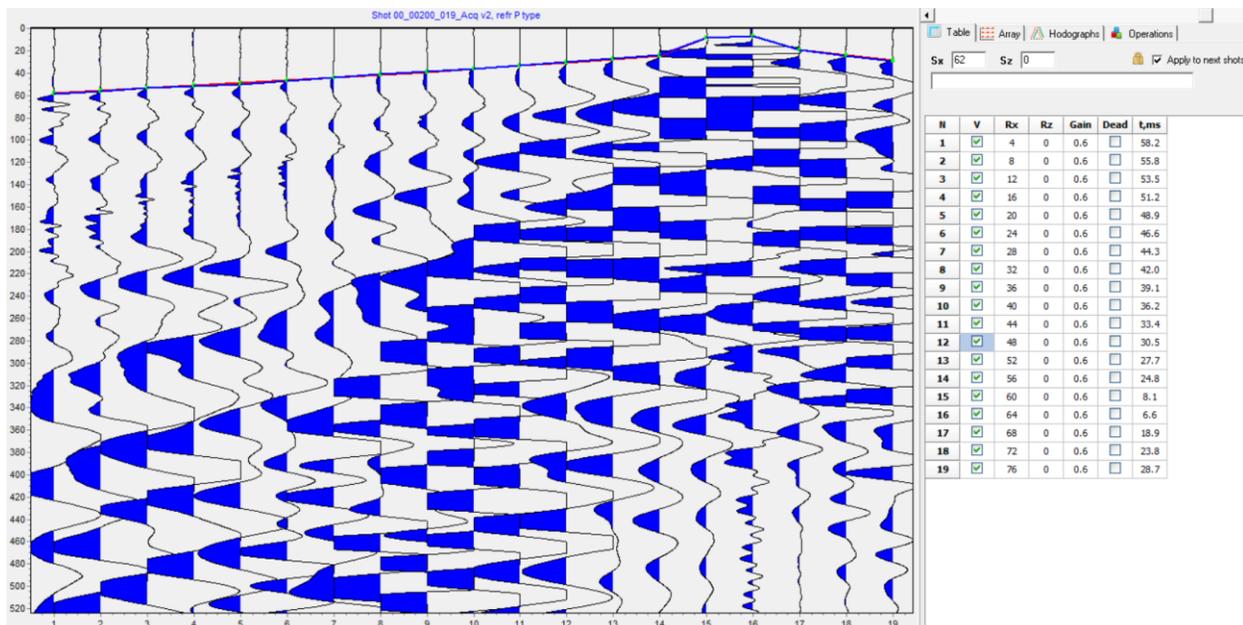
Impacto 2



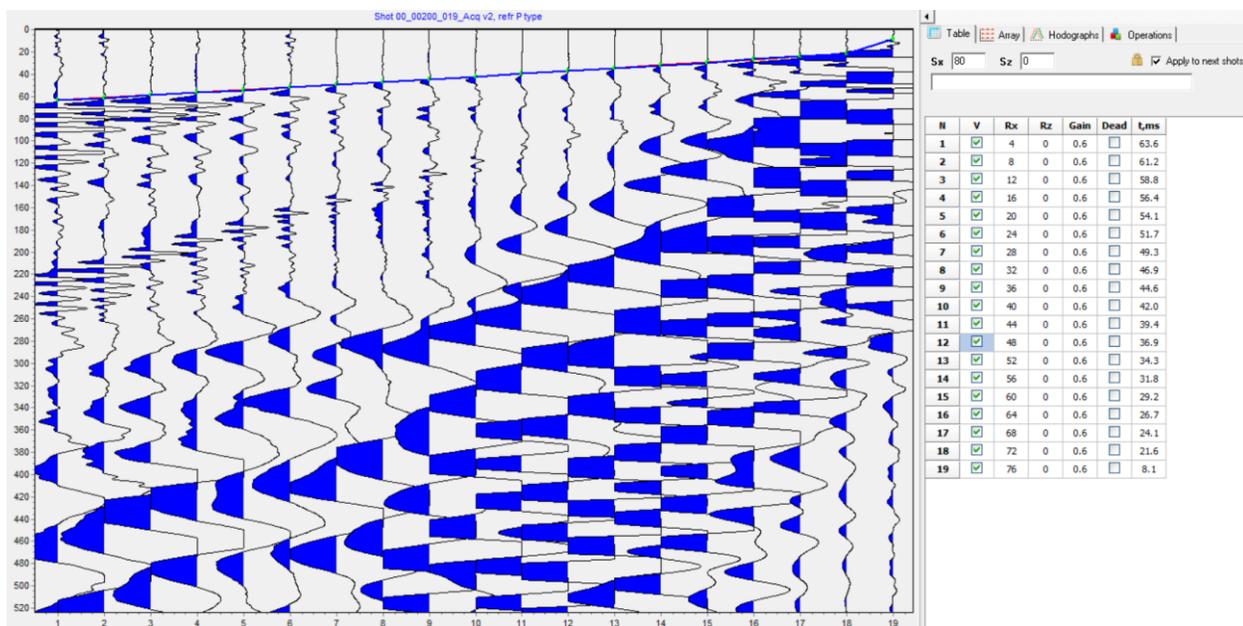
Impacto 3



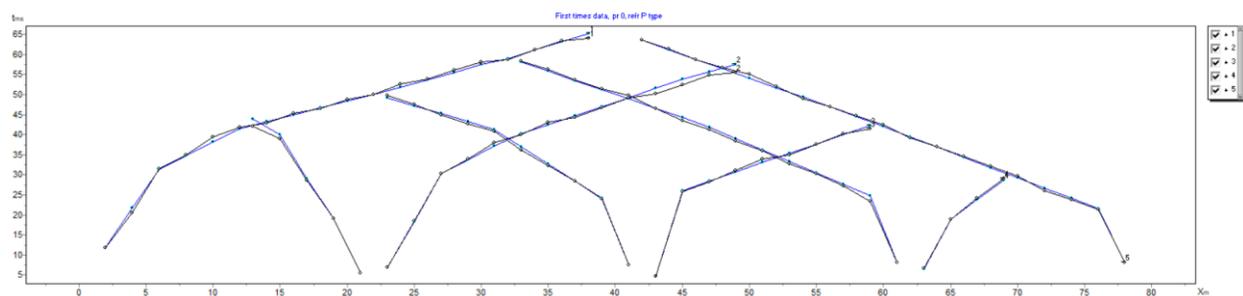
Impacto 4



Impacto 5

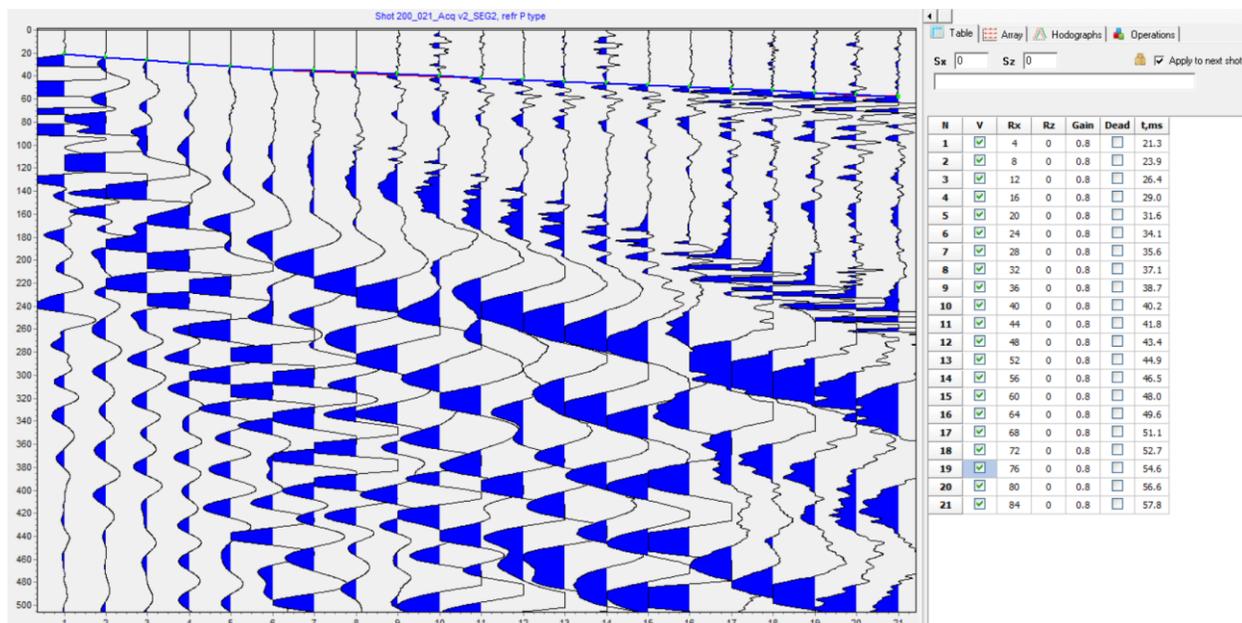


DOMOCRONAS

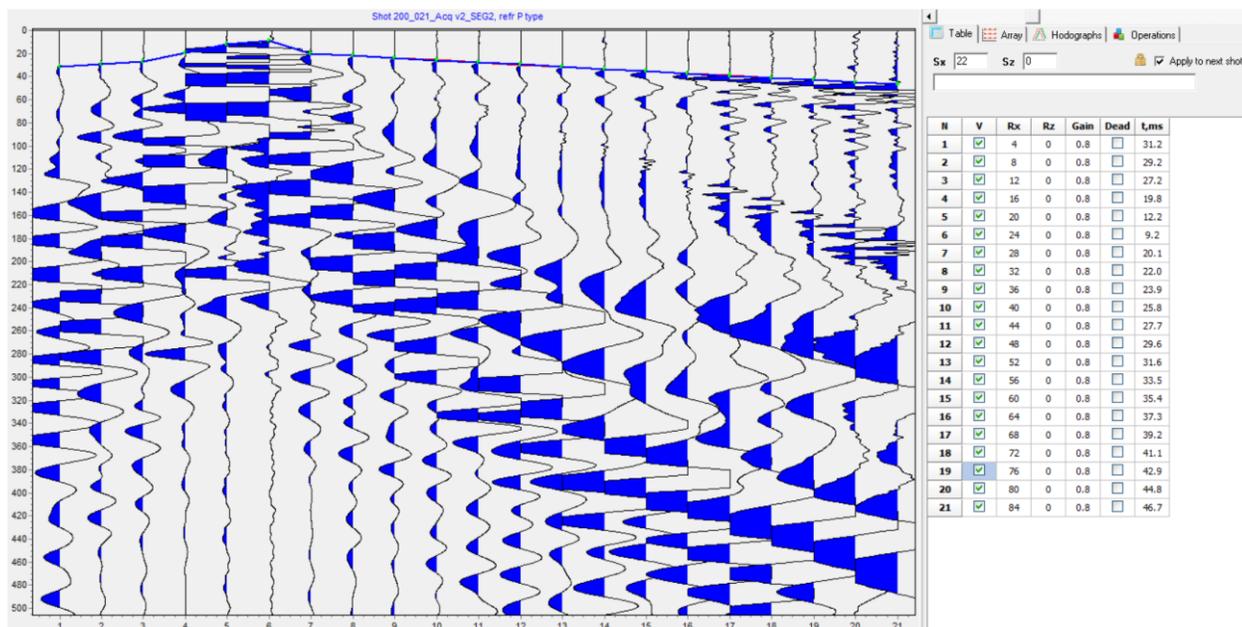


PERFIL DE REFRACCIÓN SISMICA 2

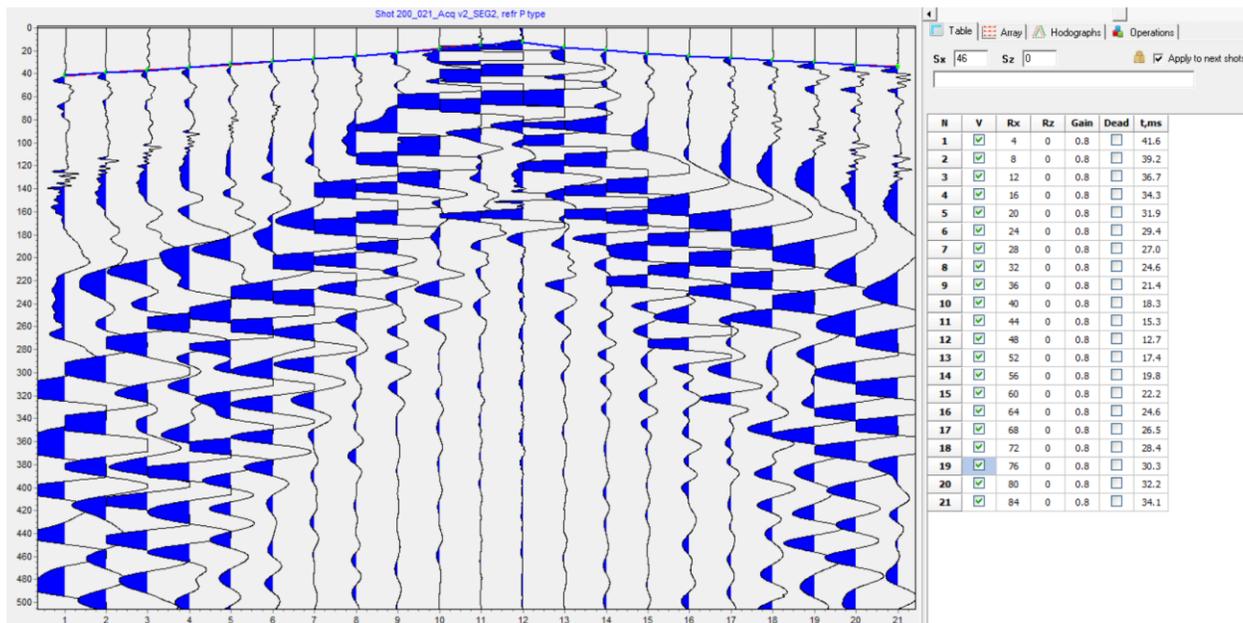
Impacto 1



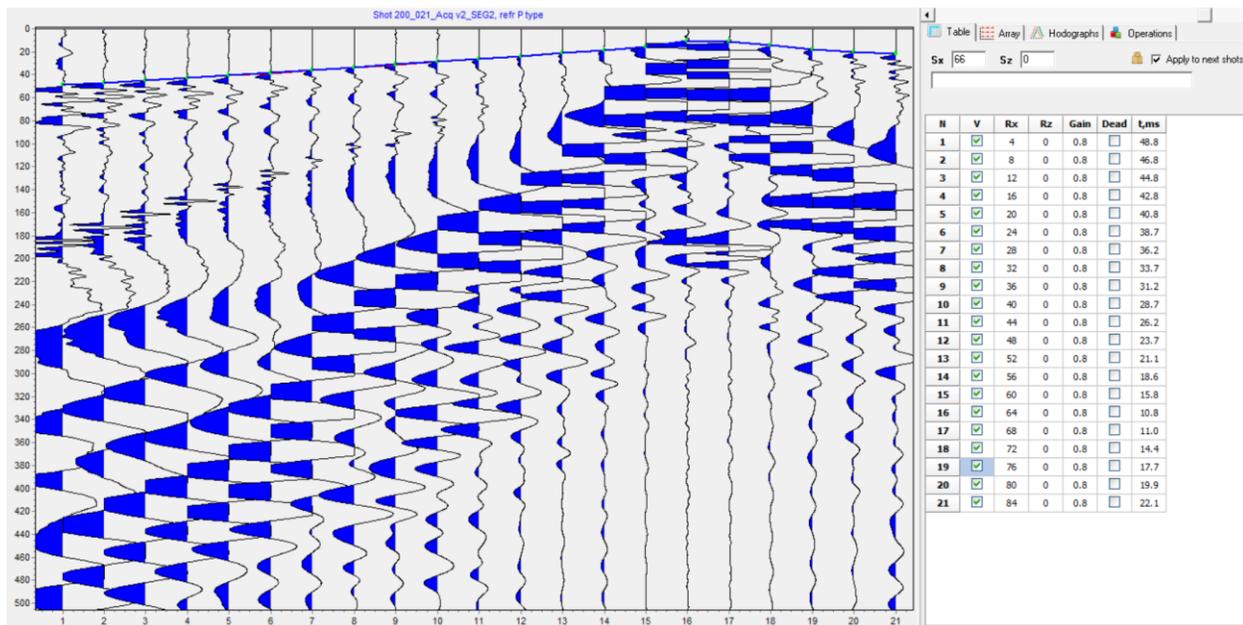
Impacto 2



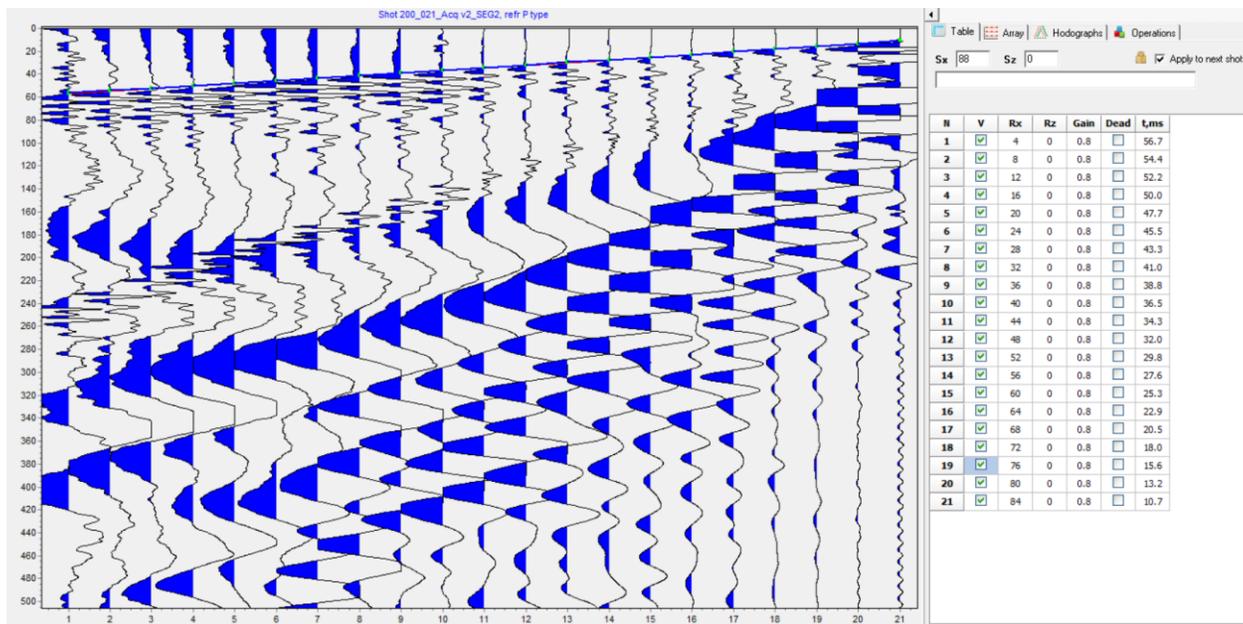
Impacto 3



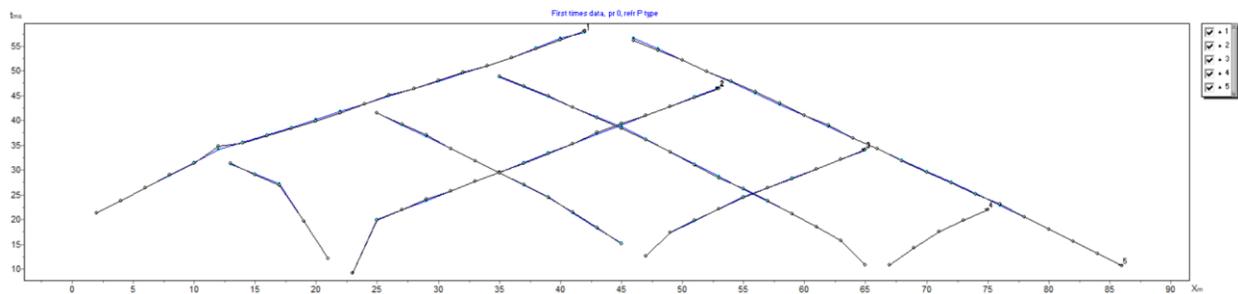
Impacto 4



Impacto 5

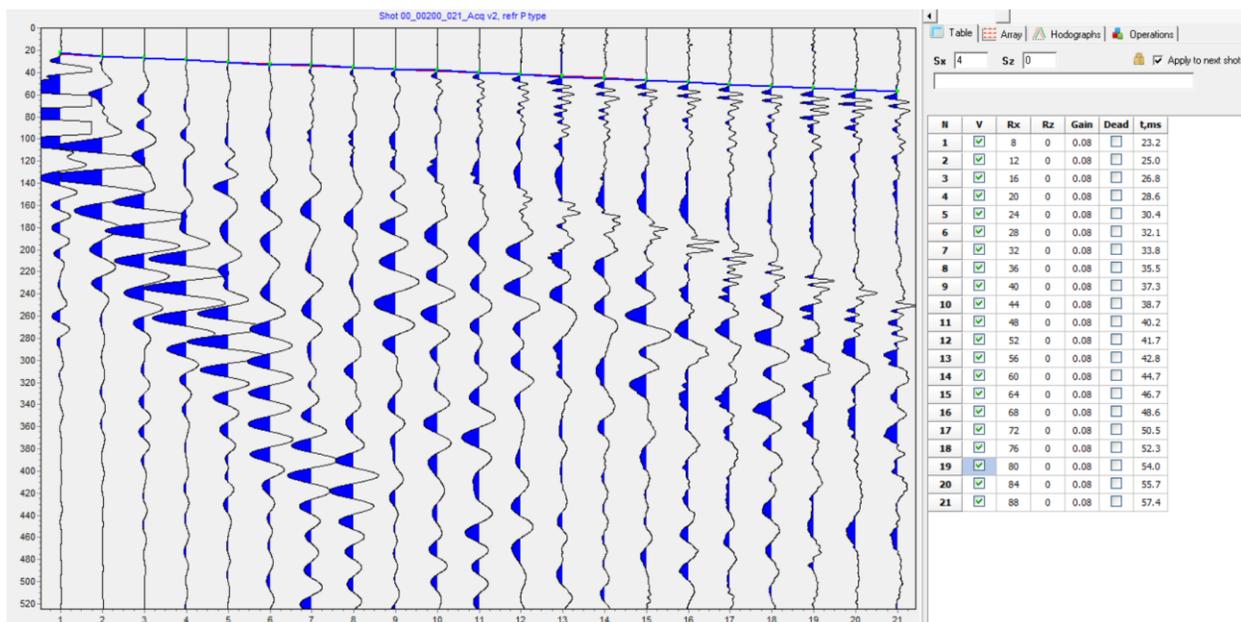


DOMOCRONAS

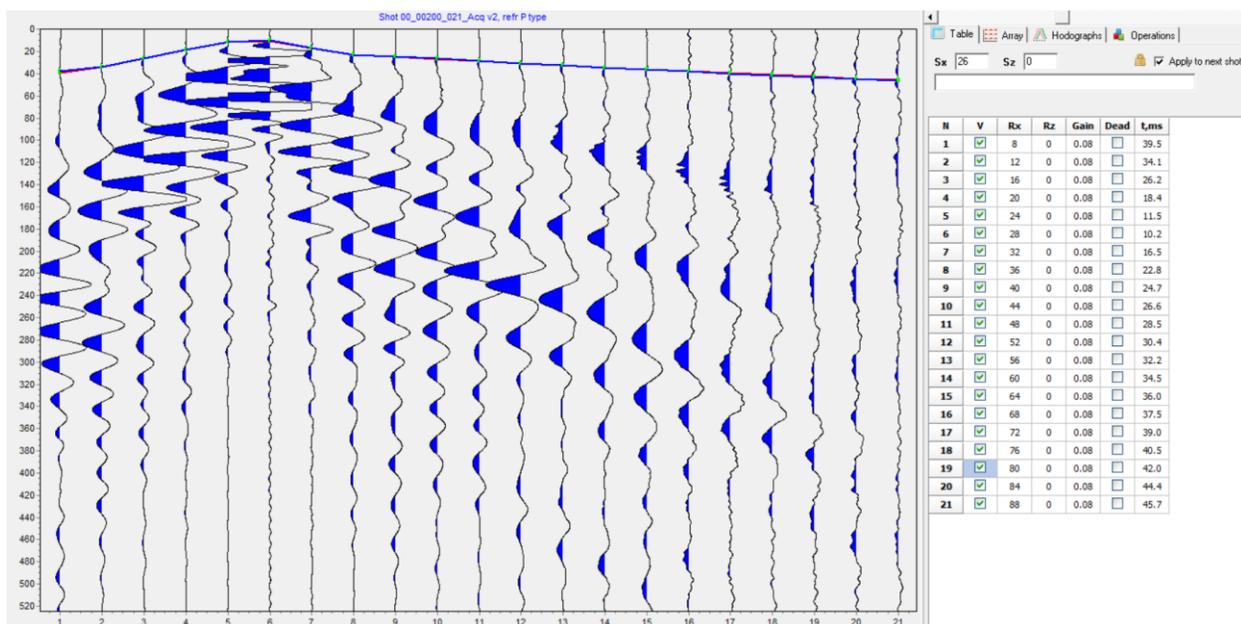


PERFIL DE REFRACCIÓN SISMICA 3

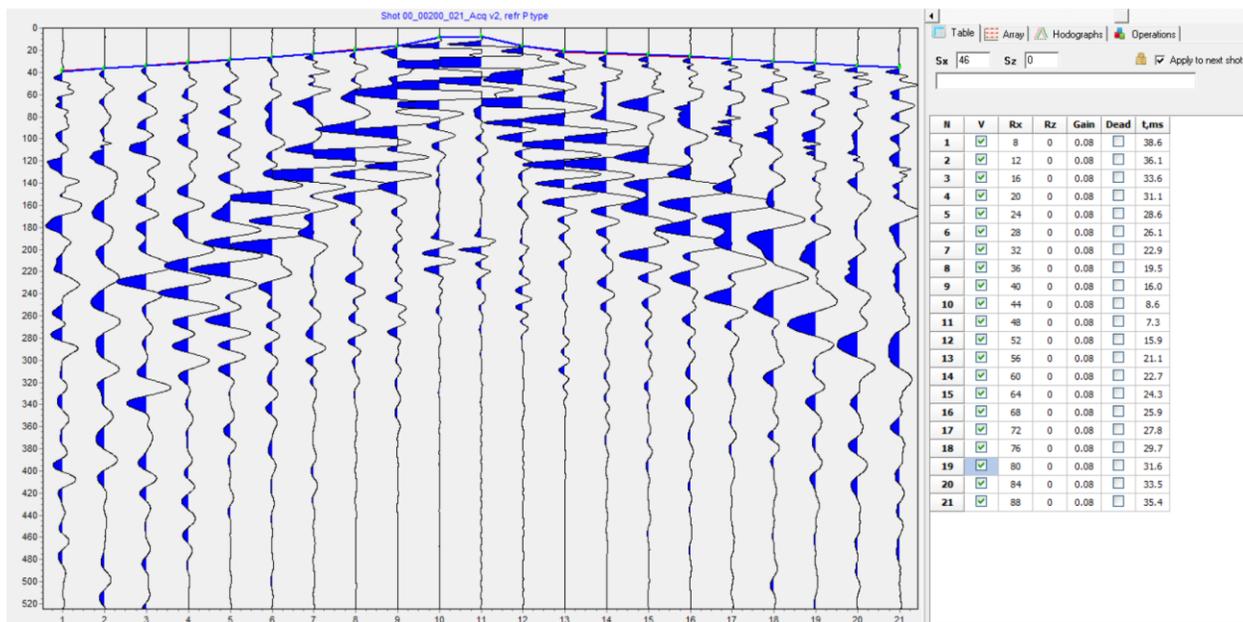
Impacto 1



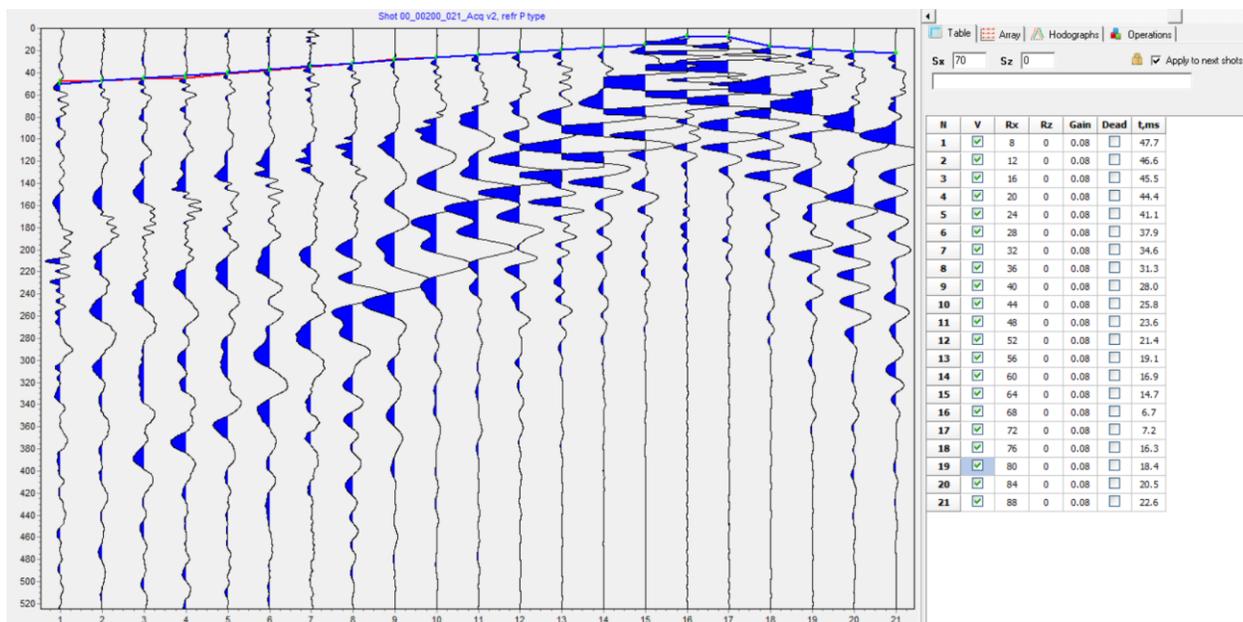
Impacto 2



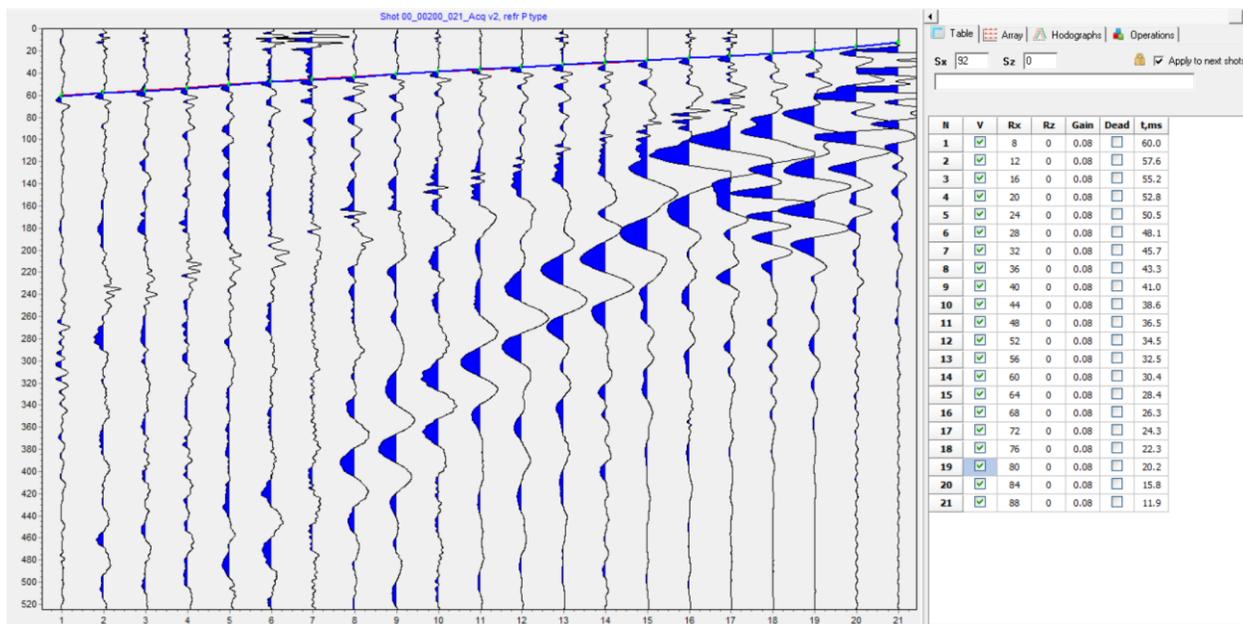
Impacto 3



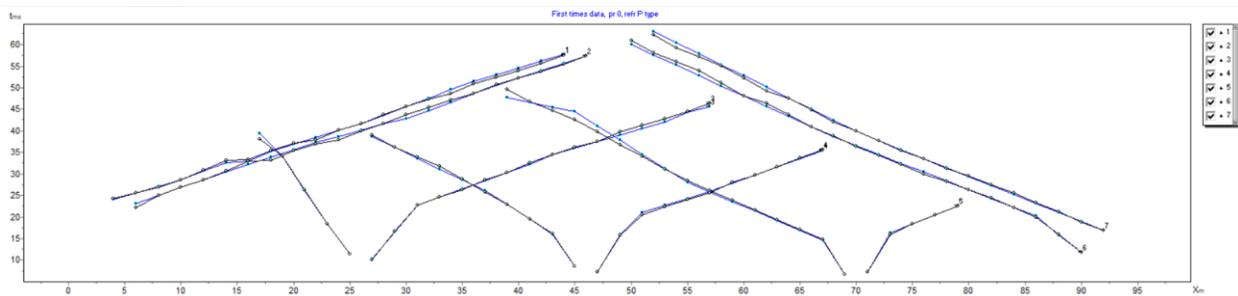
Impacto 4



Impacto 5



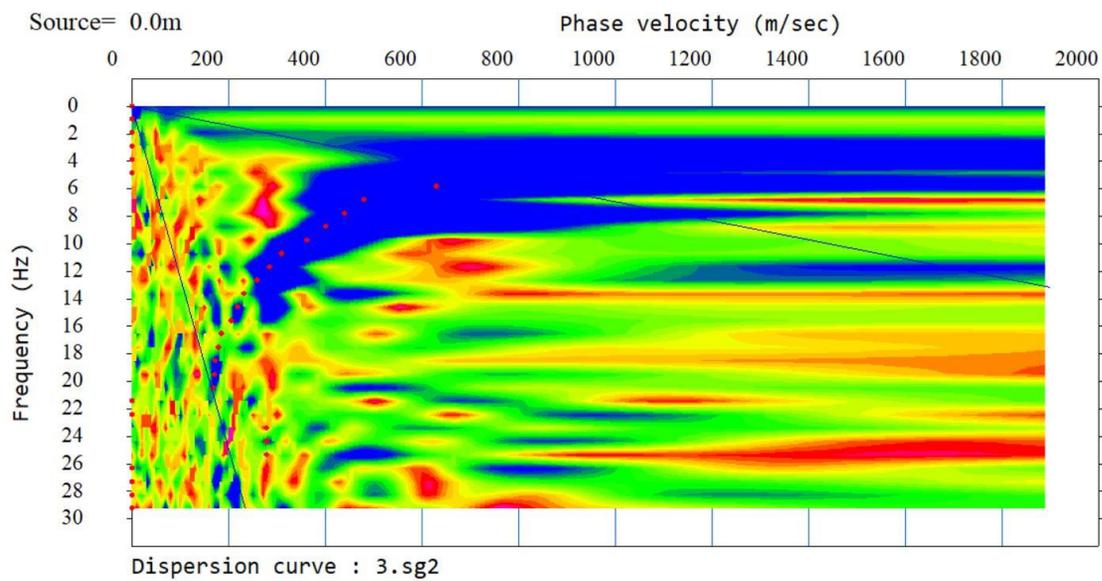
DOMOCRONAS



ANEXO 3: Registro de Ensayos de
Análisis de Ondas Superficiales
(MASW)

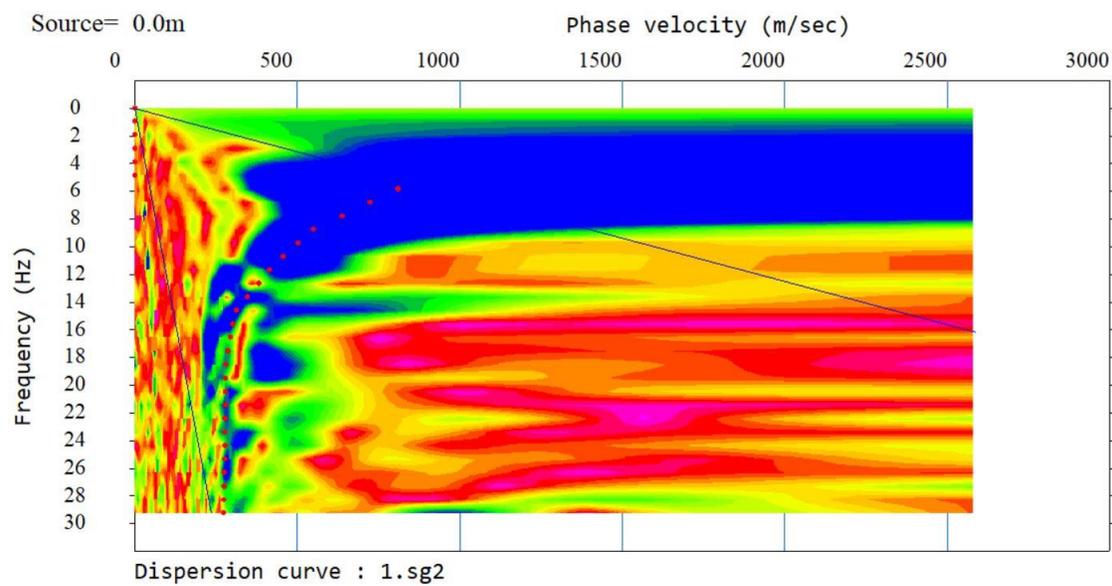
PERFIL MASW 1

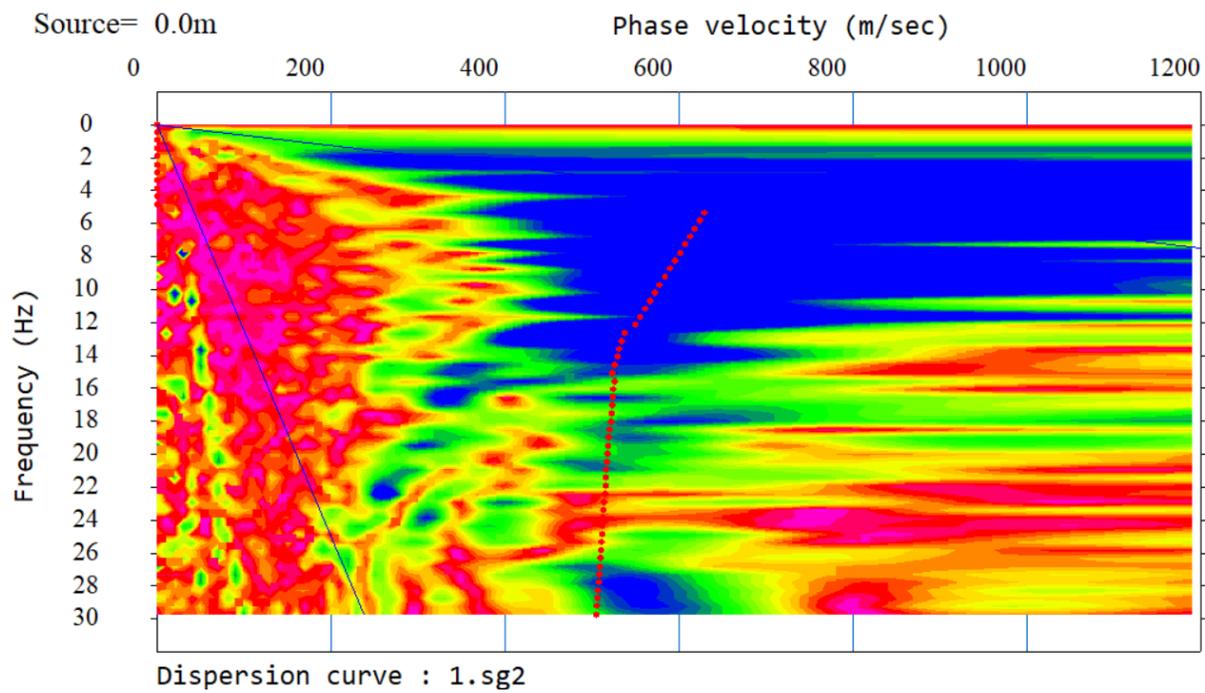
Picado



PERFIL MASW 2

Picado

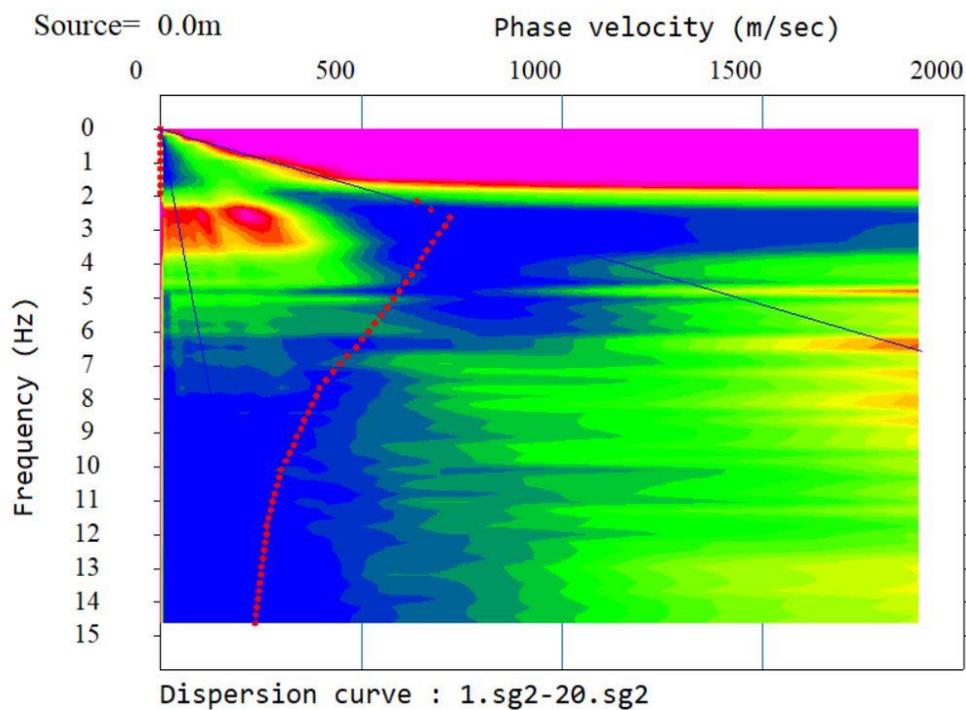


PERFIL MASW 3*Picado*

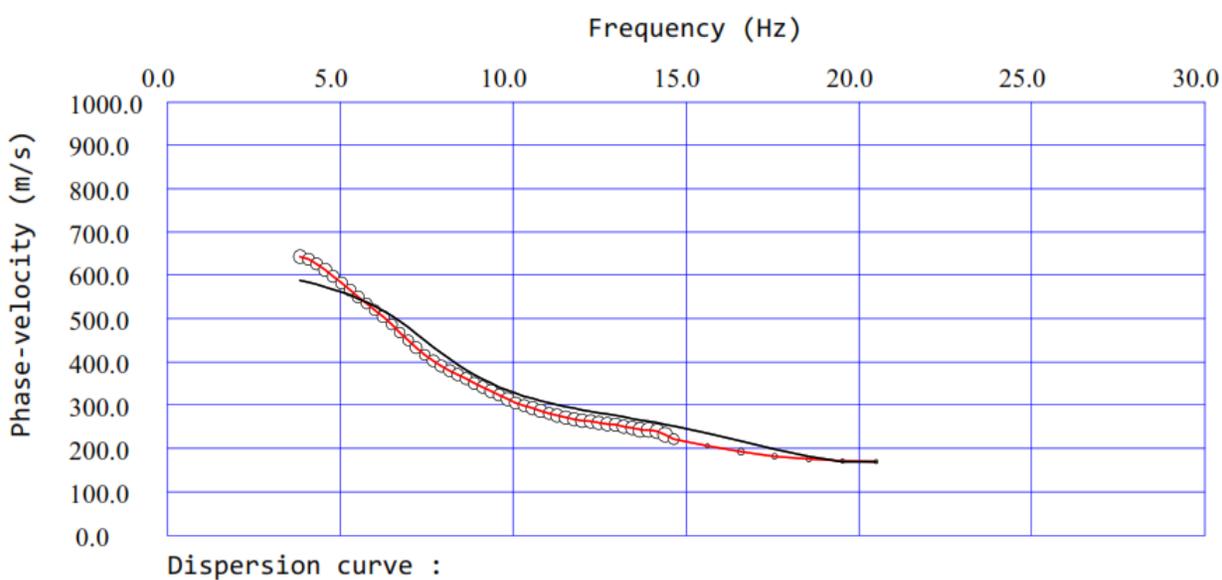
**ANEXO 4: Registro de Ensayos de
Refracción por Microtremores (REMI)**

PERFIL REFRACCIÓN POR MICROTREMORES (REMI-1)

Picado

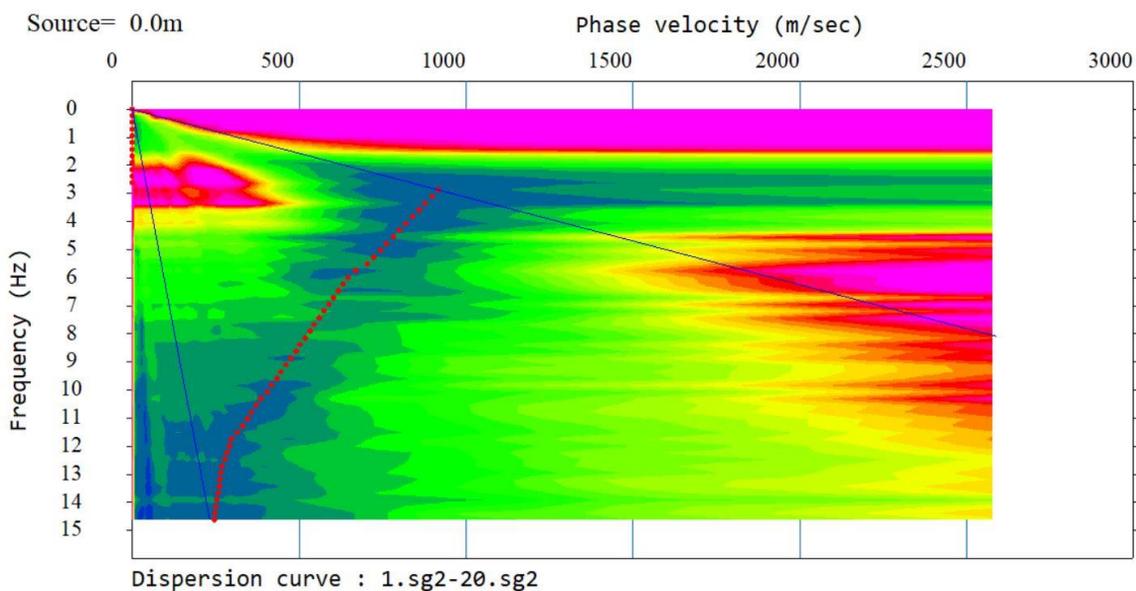


Curva de Frecuencia resultado de combinación MASWI- REMI-1

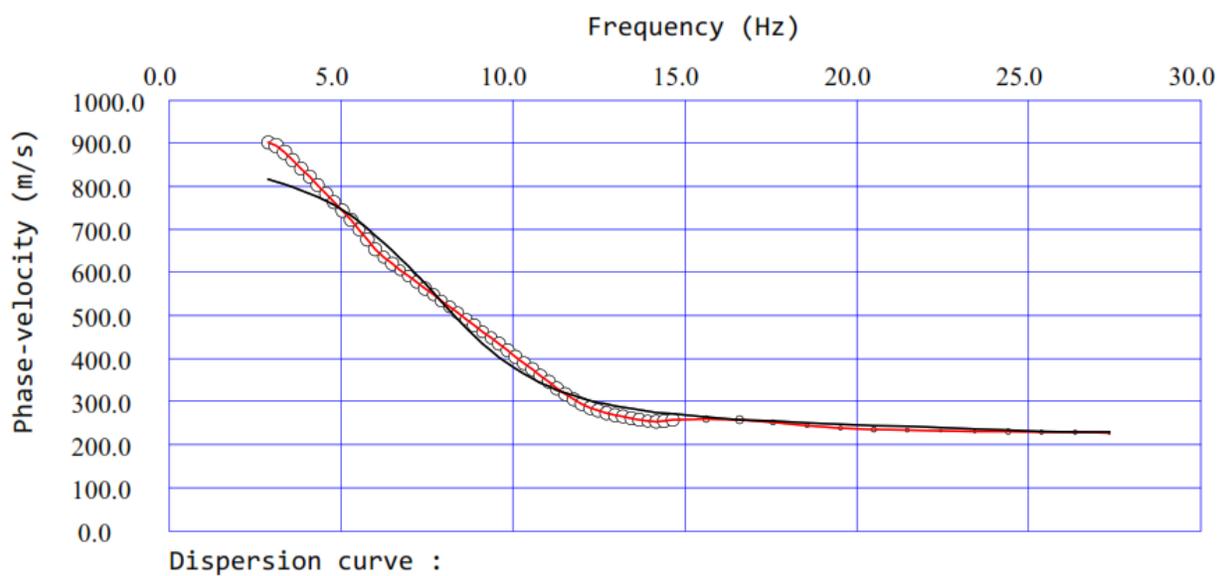


PERFIL REFRACCIÓN POR MICROTREMORES (REMI-2)

Picado

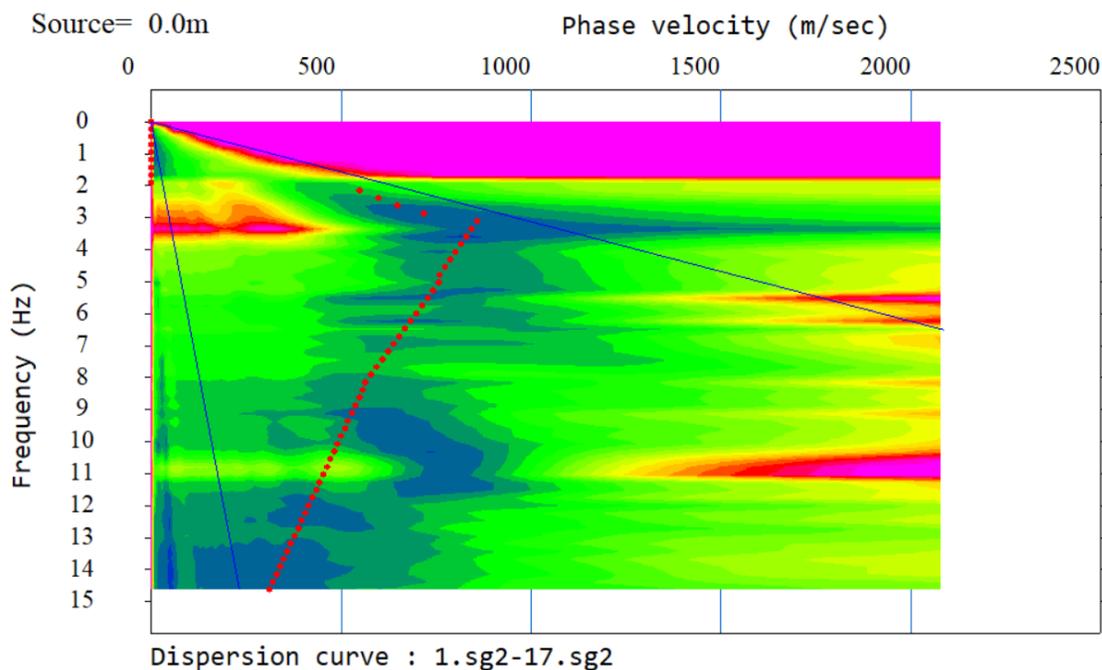


Curva de Frecuencia resultado de combinación MASW2- REMI-2

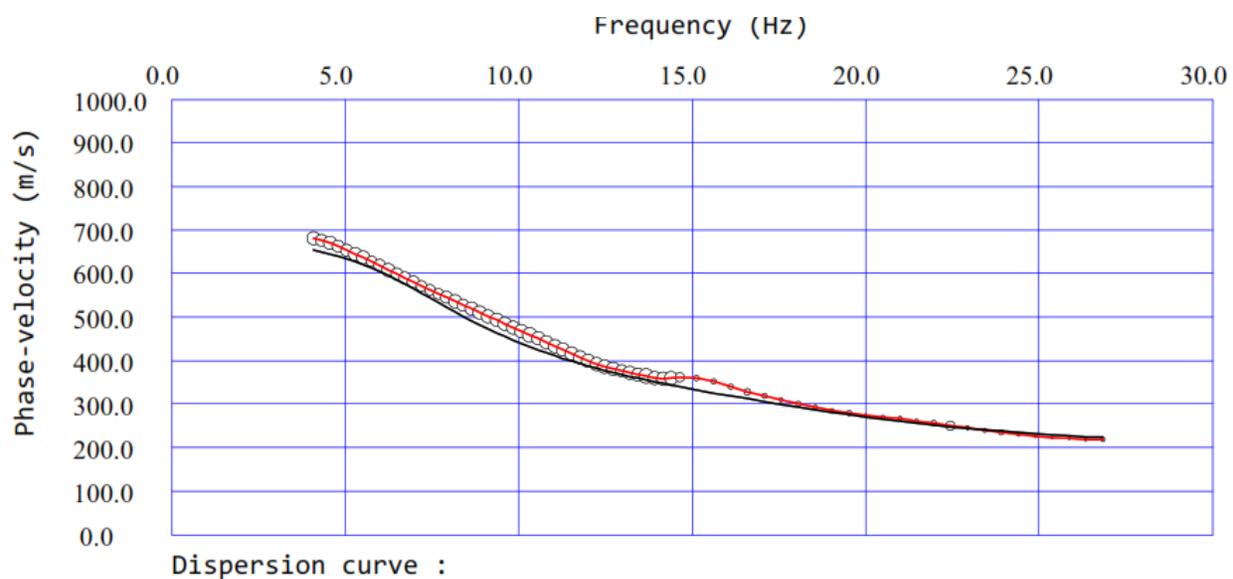


PERFIL REFRACCIÓN POR MICROTREMORES (REMI-3)

Picado



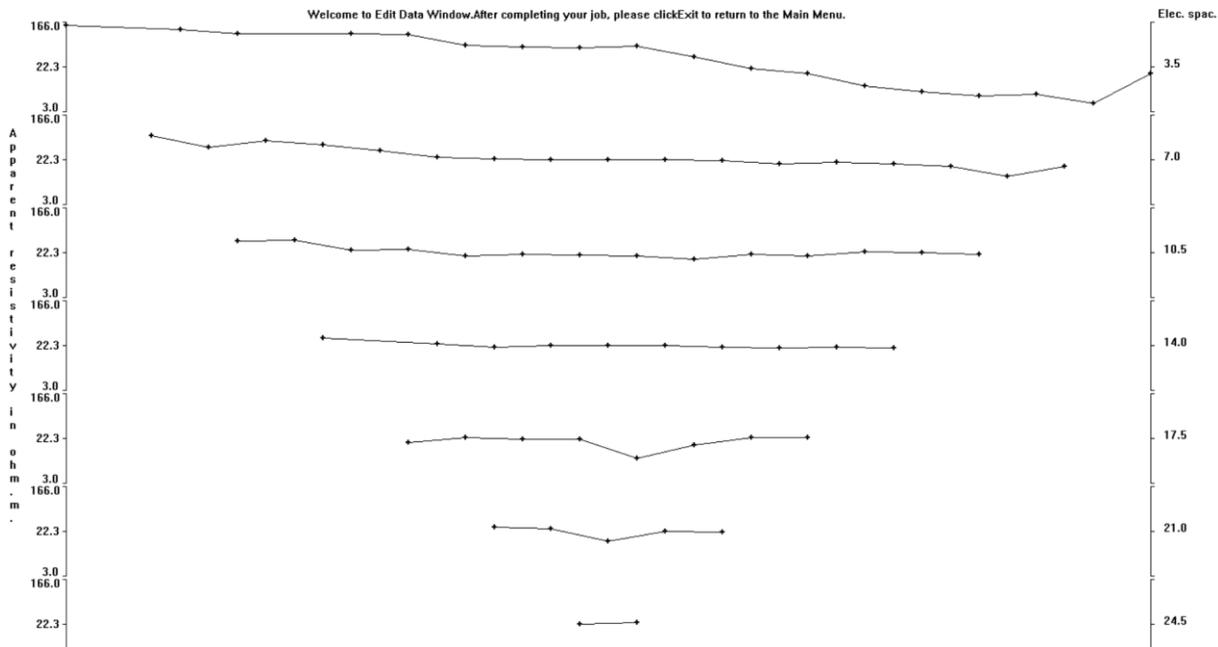
Curva de Frecuencia resultado de combinación MASW3- REMI-3



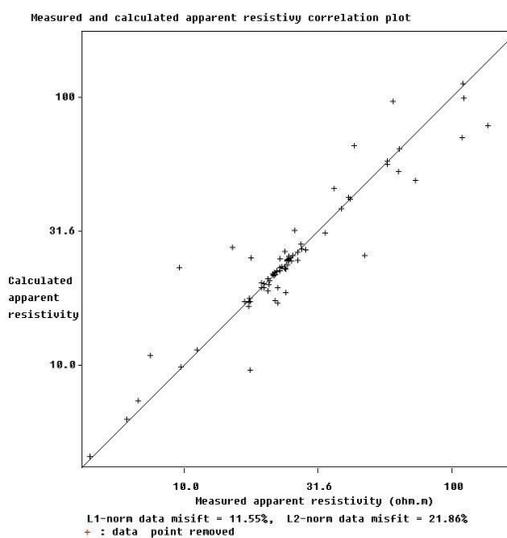
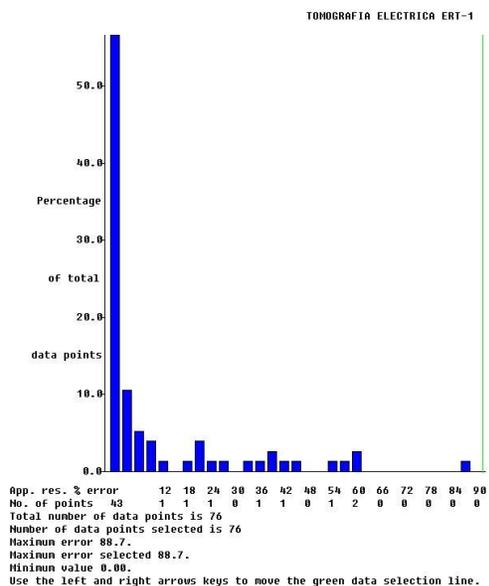
**ANEXO 5: Registro de Ensayo de
Tomografía Eléctrica (ERT).**

PERFIL DE TOMOGRAFIA ELECTRICA ERT-1

Datos de resistividad. Arreglo tipo wenner



Porcentaje de error 11.5%.



ANEXO 6: Ensayos de Clasificación

CLASIFICACIÓN SPT-1 (1.00-1.45m)

LABORATORIO DE SUELOS																																		
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						1/2																												
Proyecto:	Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar																																	
Uso:	Cimentación	Calculado:			Darwin Tacuri																													
Spt:	1	Procedencia:			Racar																													
Profundidad:	1.00 - 1.45 m	Fecha:			4 de diciembre de 2023																													
NORMAS: AASHTO T-11 T-27 ASTM: D422-63																																		
TAMIZ Pulg.	TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	CLASIFICACIÓN																												
3"	76.200		-	-	100.0																													
2 1/2"	63.500		-	-	100.0																													
2"	50.800		-	-	100.0																													
1 1/2"	38.100		-	-	100.0																													
1"	25.400	-	-	-	100.0																													
3/4 "	19.050	-	-	-	100.0																													
1/2 "	12.700	-	-	-	100.0																													
3/8 "	9.525	-	-	-	100.0																													
Nº 4	4.750	-	-	-	100.0																													
< Nº 4	4.750	-	300	(100.0)	100.0																													
Nº 10	2.000	6.0	6.0	2.0	98.0																													
Nº 40	0.425	56.1	62.1	20.7	79.3																													
Nº 200	0.075	34.7	96.8	32.3	(67.7)																													
< Nº 200	<0,075	203.2	203.2	(67.7)																														
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8																																		
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			300.00	CUARTEO																														
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	0.00%	Peso total antes del lavado		300.00																												
SUCS	MH	ARENA =	32.00%	Peso total después del lavado		96.77																												
AASHTO	A-7-5 (12)	FINOS =	68.00%																															
OBSERVACIONES: Limos inorgánicos de alta compresibilidad																																		
CURVA GRANULOMÉTRICA																																		
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica con los siguientes datos:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Abertura del Tamiz (mm)</th> <th>Porcentaje que Pasa (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.075</td><td>67.7</td></tr> <tr><td>0.15</td><td>79.3</td></tr> <tr><td>0.3</td><td>80.0</td></tr> <tr><td>0.6</td><td>98.0</td></tr> <tr><td>1.2</td><td>98.0</td></tr> <tr><td>2.5</td><td>98.0</td></tr> <tr><td>5.0</td><td>98.0</td></tr> <tr><td>10.0</td><td>98.0</td></tr> <tr><td>20.0</td><td>98.0</td></tr> <tr><td>40.0</td><td>98.0</td></tr> <tr><td>75.0</td><td>98.0</td></tr> <tr><td>150.0</td><td>98.0</td></tr> <tr><td>300.0</td><td>98.0</td></tr> </tbody> </table>							Abertura del Tamiz (mm)	Porcentaje que Pasa (%)	0.075	67.7	0.15	79.3	0.3	80.0	0.6	98.0	1.2	98.0	2.5	98.0	5.0	98.0	10.0	98.0	20.0	98.0	40.0	98.0	75.0	98.0	150.0	98.0	300.0	98.0
Abertura del Tamiz (mm)	Porcentaje que Pasa (%)																																	
0.075	67.7																																	
0.15	79.3																																	
0.3	80.0																																	
0.6	98.0																																	
1.2	98.0																																	
2.5	98.0																																	
5.0	98.0																																	
10.0	98.0																																	
20.0	98.0																																	
40.0	98.0																																	
75.0	98.0																																	
150.0	98.0																																	
300.0	98.0																																	

LABORATORIO DE SUELOS						
Proyecto: Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar						2/2
Uso: Cimentación		Calculado: Darwin Tacuri				
Spt: 1		Procedencia: Racar				
Profundidad: 1.00 - 1.45 m		Fecha: 4 de diciembre de 2023				
HUMEDAD NATURAL						
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro	Peso suelo seco + tarro	Peso tarro	% de Humedad	PROMEDIO
45	---	31.38	26.74	17.52	50.33	50.59
58	---	31.12	26.53	17.50	50.83	
12	---	31.41	26.52	16.86	50.62	
LIMITE LIQUIDO						
18	10	25.14	22.22	17.48	61.60	57.61
59	16	22.26	20.47	17.45	59.27	
5	25	22.66	20.56	16.91	57.53	
11	35	23.71	21.26	16.92	56.45	
17	46	23.84	21.67	17.72	54.94	
LIMITE PLASTICO						
58	---	19.09	18.62	17.50	41.96	42.20
57	---	19.03	18.54	17.40	42.98	
62	---	19.00	18.55	17.47	41.67	
<p style="text-align: center;">HUMEDAD vs # DE GOLPES.</p>						
Límite Líquido a 25 golpes =		57.61%		Índice de plasticidad =		15.40

ING. CRISTINA VINTIMILLA
SENECYT 1007-05-605320

CLASIFICACIÓN SPT-1 (2.00-2.45m)

LABORATORIO DE SUELOS																		
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						1/2												
Proyecto:	Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar																	
Uso:	Cimentación		Calculado:	Darwin Tacuri														
Spt:	1		Procedencia:	Racar														
Profundidad:	2.00 - 2.45 m		Fecha:	4 de diciembre de 2023														
NORMAS: AASHTO T-11 T-27 ASTM: D422-63																		
TAMIZ Pulg.	TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	CLASIFICACIÓN												
3"	76.200		-	-	100.0													
2 1/2"	63.500		-	-	100.0													
2"	50.800		-	-	100.0													
1 1/2"	38.100		-	-	100.0													
1"	25.400	-	-	-	100.0													
3/4 "	19.050	-	-	-	100.0													
1/2 "	12.700	-	-	-	100.0													
3/8 "	9.525	-	-	-	100.0													
Nº 4	4.750	-	-	-	100.0													
< Nº 4	4.750	-	300	(100.0)	100.0													
Nº 10	2.000	7.0	7.0	2.3	97.7													
Nº 40	0.425	61.1	68.1	22.7	77.3													
Nº 200	0.075	31.3	99.5	33.2	(66.8)													
< Nº 200	<0,075	200.4	200.5	(66.8)														
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8																		
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			300.00	CUARTEO														
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	0.00%	Peso total antes del lavado		300.00												
SUCS	MH	ARENA =	33.00%	Peso total después del lavado		99.46												
AASHTO	A-7-5 (14)	FINOS =	67.00%															
OBSERVACIONES: Limos inorgánicos de alta compresibilidad																		
CURVA GRANULOMÉTRICA																		
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica con los siguientes datos:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Abertura del Tamiz (mm)</th> <th>Porcentaje que Pasa (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.075</td> <td>66.8</td> </tr> <tr> <td>0.425</td> <td>77.3</td> </tr> <tr> <td>2.000</td> <td>97.7</td> </tr> <tr> <td>4.750</td> <td>100.0</td> </tr> <tr> <td>76.200</td> <td>100.0</td> </tr> </tbody> </table>							Abertura del Tamiz (mm)	Porcentaje que Pasa (%)	0.075	66.8	0.425	77.3	2.000	97.7	4.750	100.0	76.200	100.0
Abertura del Tamiz (mm)	Porcentaje que Pasa (%)																	
0.075	66.8																	
0.425	77.3																	
2.000	97.7																	
4.750	100.0																	
76.200	100.0																	

LABORATORIO DE SUELOS																		
Proyecto: Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar						2/2												
Uso: Cimentación		Calculado: Darwin Tacuri																
Spt: 1		Procedencia: Racar																
Profundidad: 2.00 - 2.45 m		Fecha: 4 de diciembre de 2023																
HUMEDAD NATURAL																		
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro	Peso suelo seco + tarro	Peso tarro	% de Humedad	PROMEDIO												
15	----	30.91	25.40	16.98	65.44	65.33												
56	----	27.91	23.83	17.59	65.38													
52	----	34.03	27.54	17.58	65.16													
LIMITE LIQUIDO																		
7	11	26.24	22.56	16.56	61.33	58.94												
9	17	23.64	21.03	16.70	60.28													
12	26	23.52	21.05	16.86	58.95													
10	37	25.77	22.43	16.63	57.59													
6	45	25.64	22.43	16.81	57.12													
LIMITE PLASTICO																		
15	----	19.34	18.66	16.98	40.48	40.72												
13	----	19.25	18.70	17.35	40.74													
2	----	19.16	18.46	16.75	40.94													
<div style="text-align: center;"> HUMEDAD vs # DE GOLPES. </div> <table border="1"> <caption>Datos del gráfico de humedad vs número de golpes</caption> <thead> <tr> <th># DE GOLPES</th> <th>% DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11</td> <td>61.33</td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>60.28</td> </tr> <tr> <td>26</td> <td>58.95</td> </tr> <tr> <td>37</td> <td>57.59</td> </tr> <tr> <td>45</td> <td>57.12</td> </tr> </tbody> </table>							# DE GOLPES	% DE HUMEDAD	11	61.33	17	60.28	26	58.95	37	57.59	45	57.12
# DE GOLPES	% DE HUMEDAD																	
11	61.33																	
17	60.28																	
26	58.95																	
37	57.59																	
45	57.12																	
Límite Líquido a 25 golpes =		58.94%	Índice de plasticidad =		18.22													

ING. CRISTINA VINTIMILLA
SENECYT 1007-05-605320

CLASIFICACIÓN SPT-1 (3.00-3.45m)

LABORATORIO DE SUELOS																																
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						1/2																										
Proyecto:	Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar																															
Uso:	Cimentación			Calculado:	Darwin Tacuri																											
Spt:	1			Procedencia:	Racar																											
Profundidad:	3.00 - 3.45 m			Fecha:	5 de diciembre de 2023																											
NORMAS: AASHTO T-11 T-27 ASTM: D422-63																																
TAMIZ Pulg.	TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	CLASIFICACIÓN																										
3"	76.200		-	-	100.0																											
2 1/2"	63.500		-	-	100.0																											
2"	50.800		-	-	100.0																											
1 1/2"	38.100		-	-	100.0																											
1"	25.400	-	-	-	100.0																											
3/4 "	19.050	-	-	-	100.0																											
1/2 "	12.700	-	-	-	100.0																											
3/8 "	9.525	-	-	-	100.0																											
Nº 4	4.750	-	-	-	100.0																											
< Nº 4	4.750	-	225	(100.0)	100.0																											
Nº 10	2.000	1.1	1.1	0.5	99.5																											
Nº 40	0.425	24.5	25.6	11.4	88.6																											
Nº 200	0.075	58.8	84.4	37.5	(62.5)																											
< Nº 200	<0,075	140.6	140.6	(62.5)																												
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8																																
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			225.00		CUARTEO																											
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	0.00%	Peso total antes del lavado		225.00																										
SUCS	ML	ARENA =	38.00%	Peso total después del lavado		84.43																										
AASHTO	A-4 (4)	FINOS =	62.00%																													
OBSERVACIONES: Limos inorgánicos de baja compresibilidad																																
CURVA GRANULOMÉTRICA																																
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica con los siguientes datos:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Abertura del Tamiz (mm)</th> <th>Porcentaje que Pasa (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.075</td><td>62.5</td></tr> <tr><td>0.150</td><td>88.6</td></tr> <tr><td>0.300</td><td>99.5</td></tr> <tr><td>0.600</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>1.200</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>2.500</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>5.000</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>10.000</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>20.000</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>40.000</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>75.000</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>150.000</td><td>100.0</td></tr> </tbody> </table>							Abertura del Tamiz (mm)	Porcentaje que Pasa (%)	0.075	62.5	0.150	88.6	0.300	99.5	0.600	100.0	1.200	100.0	2.500	100.0	5.000	100.0	10.000	100.0	20.000	100.0	40.000	100.0	75.000	100.0	150.000	100.0
Abertura del Tamiz (mm)	Porcentaje que Pasa (%)																															
0.075	62.5																															
0.150	88.6																															
0.300	99.5																															
0.600	100.0																															
1.200	100.0																															
2.500	100.0																															
5.000	100.0																															
10.000	100.0																															
20.000	100.0																															
40.000	100.0																															
75.000	100.0																															
150.000	100.0																															

LABORATORIO DE SUELOS						
Proyecto: Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar						2/2
Uso: Cimentación		Calculado: Darwin Tacuri				
Spt: 1		Procedencia: Racar				
Profundidad: 3.00 - 3.45 m		Fecha: 5 de diciembre de 2023				
HUMEDAD NATURAL						
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro	Peso suelo seco + tarro	Peso tarro	% de Humedad	PROMEDIO
49	----	39.33	29.70	17.44	78.55	78.78
20	----	37.12	28.15	16.77	78.82	
6	----	35.78	27.41	16.81	78.96	
LIMITE LIQUIDO						
60	10	23.26	21.67	17.24	35.89	32.84
19	16	22.86	21.29	16.69	34.13	
20	24	23.69	21.97	16.77	33.08	
51	34	25.12	23.28	17.47	31.67	
18	45	24.40	22.76	17.48	31.06	
LIMITE PLASTICO						
55	----	20.11	19.68	17.92	24.43	24.50
4	----	19.36	18.91	17.09	24.73	
53	----	20.18	19.71	17.78	24.35	
Límite Líquido a 25 golpes = 32.84% Índice de plasticidad = 8.33						

ING. CRISTINA VINTIMILLA
SENECYT 1007-05-605320

CLASIFICACIÓN SPT-1 (4.00-4.45m)

LABORATORIO DE SUELOS						
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						1/2
Proyecto:	Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar					
Uso:	Cimentación	Calculado:			Darwin Tacuri	
Spt:	1	Procedencia:			Racar	
Profundidad:	4.00 - 4.45 m	Fecha:			5 de diciembre de 2023	
NORMAS: AASHTO T-11 T-27 ASTM: D422-63						
TAMIZ Pulg.	(mm)	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	CLASIFICACIÓN
3"	76.200		-	-	100.0	
2 1/2"	63.500		-	-	100.0	
2"	50.800		-	-	100.0	
1 1/2"	38.100		-	-	100.0	
1"	25.400	-	-	-	100.0	
3/4 "	19.050	-	-	-	100.0	
1/2 "	12.700	-	-	-	100.0	
3/8 "	9.525	-	-	-	100.0	
Nº 4	4.750	18	18	4.6	95.4	
< Nº 4	4.750	18	382	(95.4)	95.4	
Nº 10	2.000	15.2	15.2	8.4	91.6	
Nº 40	0.425	40.4	55.6	18.5	81.5	
Nº 200	0.075	109.1	164.7	45.8	(54.2)	
< Nº 200	<0,075	216.9	216.9	(54.2)		
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8						
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			400.00	CUARTEO		
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	5.00%	Peso total antes del lavado		381.57
SUCS	CL	ARENA =	41.00%	Peso total después del lavado		164.69
AASHTO	A-4 (3)	FINOS =	54.00%			
OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad						
CURVA GRANULOMÉTRICA						
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica con el eje Y etiquetado como 'Porcentaje que Pasa' (rango 0-100.0) y el eje X etiquetado como 'Abertura del Tamiz (mm)' (rango logarítmico 0.010-100.000). La curva, representada por una línea con diamantes, muestra un aumento del porcentaje que pasa desde aproximadamente 54.2% a 0.075 mm hasta el 100% que pasa a 0.425 mm, manteniéndose constante en 100% para aberturas mayores.</p>						

LABORATORIO DE SUELOS																		
Proyecto: Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar						2/2												
Uso: Cimentación			Calculado: Darwin Tacuri															
Spt: 1			Procedencia: Racar															
Profundidad: 4.00 - 4.45 m			Fecha: 5 de diciembre de 2023															
HUMEDAD NATURAL																		
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro	Peso suelo seco + tarro	Peso tarro	% de Humedad	PROMEDIO												
17	----	32.22	30.60	17.72	12.58	12.50												
54	----	30.77	29.31	17.56	12.43													
7	----	31.04	29.43	16.56	12.51													
LIMITE LIQUIDO																		
13	10	23.65	22.05	17.35	34.04	30.36												
7	15	22.6	21.13	16.56	32.17													
56	23	24.14	22.60	17.59	30.74													
52	34	24.25	22.74	17.58	29.26													
47	45	23.68	22.33	17.51	28.01													
LIMITE PLASTICO																		
1	----	19.19	18.74	16.60	21.03	20.79												
17	----	19.67	19.33	17.72	21.12													
10	----	18.71	18.36	16.63	20.23													
<div style="text-align: center;"> HUMEDAD vs # DE GOLPES. </div> <table border="1"> <caption>Datos del gráfico de humedad vs número de golpes</caption> <thead> <tr> <th># DE GOLPES</th> <th>% DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>34.04</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>32.17</td> </tr> <tr> <td>23</td> <td>30.74</td> </tr> <tr> <td>34</td> <td>29.26</td> </tr> <tr> <td>45</td> <td>28.01</td> </tr> </tbody> </table>							# DE GOLPES	% DE HUMEDAD	10	34.04	15	32.17	23	30.74	34	29.26	45	28.01
# DE GOLPES	% DE HUMEDAD																	
10	34.04																	
15	32.17																	
23	30.74																	
34	29.26																	
45	28.01																	
Límite Líquido a 25 golpes =		30.36%		Índice de plasticidad =		9.57												

ING. CRISTINA VINTIMILLA
SENECYT 1007-05-605320

CLASIFICACIÓN SPT-2 (1.00-1.45m)

LABORATORIO DE SUELOS																		
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						1/2												
Proyecto:	Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar																	
Uso:	Cimentación			Calculado:	Darwin Tacuri													
Spt:	2			Procedencia:	Racar													
Profundidad:	1.00 - 1.45 m			Fecha:	6 de diciembre de 2023													
NORMAS: AASHTO T-11 T-27 ASTM: D422-63																		
TAMIZ Pulg.	TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	CLASIFICACIÓN												
3"	76.200		-	-	100.0													
2 1/2"	63.500		-	-	100.0													
2"	50.800		-	-	100.0													
1 1/2"	38.100		-	-	100.0													
1"	25.400	-	-	-	100.0													
3/4 "	19.050	-	-	-	100.0													
1/2 "	12.700	-	-	-	100.0													
3/8 "	9.525	-	-	-	100.0													
Nº 4	4.750		-	-	100.0													
< Nº 4	4.750	-	400	(100.0)	100.0													
Nº 10	2.000	6.0	6.0	1.5	98.5													
Nº 40	0.425	20.3	26.3	6.6	93.4													
Nº 200	0.075	66.5	92.8	23.2	(76.8)													
< Nº 200	<0,075	307.2	307.2	(76.8)														
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8																		
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			400.00	CUARTEO														
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	0.00%	Peso total antes del lavado		400.00												
SUCS	CL	ARENA =	23.00%	Peso total después del lavado		92.79												
AASHTO	A-7-6 (23)	FINOS =	77.00%															
OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad																		
CURVA GRANULOMÉTRICA																		
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica con el eje Y etiquetado como 'Porcentaje que Pasa' (0 a 100.0) y el eje X como 'Abertura del Tamiz (mm)' (0.010 a 100.000). La curva está representada por una línea con marcadores de diamante. Los datos clave extraídos de la tabla son:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Abertura del Tamiz (mm)</th> <th>Porcentaje que Pasa (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.075</td><td>76.8</td></tr> <tr><td>0.425</td><td>93.4</td></tr> <tr><td>2.000</td><td>98.5</td></tr> <tr><td>4.750</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>76.200</td><td>100.0</td></tr> </tbody> </table>							Abertura del Tamiz (mm)	Porcentaje que Pasa (%)	0.075	76.8	0.425	93.4	2.000	98.5	4.750	100.0	76.200	100.0
Abertura del Tamiz (mm)	Porcentaje que Pasa (%)																	
0.075	76.8																	
0.425	93.4																	
2.000	98.5																	
4.750	100.0																	
76.200	100.0																	

LABORATORIO DE SUELOS						
Proyecto: Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar						2/2
Uso: Cimentación			Calculado: Darwin Tacuri			
Spt: 2			Procedencia: Racar			
Profundidad: 1.00 - 1.45 m			Fecha: 6 de diciembre de 2023			
HUMEDAD NATURAL						
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro	Peso suelo seco + tarro	Peso tarro	% de Humedad	PROMEDIO
8	----	32.69	28.07	16.60	40.28	40.21
2	----	33.44	28.66	16.75	40.13	
4	----	31.28	27.21	17.09	40.22	
LIMITE LIQUIDO						
61	12	23.38	21.45	17.76	52.30	48.86
4	17	23.16	21.12	17.09	50.62	
60	25	23.05	21.14	17.24	48.97	
51	35	25.64	23.02	17.47	47.21	
20	46	22.77	20.88	16.77	45.99	
LIMITE PLASTICO						
48	----	19.11	18.89	17.63	17.46	18.09
9	----	18.08	17.87	16.70	17.95	
50	----	19.05	18.82	17.60	18.85	
<div style="text-align: center;"> HUMEDAD vs # DE GOLPES. </div>						
Límite Líquido a 25 golpes = 48.86% Índice de plasticidad = 30.77						

ING. CRISTINA VINTIMILLA
SENECYT 1007-05-605320

CLASIFICACIÓN SPT-2 (2.00-2.45m)

LABORATORIO DE SUELOS						
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						1/2
Proyecto:	Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar					
Uso:	Cimentación			Calculado:	Darwin Tacuri	
Spt:	2			Procedencia:	Racar	
Profundidad:	2.00 - 2.45 m			Fecha:	6 de diciembre de 2023	
NORMAS: AASHTO T-11 T-27 ASTM: D422-63						
TAMIZ Pulg. (mm)	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	CLASIFICACIÓN	
3"	76.200	-	-	100.0		
2 1/2"	63.500	-	-	100.0		
2"	50.800	-	-	100.0		
1 1/2"	38.100	-	-	100.0		
1"	25.400	-	-	100.0		
3/4 "	19.050	-	-	100.0		
1/2 "	12.700	-	-	100.0		
3/8 "	9.525	-	-	100.0		
Nº 4	4.750	-	-	100.0		
< Nº 4	4.750	-	500	(100.0)	100.0	
Nº 10	2.000	23.1	23.1	4.6	95.4	
Nº 40	0.425	38.2	61.3	12.3	87.7	
Nº 200	0.075	62.0	123.3	24.7	(75.3)	
< Nº 200	<0,075	376.6	376.7	(75.3)		
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8						
PESO TOTAL DE LA MUESTRA		500.00		CUARTEO		
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	0.00%	Peso total antes del lavado		500.00
SUCS	CH	ARENA =	25.00%	Peso total después del lavado		123.32
AASHTO	A-7-6 (27)	FINOS =	75.00%			
OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad						
CURVA GRANULOMÉTRICA						
<p>Porcentaje que Pasa</p> <p>Abertura del Tamiz (mm)</p>						

LABORATORIO DE SUELOS																		
						2/2												
Proyecto:	Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar																	
Uso:	Cimentación	Calculado:				Darwin Tacuri												
Spt:	2	Procedencia:				Racar												
Profundidad:	2.00 - 2.45 m	Fecha:				6 de diciembre de 2023												
HUMEDAD NATURAL																		
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro	Peso suelo seco + tarro	Peso tarro	% de Humedad	PROMEDIO												
13	---	33.37	29.47	17.35	32.18	32.43												
1	---	33.91	29.65	16.60	32.64													
7	---	32.84	28.85	16.56	32.47													
LIMITE LIQUIDO																		
17	11	24.56	21.88	17.72	64.42	62.05												
24	17	24.84	17.18	5.04	63.10													
31	26	25.34	17.60	5.13	62.07													
6	35	25.61	22.27	16.81	61.17													
9	46	24.21	21.39	16.70	60.13													
LIMITE PLASTICO																		
7	---	19.24	18.65	16.56	28.23	28.52												
10	---	19.33	18.73	16.63	28.57													
12	---	19.68	19.05	16.86	28.77													
<div style="text-align: center;"> HUMEDAD vs # DE GOLPES. </div> <table border="1"> <caption>Datos del gráfico de humedad vs número de golpes</caption> <thead> <tr> <th># DE GOLPES</th> <th>% DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11</td> <td>64.42</td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>63.10</td> </tr> <tr> <td>26</td> <td>62.07</td> </tr> <tr> <td>35</td> <td>61.17</td> </tr> <tr> <td>46</td> <td>60.13</td> </tr> </tbody> </table>							# DE GOLPES	% DE HUMEDAD	11	64.42	17	63.10	26	62.07	35	61.17	46	60.13
# DE GOLPES	% DE HUMEDAD																	
11	64.42																	
17	63.10																	
26	62.07																	
35	61.17																	
46	60.13																	
Límite Líquido a 25 golpes =		62.05%	Índice de plasticidad =		33.53													

ING. CRISTINA VINTIMILLA
SENECYT 1007-05-605320

CLASIFICACIÓN SPT-2 (3.00-3.45m)

LABORATORIO DE SUELOS																		
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						1/2												
Proyecto:	Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar																	
Uso:	Cimentación			Calculado:	Darwin Tacuri													
Spt:	2			Procedencia:	Racar													
Profundidad:	3.00 - 3.45 m			Fecha:	6 de diciembre de 2023													
NORMAS: AASHTO T-11 T-27 ASTM: D422-63																		
TAMIZ Pulg.	TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	CLASIFICACIÓN												
3"	76.200		-	-	100.0													
2 1/2"	63.500		-	-	100.0													
2"	50.800		-	-	100.0													
1 1/2"	38.100		-	-	100.0													
1"	25.400	-	-	-	100.0													
3/4 "	19.050	-	-	-	100.0													
1/2 "	12.700	-	-	-	100.0													
3/8 "	9.525	-	-	-	100.0													
Nº 4	4.750		-	-	100.0													
< Nº 4	4.750	-	500	(100.0)	100.0													
Nº 10	2.000	17.4	17.4	3.5	96.5													
Nº 40	0.425	23.4	40.8	8.2	91.8													
Nº 200	0.075	56.0	96.8	19.4	(80.6)													
< Nº 200	<0,075	403.2	403.2	(80.6)														
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8																		
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			500.00	CUARTEO														
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	0.00%	Peso total antes del lavado		500.00												
SUCS	CH	ARENA =	19.00%	Peso total después del lavado		96.78												
AASHTO	A-7-6 (32)	FINOS =	81.00%															
OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad																		
CURVA GRANULOMÉTRICA																		
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica con los siguientes datos:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Abertura del Tamiz (mm)</th> <th>Porcentaje que Pasa (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.075</td> <td>80.6</td> </tr> <tr> <td>0.425</td> <td>91.8</td> </tr> <tr> <td>2.000</td> <td>96.5</td> </tr> <tr> <td>4.750</td> <td>100.0</td> </tr> <tr> <td>100.000</td> <td>100.0</td> </tr> </tbody> </table>							Abertura del Tamiz (mm)	Porcentaje que Pasa (%)	0.075	80.6	0.425	91.8	2.000	96.5	4.750	100.0	100.000	100.0
Abertura del Tamiz (mm)	Porcentaje que Pasa (%)																	
0.075	80.6																	
0.425	91.8																	
2.000	96.5																	
4.750	100.0																	
100.000	100.0																	

LABORATORIO DE SUELOS																		
Proyecto: Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar						2/2												
Uso: Cimentación			Calculado: Darwin Tacuri															
Spt: 2			Procedencia: Racar															
Profundidad: 3.00 - 3.45 m			Fecha: 6 de diciembre de 2023															
HUMEDAD NATURAL																		
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro	Peso suelo seco + tarro	Peso tarro	% de Humedad	PROMEDIO												
8	----	34.22	30.77	16.60	24.35	24.49												
16	----	33.97	30.59	16.91	24.71													
9	----	32.65	29.52	16.70	24.41													
LIMITE LIQUIDO																		
59	12	23.12	20.86	17.45	66.28	62.85												
11	18	22.15	20.10	16.92	64.47													
2	25	22.04	20.00	16.75	62.77													
58	36	23.03	20.93	17.50	61.22													
56	47	23.92	21.55	17.59	59.85													
LIMITE PLASTICO																		
61	----	19.63	19.25	17.76	25.50	26.10												
45	----	18.95	18.65	17.52	26.55													
62	----	19.25	18.88	17.47	26.24													
<div style="text-align: center;"> HUMEDAD vs # DE GOLPES. </div> <table border="1"> <caption>Datos del gráfico</caption> <thead> <tr> <th># DE GOLPES</th> <th>% DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>66.28</td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>64.47</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>62.77</td> </tr> <tr> <td>36</td> <td>61.22</td> </tr> <tr> <td>47</td> <td>59.85</td> </tr> </tbody> </table>							# DE GOLPES	% DE HUMEDAD	12	66.28	18	64.47	25	62.77	36	61.22	47	59.85
# DE GOLPES	% DE HUMEDAD																	
12	66.28																	
18	64.47																	
25	62.77																	
36	61.22																	
47	59.85																	
Límite Líquido a 25 golpes =		62.85%	Índice de plasticidad =		36.76													

ING. CRISTINA VINTIMILLA
SENECYT 1007-05-605320

CLASIFICACIÓN SPT-2 (4.00-4.45m)

LABORATORIO DE SUELOS						
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						1/2
Proyecto:	Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar					
Uso:	Cimentación			Calculado:	Darwin Tacuri	
Spt:	2			Procedencia:	Racar	
Profundidad:	4.00 - 4.45 m			Fecha:	7 de diciembre de 2023	
NORMAS: AASHTO T-11 T-27 ASTM: D422-63						
TAMIZ Pulg.	TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	CLASIFICACIÓN
3"	76.200		-	-	100.0	
2 1/2"	63.500		-	-	100.0	
2"	50.800		-	-	100.0	
1 1/2"	38.100		-	-	100.0	
1"	25.400	-	-	-	100.0	
3/4 "	19.050	-	-	-	100.0	
1/2 "	12.700	-	-	-	100.0	
3/8 "	9.525	-	-	-	100.0	
Nº 4	4.750	14	14	2.9	97.1	
< Nº 4	4.750	14	486	(97.1)	97.1	
Nº 10	2.000	20.3	20.3	6.9	93.1	
Nº 40	0.425	48.4	68.7	16.6	83.4	
Nº 200	0.075	84.5	153.1	33.5	(66.5)	
< Nº 200	<0,075	332.8	332.6	(66.5)		
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8						
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			500.00	CUARTEO		
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	3.00%	Peso total antes del lavado		485.70
SUCS	CH	ARENA =	30.00%	Peso total después del lavado		153.14
AASHTO	A-7-6 (24)	FINOS =	67.00%			
OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad						
CURVA GRANULOMÉTRICA						
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica con el eje Y etiquetado como 'Porcentaje que Pasa' (ranging from 0 to 100.0) y el eje X etiquetado como 'Abertura del Tamiz (mm)' (logarithmic scale from 0.010 to 100.000). La curva está representada por una línea con marcadores de diamante. El punto de inicio es a 0.075 mm con un porcentaje que pasa de 66.5%. El punto de finalización es a 0.425 mm con un porcentaje que pasa de 100.0%. Los puntos intermedios son: (0.15 mm, 83.4%), (0.425 mm, 100.0%), (0.75 mm, 100.0%), (1.5 mm, 100.0%), (3.0 mm, 100.0%), (6.0 mm, 100.0%), (12.5 mm, 100.0%), (25.0 mm, 100.0%), (50.0 mm, 100.0%), (75.0 mm, 100.0%).</p>						

LABORATORIO DE SUELOS						
						2/2
Proyecto:	Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar					
Uso:	Cimentación	Calculado:				Darwin Tacuri
Spt:	2	Procedencia:				Racar
Profundidad:	4.00 - 4.45 m	Fecha:				7 de diciembre de 2023
HUMEDAD NATURAL						
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro	Peso suelo seco + tarro	Peso tarro	% de Humedad	PROMEDIO
17	----	33.38	31.55	17.72	13.23	13.28
11	----	32.74	30.87	16.92	13.41	
4	----	32.88	31.04	17.09	13.19	
LIMITE LIQUIDO						
13	12	22.85	20.64	17.35	67.17	62.19
8	17	22.34	20.08	16.60	64.94	
9	25	22.75	20.43	16.70	62.20	
1	35	22.69	20.41	16.60	59.84	
52	46	24.50	21.96	17.58	57.99	
LIMITE PLASTICO						
7	----	18.25	17.92	16.56	24.26	24.30
63	----	20.57	20.26	18.96	23.85	
3	----	18.74	18.44	17.23	24.79	
Límite Líquido a 25 golpes =		62.19%		Índice de plasticidad =		37.89

ING. CRISTINA VINTIMILLA
SENECYT 1007-05-605320

CLASIFICACIÓN SPT-3 (1.00-1.45m)

LABORATORIO DE SUELOS																		
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						1/2												
Proyecto:	Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar																	
Uso:	Cimentación			Calculado:	Darwin Tacuri													
Spt:	3			Procedencia:	Racar													
Profundidad:	1.00 - 1.45 m			Fecha:	7 de diciembre de 2023													
NORMAS: AASHTO T-11 T-27 ASTM: D422-63																		
TAMIZ Pulg.	TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	CLASIFICACIÓN												
3"	76.200		-	-	100.0													
2 1/2"	63.500		-	-	100.0													
2"	50.800		-	-	100.0													
1 1/2"	38.100		-	-	100.0													
1"	25.400	-	-	-	100.0													
3/4 "	19.050	-	-	-	100.0													
1/2 "	12.700	-	-	-	100.0													
3/8 "	9.525	-	-	-	100.0													
Nº 4	4.750	-	-	-	100.0													
< Nº 4	4.750	-	250	(100.0)	100.0													
Nº 10	2.000	10.7	10.7	4.3	95.7													
Nº 40	0.425	32.7	43.3	17.3	82.7													
Nº 200	0.075	34.6	77.9	31.1	(68.9)													
< Nº 200	<0,075	172.1	172.1	(68.9)														
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8																		
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			250.00	CUARTEO														
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	0.00%	Peso total antes del lavado		250.00												
SUCS	CH	ARENA =	31.00%	Peso total después del lavado		77.86												
AASHTO	A-7-6 (29)	FINOS =	69.00%															
OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad																		
CURVA GRANULOMÉTRICA																		
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica con los siguientes datos:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Abertura del Tamiz (mm)</th> <th>Porcentaje que Pasa (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.075</td><td>70.0</td></tr> <tr><td>0.425</td><td>82.7</td></tr> <tr><td>2.000</td><td>95.7</td></tr> <tr><td>4.750</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>76.200</td><td>100.0</td></tr> </tbody> </table>							Abertura del Tamiz (mm)	Porcentaje que Pasa (%)	0.075	70.0	0.425	82.7	2.000	95.7	4.750	100.0	76.200	100.0
Abertura del Tamiz (mm)	Porcentaje que Pasa (%)																	
0.075	70.0																	
0.425	82.7																	
2.000	95.7																	
4.750	100.0																	
76.200	100.0																	

LABORATORIO DE SUELOS						
Proyecto: Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar						2/2
Uso: Cimentación		Calculado: Darwin Tacuri				
Spt: 3		Procedencia: Racar				
Profundidad: 1.00 - 1.45 m		Fecha: 7 de diciembre de 2023				
HUMEDAD NATURAL						
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro	Peso suelo seco + tarro	Peso tarro	% de Humedad	PROMEDIO
6	----	34.85	29.46	16.81	42.61	42.57
13	----	34.27	29.24	17.35	42.30	
2	----	34.33	29.06	16.75	42.81	
LIMITE LIQUIDO						
10	11	26.58	22.33	16.63	74.56	70.05
16	16	25.34	21.79	16.91	72.75	
3	25	25.84	22.28	17.23	70.50	
7	35	25.33	21.78	16.56	68.01	
6	46	25.89	22.27	16.81	66.30	
LIMITE PLASTICO						
1	----	19.31	18.72	16.60	27.83	28.30
14	----	19.22	18.67	16.74	28.50	
2	----	19.45	18.85	16.75	28.57	
<p>HUMEDAD vs # DE GOLPES.</p>						
Límite Líquido a 25 golpes = 70.05% Índice de plasticidad = 41.75						

ING. CRISTINA VINTIMILLA
 SENESCYT 1007-05-605320

CLASIFICACIÓN SPT-3 (2.00-2.45m)

LABORATORIO DE SUELOS						
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						1/2
Proyecto:	Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar					
Uso:	Cimentación		Calculado:	Darwin Tacuri		
Spt:	3		Procedencia:	Racar		
Profundidad:	2.00 - 2.45 m		Fecha:	7 de diciembre de 2023		
NORMAS: AASHTO T-11 T-27 ASTM: D422-63						
TAMIZ Pulg.	(mm)	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	CLASIFICACIÓN
3"	76.200		-	-	100.0	
2 1/2"	63.500		-	-	100.0	
2"	50.800		-	-	100.0	
1 1/2"	38.100		-	-	100.0	
1"	25.400	-	-	-	100.0	
3/4 "	19.050	-	-	-	100.0	
1/2 "	12.700	-	-	-	100.0	
3/8 "	9.525	-	-	-	100.0	
Nº 4	4.750	-	-	-	100.0	
< Nº 4	4.750	-	250	(100.0)	100.0	
Nº 10	2.000	9.0	9.0	3.6	96.4	
Nº 40	0.425	22.6	31.6	12.6	87.4	
Nº 200	0.075	38.5	70.1	28.0	(72.0)	
< Nº 200	<0,075	179.9	179.9	(72.0)		
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8						
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			250.00	CUARTEO		
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	0.00%	Peso total antes del lavado		250.00
SUCS	CH	ARENA =	28.00%	Peso total después del lavado		70.06
AASHTO	A-7-6 (30)	FINOS =	72.00%			
OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad						
CURVA GRANULOMÉTRICA						
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica con el eje Y etiquetado como 'Porcentaje que Pasa' (0 a 100.0) y el eje X como 'Abertura del Tamiz (mm)' (0.010 a 100.000). La curva está formada por puntos conectados por líneas rectas, con un símbolo de diamante en cada punto. El punto más bajo está a 0.075 mm (72.0%) y el punto más alto está a 4.75 mm (100.0%).</p>						

LABORATORIO DE SUELOS																		
						2/2												
Proyecto:	Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar																	
Uso:	Cimentación	Calculado:				Darwin Tacuri												
Spt:	3	Procedencia:				Racar												
Profundidad:	2.00 - 2.45 m	Fecha:				7 de diciembre de 2023												
HUMEDAD NATURAL																		
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro	Peso suelo seco + tarro	Peso tarro	% de Humedad	PROMEDIO												
10	----	31.42	27.54	16.63	35.56	35.36												
5	----	31.84	27.95	16.91	35.24													
14	----	32.61	28.47	16.74	35.29													
LIMITE LIQUIDO																		
53	12	23.00	20.81	17.78	72.28	65.78												
64	17	22.49	20.38	17.32	68.95													
14	24	22.11	19.96	16.74	66.77													
47	35	23.08	20.93	17.51	62.87													
49	46	23.47	21.21	17.44	59.95													
LIMITE PLASTICO																		
50	----	19.44	19.07	17.60	25.17	24.90												
12	----	18.40	18.10	16.86	24.19													
15	----	18.81	18.44	16.98	25.34													
<div style="text-align: center;"> HUMEDAD vs # DE GOLPES. </div> <table border="1"> <caption>Datos del gráfico de humedad vs número de golpes</caption> <thead> <tr> <th># DE GOLPES</th> <th>% DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>12</td> <td>72.28</td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>68.95</td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>66.77</td> </tr> <tr> <td>35</td> <td>62.87</td> </tr> <tr> <td>46</td> <td>59.95</td> </tr> </tbody> </table>							# DE GOLPES	% DE HUMEDAD	12	72.28	17	68.95	24	66.77	35	62.87	46	59.95
# DE GOLPES	% DE HUMEDAD																	
12	72.28																	
17	68.95																	
24	66.77																	
35	62.87																	
46	59.95																	
Límite Líquido a 25 golpes =		65.78%	Índice de plasticidad =		40.88													

ING. CRISTINA VINTIMILLA
SENECYT 1007-05-605320

CLASIFICACIÓN SPT-3 (3.00-3.45m)

LABORATORIO DE SUELOS																		
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						1/2												
Proyecto:	Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar																	
Uso:	Cimentación	Calculado:			Darwin Tacuri													
Spt:	3	Procedencia:			Racar													
Profundidad:	3.00 - 3.45 m	Fecha:			8 de diciembre de 2023													
NORMAS: AASHTO T-11 T-27 ASTM: D422-63																		
Pulg.	TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	CLASIFICACIÓN												
3"	76.200		-	-	100.0													
2 1/2"	63.500		-	-	100.0													
2"	50.800		-	-	100.0													
1 1/2"	38.100		-	-	100.0													
1"	25.400	-	-	-	100.0													
3/4 "	19.050	-	-	-	100.0													
1/2 "	12.700	-	-	-	100.0													
3/8 "	9.525	-	-	-	100.0													
Nº 4	4.750	-	-	-	100.0													
< Nº 4	4.750	-	350	(100.0)	100.0													
Nº 10	2.000	17.4	17.4	5.0	95.0													
Nº 40	0.425	38.5	55.9	16.0	84.0													
Nº 200	0.075	46.7	102.5	29.3	(70.7)													
< Nº 200	<0,075	247.4	247.5	(70.7)														
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8																		
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			350.00	CUARTEO														
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	0.00%	Peso total antes del lavado		350.00												
SUCS	CH	ARENA =	29.00%	Peso total después del lavado		102.54												
AASHTO	A-7-6 (24)	FINOS =	71.00%															
OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad																		
CURVA GRANULOMÉTRICA																		
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica con los siguientes datos:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Abertura del Tamiz (mm)</th> <th>Porcentaje que Pasa (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.075</td><td>70.7</td></tr> <tr><td>0.425</td><td>84.0</td></tr> <tr><td>2.000</td><td>95.0</td></tr> <tr><td>4.750</td><td>100.0</td></tr> <tr><td>76.200</td><td>100.0</td></tr> </tbody> </table>							Abertura del Tamiz (mm)	Porcentaje que Pasa (%)	0.075	70.7	0.425	84.0	2.000	95.0	4.750	100.0	76.200	100.0
Abertura del Tamiz (mm)	Porcentaje que Pasa (%)																	
0.075	70.7																	
0.425	84.0																	
2.000	95.0																	
4.750	100.0																	
76.200	100.0																	

LABORATORIO DE SUELOS																		
Proyecto: Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar						2/2												
Uso: Cimentación		Calculado: Darwin Tacuri																
Spt: 3		Procedencia: Racar																
Profundidad: 3.00 - 3.45 m		Fecha: 8 de diciembre de 2023																
HUMEDAD NATURAL																		
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro	Peso suelo seco + tarro	Peso tarro	% de Humedad	PROMEDIO												
18	---	32.31	29.22	17.48	26.32	26.40												
3	---	32.22	29.08	17.23	26.50													
7	---	34.52	30.77	16.56	26.39													
LIMITE LIQUIDO																		
17	10	23.74	21.4	17.72	63.59	61.12												
48	16	23.28	21.11	17.63	62.36													
54	24	22.67	20.73	17.56	61.20													
5	34	21.61	19.84	16.91	60.41													
6	45	23.14	20.78	16.81	59.45													
LIMITE PLASTICO																		
57	---	19.12	18.76	17.40	26.47	27.21												
10	---	18.48	18.08	16.63	27.59													
46	---	19.18	18.83	17.56	27.56													
<div style="text-align: center;"> HUMEDAD vs # DE GOLPES. </div> <table border="1"> <caption>Datos del gráfico de humedad vs número de golpes</caption> <thead> <tr> <th># DE GOLPES</th> <th>% DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>63.59</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>62.36</td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>61.20</td> </tr> <tr> <td>34</td> <td>60.41</td> </tr> <tr> <td>45</td> <td>59.45</td> </tr> </tbody> </table>							# DE GOLPES	% DE HUMEDAD	10	63.59	16	62.36	24	61.20	34	60.41	45	59.45
# DE GOLPES	% DE HUMEDAD																	
10	63.59																	
16	62.36																	
24	61.20																	
34	60.41																	
45	59.45																	
Límite Líquido a 25 golpes =		61.12%	Índice de plasticidad =		33.92													

ING. CRISTINA VINTIMILLA
SENECYT 1007-05-605320

CLASIFICACIÓN SPT-3 (4.00-4.45m)

LABORATORIO DE SUELOS																				
ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						1/2														
Proyecto:	Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar																			
Uso:	Cimentación	Calculado:	Darwin Tacuri																	
Spt:	3	Procedencia:	Racar																	
Profundidad:	4.00 - 4.45 m	Fecha:	8 de diciembre de 2023																	
NORMAS: AASHTO T-11 T-27 ASTM: D422-63																				
TAMIZ Pulg.	(mm)	PESO RETENIDO PARCIAL (g)	PESO RETENIDO ACUMULADO (g)	% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA	CLASIFICACIÓN														
3"	76.200		-	-	100.0															
2 1/2"	63.500		-	-	100.0															
2"	50.800		-	-	100.0															
1 1/2"	38.100		-	-	100.0															
1"	25.400	-	-	-	100.0															
3/4 "	19.050	-	-	-	100.0															
1/2 "	12.700	-	-	-	100.0															
3/8 "	9.525	-	-	-	100.0															
Nº 4	4.750	20	20	4.1	95.9															
< Nº 4	4.750	20	480	(95.9)	95.9															
Nº 10	2.000	37.5	37.5	11.6	88.5															
Nº 40	0.425	57.9	95.3	23.1	76.9															
Nº 200	0.075	91.3	186.6	41.4	(58.6)															
< Nº 200	<0,075	292.9	293.1	(58.6)																
* Abertura de los tamices tomado del libro "Fundamentos de Ingeniería Geotécnica", Braja M. Das, Pg. 8																				
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			500.00	CUARTEO																
CLASIFICACIÓN		GRAVA =	4.00%	Peso total antes del lavado		479.70														
SUCS	CH	ARENA =	37.00%	Peso total después del lavado		186.62														
AASHTO	A-7-6 (18)	FINOS =	59.00%																	
OBSERVACIONES: Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad																				
CURVA GRANULOMÉTRICA																				
<p>El gráfico muestra la curva granulométrica con los siguientes datos:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Abertura del Tamiz (mm)</th> <th>Porcentaje que Pasa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0.075</td><td>58.6</td></tr> <tr><td>0.425</td><td>76.9</td></tr> <tr><td>2.000</td><td>88.5</td></tr> <tr><td>4.750</td><td>95.9</td></tr> <tr><td>10.000</td><td>95.9</td></tr> <tr><td>100.000</td><td>100.0</td></tr> </tbody> </table>							Abertura del Tamiz (mm)	Porcentaje que Pasa	0.075	58.6	0.425	76.9	2.000	88.5	4.750	95.9	10.000	95.9	100.000	100.0
Abertura del Tamiz (mm)	Porcentaje que Pasa																			
0.075	58.6																			
0.425	76.9																			
2.000	88.5																			
4.750	95.9																			
10.000	95.9																			
100.000	100.0																			

LABORATORIO DE SUELOS																		
Proyecto: Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para la correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar						2/2												
Uso:	Cimentación	Calculado:		Darwin Tacuri														
Spt:	3	Procedencia:		Racar														
Profundidad:	4.00 - 4.45 m	Fecha:		8 de diciembre de 2023														
HUMEDAD NATURAL																		
N° de Tarro	N° de golpes	Peso suelo húmedo + tarro	Peso suelo seco + tarro	Peso tarro	% de Humedad	PROMEDIO												
20	----	33.77	32.08	16.77	11.04	11.29												
11	----	32.11	30.49	16.92	11.94													
4	----	32.24	30.75	17.09	10.91													
LIMITE LIQUIDO																		
15	11	25.44	22.28	16.98	59.62	57.10												
10	16	24.33	21.50	16.63	58.11													
9	25	24.78	21.84	16.70	57.20													
5	34	24.11	21.52	16.91	56.18													
7	45	24.38	21.59	16.56	55.47													
LIMITE PLASTICO																		
2	----	19.85	19.29	16.75	22.05	22.31												
6	----	19.65	19.13	16.81	22.41													
13	----	19.53	19.13	17.35	22.47													
<div style="text-align: center;"> HUMEDAD vs # DE GOLPES. </div> <table border="1"> <caption>Datos del gráfico</caption> <thead> <tr> <th># DE GOLPES</th> <th>% DE HUMEDAD</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>11</td> <td>59.62</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>58.11</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>57.20</td> </tr> <tr> <td>34</td> <td>56.18</td> </tr> <tr> <td>45</td> <td>55.47</td> </tr> </tbody> </table>							# DE GOLPES	% DE HUMEDAD	11	59.62	16	58.11	25	57.20	34	56.18	45	55.47
# DE GOLPES	% DE HUMEDAD																	
11	59.62																	
16	58.11																	
25	57.20																	
34	56.18																	
45	55.47																	
Límite Líquido a 25 golpes = 57.10% Índice de plasticidad = 34.79																		

ING. CRISTINA VINTIMILLA
SENECYT 1007-05-605320

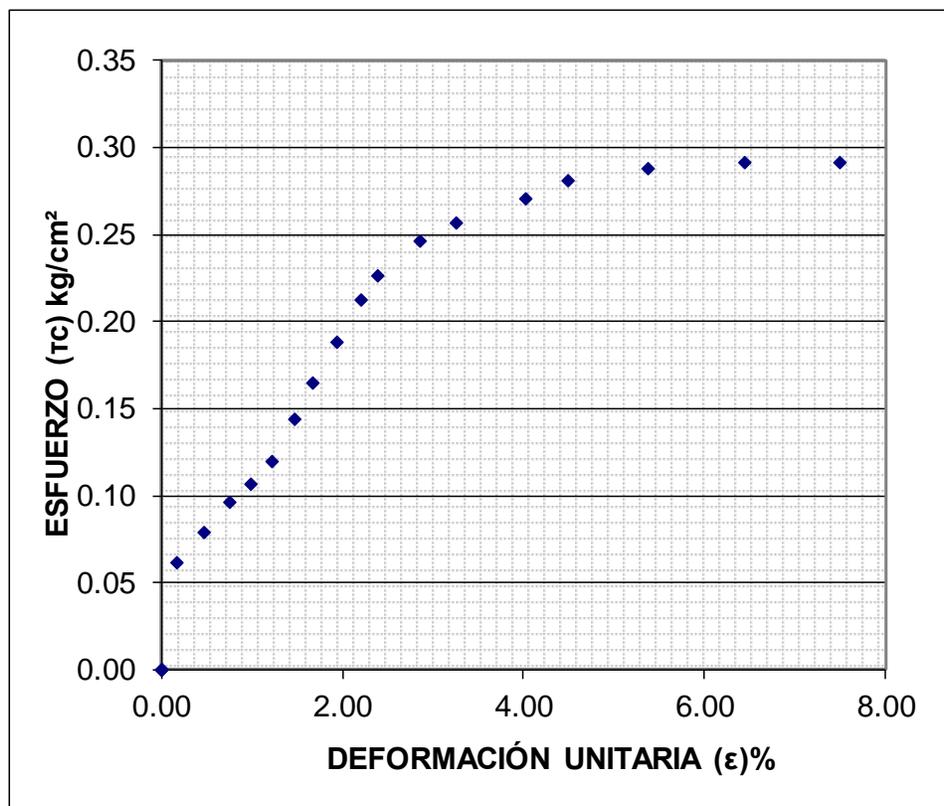
ANEXO 7: Ensayos de Corte Directo

CORTE DIRECTO SPT-1 (1.00-1.45m)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo inorgánico de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-1			PROFUNDIDAD: 1.45m		
FECHA: 20/11/2023			No. Muestra: M1		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	51.23%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	83.26		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1390		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	919		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		12.75			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		0.43			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.29			
LECTURA SEGUNDOS	LECTURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	18	1.836	0.06	0.10	0.16
15.00	23	2.346	0.08	0.29	0.47
15.00	28	2.856	0.10	0.46	0.75
15.00	31	3.162	0.11	0.61	0.99
15.00	35	3.570	0.12	0.75	1.22
15.00	42	4.284	0.14	0.91	1.48
15.00	48	4.896	0.16	1.03	1.67
15.00	55	5.610	0.19	1.19	1.93
15.00	62	6.324	0.21	1.36	2.21
15.00	66	6.732	0.23	1.47	2.39
30.00	72	7.344	0.25	1.76	2.86
30.00	75	7.650	0.26	2.01	3.26
30.00	79	8.058	0.27	2.48	4.03
30.00	82	8.364	0.28	2.77	4.50
60.00	84	8.568	0.29	3.31	5.37
60.00	85	8.670	0.29	3.97	6.44
60.00	85	8.670	0.29	4.62	7.50
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Limo inorgánico de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	1.45m
FECHA:	20/11/2023	No. Muestra:	M1
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Espécimen #: 1		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.29	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.43	kg/cm ²

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.
UBICACIÓN: Racar
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo inorgánico de alta compresibilidad
PERFORACIÓN: SPT-1 **PROFUNDIDAD:** 1.45m
FECHA DE ENSAYO: 20/11/2023

CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA

ASTM D-3086

Características del espécimen:

Espécimen	Altura	Diametro A	Diametro B	Area	Volumen	W molde	W molde + muestra	W húmedo muestra	ph
#	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(gr)	(gr)	(gr)	(kg/m ³)
1	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	41.62	124.88	83.26	1390.46
2	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	40.74	123.98	83.24	1390.13
3	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	42.96	126.21	83.25	1390.29

Contenido de humedad:

Espécimen	# tarro	W tarro	W tarro+muestra	W seco	Humedad ω (%)	Promedio parcial ω (%)
1	11	16.92	31.25	26.40	51.23%	51.23%
2	13	17.35	32.27	27.23	51.05%	51.05%
3	4	17.09	33.62	28.05	50.84%	50.84%

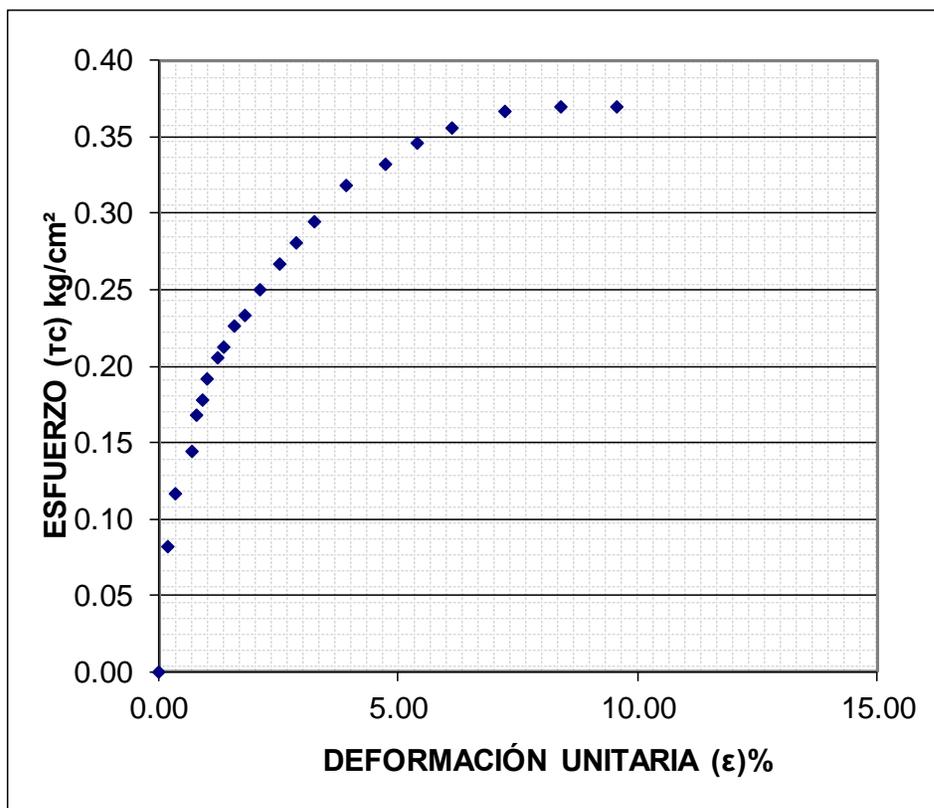
Resumen de Datos

Humedad Promedio Total:	51.04	%
Densidad Húmeda Prom. Total:	1390	(kg/m ³)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo inorgánico de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-1			PROFUNDIDAD: 1.45m		
FECHA: 20/11/2023			No. Muestra: M2		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	51.05%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	83.24		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1390.13		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	920.31		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máxima (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		25.5			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		0.86			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.37			
LECTURA SEGUNDOS	LECTURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	24	2.448	0.08	0.12	0.19
15.00	34	3.468	0.12	0.21	0.34
15.00	42	4.284	0.14	0.43	0.70
15.00	49	4.998	0.17	0.48	0.78
15.00	52	5.304	0.18	0.57	0.93
15.00	56	5.712	0.19	0.62	1.01
15.00	60	6.120	0.21	0.75	1.22
15.00	62	6.324	0.21	0.83	1.35
15.00	66	6.732	0.23	0.97	1.57
15.00	68	6.936	0.23	1.10	1.79
30.00	73	7.446	0.25	1.30	2.11
30.00	78	7.956	0.27	1.56	2.53
30.00	82	8.364	0.28	1.76	2.86
30.00	86	8.772	0.29	2.01	3.26
60.00	93	9.486	0.32	2.41	3.91
60.00	97	9.894	0.33	2.91	4.72
60.00	101	10.302	0.35	3.33	5.41
60.00	104	10.608	0.36	3.77	6.12
90.00	107	10.914	0.37	4.45	7.22
90.00	108	11.016	0.37	5.17	8.39
90.00	108	11.016	0.37	5.89	9.56
90.00					
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros α o mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Limo inorgánico de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	1.45m
FECHA:	20/11/2023	No. Muestra:	M2
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación

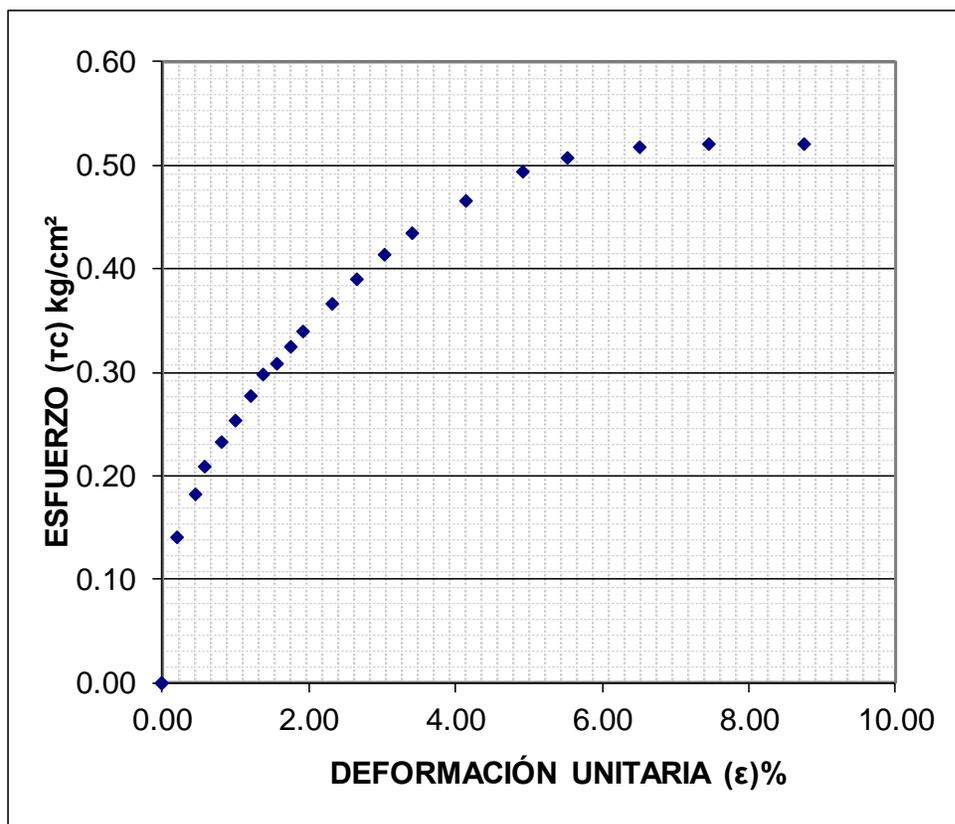


Espécimen #: 2		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.37	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.86	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.				
UBICACIÓN:	Racar				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Limo inorgánico de alta compresibilidad				
PERFORACIÓN:	SPT-1		PROFUNDIDAD:	1.45m	
FECHA:	20/11/2023		No. Muestra:	M3	
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA				ASTM D-3086	
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	50.84%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	83.24		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m3)	1390.29		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m3)	921.70		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquima (mm/min) =	0.5				
Carga normal (kgf) =	51				
Esfuerzo Normal σ (kg/cm2) =	1.71				
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm2) =	0.52				
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm2)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	41	4.182	0.14	0.13	0.21
15.00	53	5.406	0.18	0.28	0.45
15.00	61	6.222	0.21	0.36	0.58
15.00	68	6.936	0.23	0.50	0.81
15.00	74	7.548	0.25	0.61	0.99
15.00	81	8.262	0.28	0.74	1.20
15.00	87	8.874	0.30	0.85	1.38
15.00	90	9.180	0.31	0.96	1.56
15.00	95	9.690	0.33	1.08	1.75
15.00	99	10.098	0.34	1.19	1.93
30.00	107	10.914	0.37	1.43	2.32
30.00	114	11.628	0.39	1.63	2.65
30.00	121	12.342	0.41	1.87	3.04
30.00	127	12.954	0.43	2.10	3.41
60.00	136	13.872	0.47	2.55	4.14
60.00	144	14.688	0.49	3.03	4.92
60.00	148	15.096	0.51	3.40	5.52
60.00	151	15.402	0.52	4.01	6.51
90.00	152	15.504	0.52	4.60	7.47
90.00	152	15.504	0.52	5.40	8.77
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Limo inorgánico de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	1.45m
FECHA:	20/11/2023	No. Muestra:	M3
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

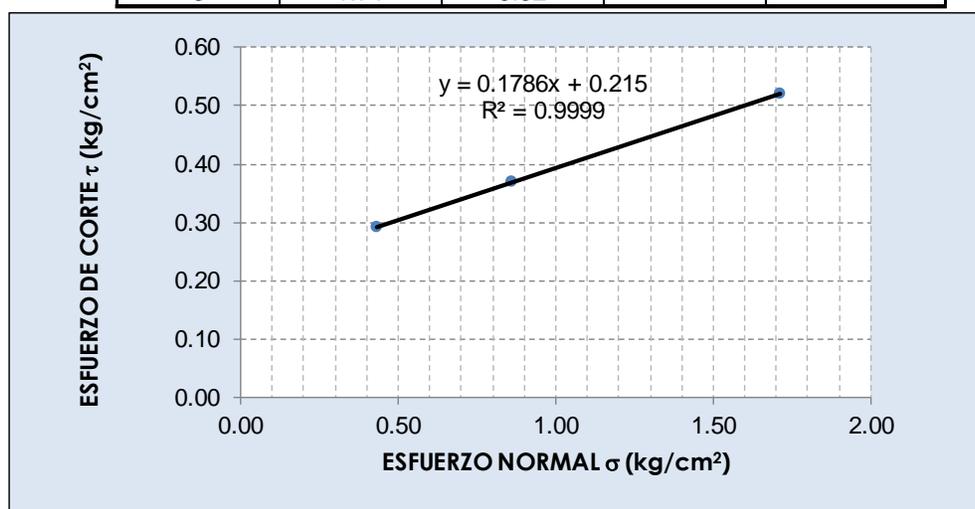
Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Espécimen #: 3		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.52	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	1.71	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Limo inorgánico de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	1.45m
FECHA:	20/11/2023		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086
GRÁFICO DE LA ENVOLVENTE DE FALLA: MUESTRAS REMOLDEADAS			

DATOS				
Especimen	Esfuerzo Normal σ	Esfuerzo de Corte τ	$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$	
			C	ϕ
#	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	(°)
1	0.43	0.29	0.21	10
2	0.86	0.37		
3	1.71	0.52		



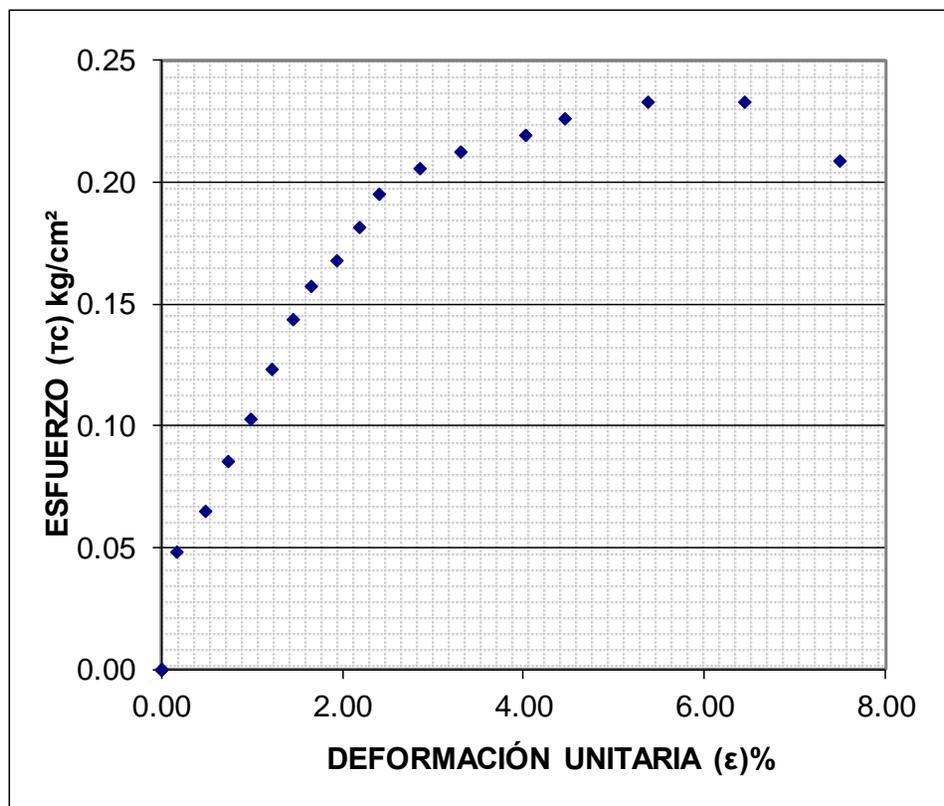
RESULTADOS			ENVOLVENTE DE FALLA
C=	0.21	kg/cm ²	
ϕ=	10	°	

CORTE DIRECTO SPT-1 (2.00-2.45m)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo inorgánico de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-1			PROFUNDIDAD: 2.45m		
FECHA: 20/11/2023			No. Muestra: M1		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	65.32%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	82.30		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m3)	1374		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m3)	831		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		12.75			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm2) =		0.43			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm2) =		0.23			
LECTURA SEGUNDOS	LECTURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm2)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	14	1.428	0.05	0.10	0.16
15.00	19	1.938	0.07	0.30	0.49
15.00	25	2.550	0.09	0.45	0.73
15.00	30	3.060	0.10	0.61	0.99
15.00	36	3.672	0.12	0.75	1.22
15.00	42	4.284	0.14	0.90	1.46
15.00	46	4.692	0.16	1.02	1.66
15.00	49	4.998	0.17	1.19	1.93
15.00	53	5.406	0.18	1.35	2.19
15.00	57	5.814	0.20	1.48	2.40
30.00	60	6.120	0.21	1.76	2.86
30.00	62	6.324	0.21	2.04	3.31
30.00	64	6.528	0.22	2.48	4.03
30.00	66	6.732	0.23	2.75	4.46
60.00	68	6.936	0.23	3.31	5.37
60.00	68	6.936	0.23	3.97	6.44
60.00	61	6.222	0.21	4.62	7.50
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Limo inorgánico de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	2.45m
FECHA:	20/11/2023	No. Muestra:	M1
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Espécimen #: 1		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.23	kg/cm²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.43	kg/cm²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Limo inorgánico de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	2.45m
FECHA DE ENSAYO:	20/11/2023		

CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA

ASTM D- 3086

Características del espécimen:

Espécimen	Altura	Diametro A	Diametro B	Area	Volumen	W molde	W molde + muestra	W húmedo muestra	ph
#	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(gr)	(gr)	(gr)	(kg/m3)
1	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	41.62	123.92	82.30	1374.43
2	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	40.74	122.94	82.20	1372.76
3	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	42.96	125.15	82.19	1372.59

Contenido de humedad:

Espécimen	# tarro	W tarro	W tarro+muestra	W seco	Humedad ω (%)	Promedio parcial ω (%)
1	16	16.91	31.24	25.58	65.32%	65.32%
2	1	16.60	31.55	25.65	65.19%	65.19%
3	4	17.09	32.89	26.65	65.25%	65.25%

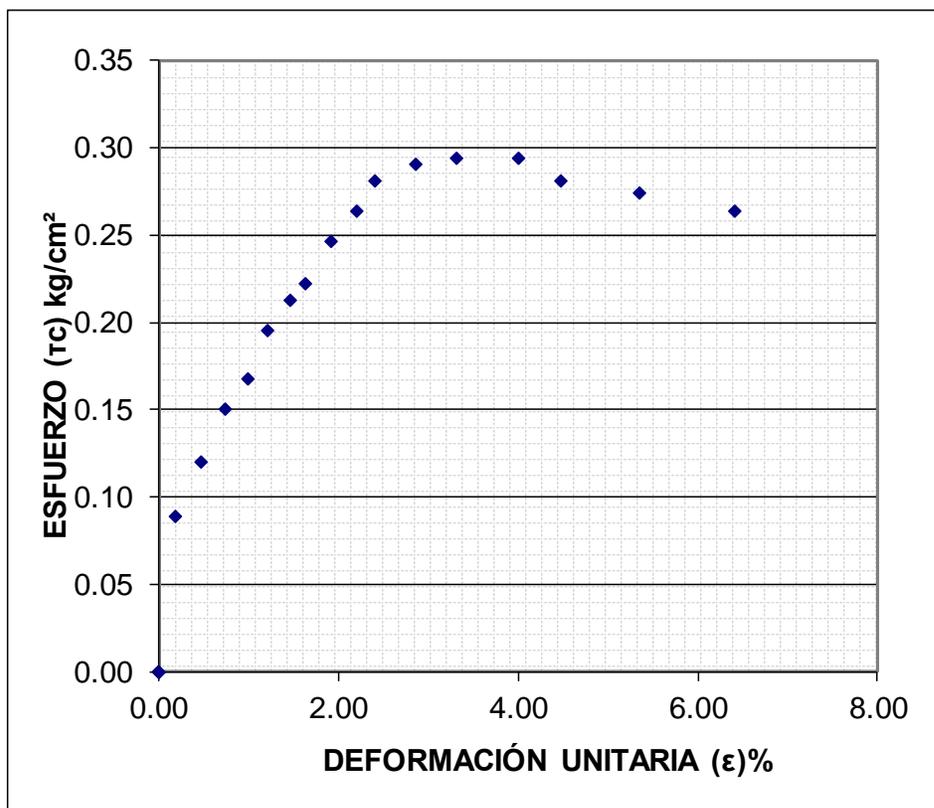
Resumen de Datos

Humedad Promedio Total:	65.25	%
Densidad Húmeda Prom. Total:	1373	(kg/m ³)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo inorgánico de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-1			PROFUNDIDAD: 2.45m		
FECHA: 20/11/2023			No. Muestra: M2		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	65.19%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	82.20		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1372.76		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	831.02		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquima (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		25.5			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		0.86			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.29			
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	26	2.652	0.09	0.11	0.18
15.00	35	3.570	0.12	0.29	0.47
15.00	44	4.488	0.15	0.46	0.75
15.00	49	4.998	0.17	0.61	0.99
15.00	57	5.814	0.20	0.75	1.22
15.00	62	6.324	0.21	0.90	1.46
15.00	65	6.630	0.22	1.01	1.64
15.00	72	7.344	0.25	1.18	1.92
15.00	77	7.854	0.26	1.36	2.21
15.00	82	8.364	0.28	1.48	2.40
30.00	85	8.670	0.29	1.76	2.86
30.00	86	8.772	0.29	2.04	3.31
30.00	86	8.772	0.29	2.47	4.01
30.00	82	8.364	0.28	2.76	4.48
60.00	80	8.160	0.27	3.30	5.36
60.00	77	7.854	0.26	3.95	6.41
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros α o mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Limo inorgánico de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	2.45m
FECHA:	20/11/2023	No. Muestra:	M2
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación

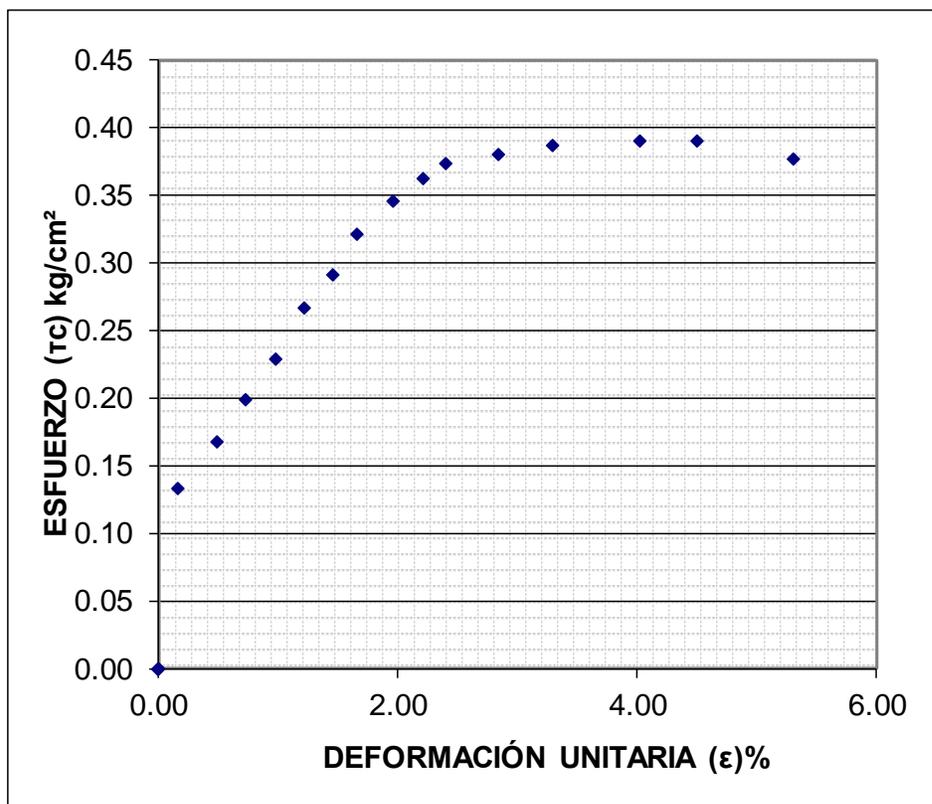


Espécimen #: 2		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.29	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.86	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.				
UBICACIÓN:	Racar				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Limo inorgánico de alta compresibilidad				
PERFORACIÓN:	SPT-1		PROFUNDIDAD:	2.45m	
FECHA:	20/11/2023		No. Muestra:	M3	
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	65.25%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	82.20		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1372.59		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	830.62		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =	0.5				
Carga normal (kgf) =	51				
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =	1.71				
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =	0.39				
LECTURA SEGUNDOS	LECTURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	39	3.978	0.13	0.10	0.16
15.00	49	4.998	0.17	0.30	0.49
15.00	58	5.916	0.20	0.45	0.73
15.00	67	6.834	0.23	0.60	0.97
15.00	78	7.956	0.27	0.75	1.22
15.00	85	8.670	0.29	0.90	1.46
15.00	94	9.588	0.32	1.02	1.66
15.00	101	10.302	0.35	1.21	1.96
15.00	106	10.812	0.36	1.36	2.21
15.00	109	11.118	0.37	1.48	2.40
30.00	111	11.322	0.38	1.75	2.84
30.00	113	11.526	0.39	2.03	3.30
30.00	114	11.628	0.39	2.48	4.03
30.00	114	11.628	0.39	2.77	4.50
60.00	110	11.220	0.38	3.27	5.31
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCION DEL SUELO:	Limo inorgánico de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	2.45m
FECHA:	20/11/2023	No. Muestra:	M3
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D- 3086

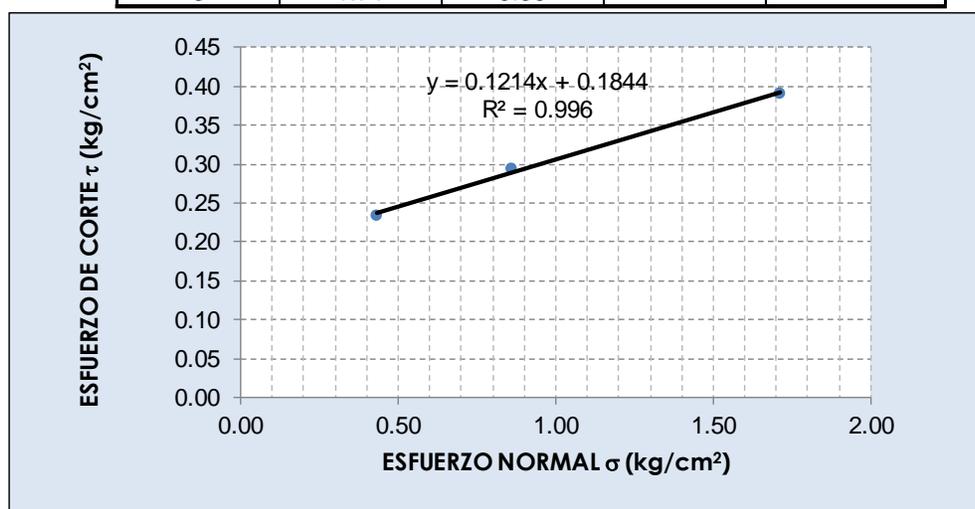
Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Espécimen #: 3		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.39	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	1.71	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Limo inorgánico de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	2.45m
FECHA:	20/11/2023		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086
GRÁFICO DE LA ENVOLVENTE DE FALLA: MUESTRAS REMOLDEADAS			

DATOS				
Especimen	Esfuerzo Normal σ	Esfuerzo de Corte τ	$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$	
			C	ϕ
#	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	(°)
1	0.43	0.23	0.18	7
2	0.86	0.29		
3	1.71	0.39		



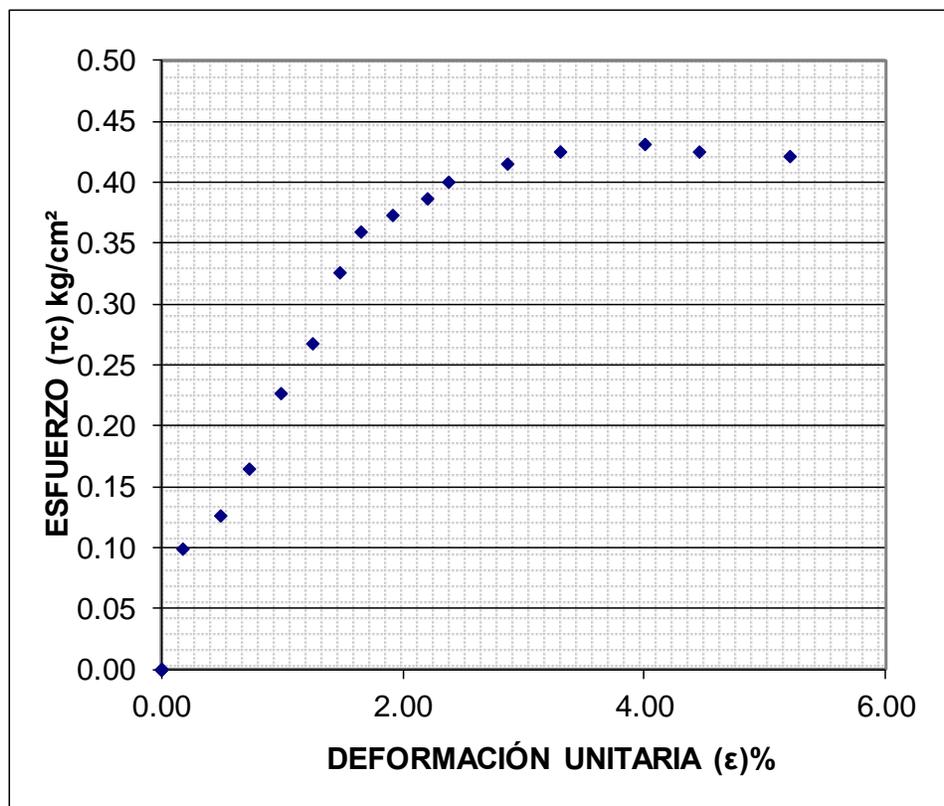
RESULTADOS			ENVOLVENTE DE FALLA
C=	0.18	kg/cm ²	
ϕ=	7	°	

CORTE DIRECTO SPT-1 (3.00-3.45m)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo inorgánico de baja compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-1			PROFUNDIDAD: 3.45m		
FECHA: 21/11/2023			No. Muestra: M1		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diámetro (cm):		6.16	Humedad (%):		78.34%
Altura (cm):		2.01	Peso (gr):		95.42
Area (cm ²):		29.79	Densidad húmeda (kg/m3)		1594
Volumen (cm ³):		59.88	Densidad seca (kg/m3)		894
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =			0.5		
Carga normal (kgf) =			12.75		
Esfuerzo Normal σ (kg/cm2) =			0.43		
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm2) =			0.43		
LECTURA SEGUNDOS	LECTURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm2)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	29	2.958	0.10	0.11	0.18
15.00	37	3.774	0.13	0.30	0.49
15.00	48	4.896	0.16	0.45	0.73
15.00	66	6.732	0.23	0.61	0.99
15.00	78	7.956	0.27	0.77	1.25
15.00	95	9.690	0.33	0.91	1.48
15.00	105	10.710	0.36	1.02	1.66
15.00	109	11.118	0.37	1.18	1.92
15.00	113	11.526	0.39	1.36	2.21
15.00	117	11.934	0.40	1.47	2.39
30.00	121	12.342	0.41	1.77	2.87
30.00	124	12.648	0.42	2.04	3.31
30.00	126	12.852	0.43	2.47	4.01
30.00	124	12.648	0.42	2.75	4.46
60.00	123	12.546	0.42	3.21	5.21
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Limo inorgánico de baja compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	3.45m
FECHA:	21/11/2023	No. Muestra:	M1
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



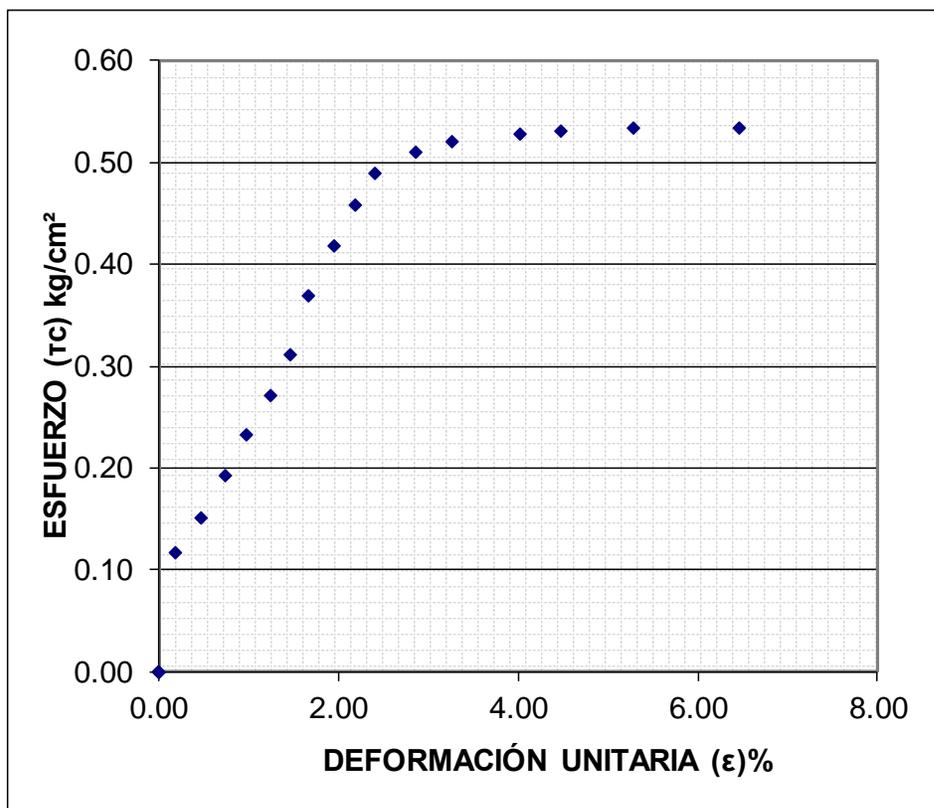
Espécimen #: 1		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.43	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.43	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.								
UBICACIÓN:	Racar								
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Limo inorgánico de baja compresibilidad								
PERFORACIÓN:	SPT-1						PROFUNDIDAD:	3.45m	
FECHA DE ENSAYO:	21/11/2023								
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA									ASTM D- 3086
Características del espécimen:									
Espécimen	Altura	Diametro A	Diametro B	Area	Volumen	W molde	W molde + muestra	W húmedo muestra	ph
#	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(gr)	(gr)	(gr)	(kg/m ³)
1	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	41.62	137.04	95.42	1593.54
2	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	40.74	136.17	95.43	1593.70
3	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	42.96	138.31	95.35	1592.37
Contenido de humedad:									
Espécimen	# tarro	W tarro	W tarro+muestra	W seco	Humedad ω (%)	Promedio parcial ω (%)			
1	11	16.92	34.75	26.92	78.34%	78.34%			
2	16	16.91	33.46	26.18	78.62%	78.62%			
3	2	16.75	33.22	25.99	78.21%	78.21%			
Resumen de Datos									
Humedad Promedio Total:					78.39	%			
Densidad Húmeda Prom. Total:					1593	(kg/m ³)			

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo inorgánico de baja compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-1		PROFUNDIDAD: 3.45m			
FECHA: 21/11/2023		No. Muestra: M2			
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	78.62%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	95.43		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1593.70		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	892.23		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquima (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		25.5			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		0.86			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.53			
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	34	3.468	0.12	0.11	0.18
15.00	44	4.488	0.15	0.29	0.47
15.00	56	5.712	0.19	0.46	0.75
15.00	68	6.936	0.23	0.60	0.97
15.00	79	8.058	0.27	0.77	1.25
15.00	91	9.282	0.31	0.90	1.46
15.00	108	11.016	0.37	1.03	1.67
15.00	122	12.444	0.42	1.20	1.95
15.00	134	13.668	0.46	1.35	2.19
15.00	143	14.586	0.49	1.48	2.40
30.00	149	15.198	0.51	1.76	2.86
30.00	152	15.504	0.52	2.01	3.26
30.00	154	15.708	0.53	2.48	4.03
30.00	155	15.810	0.53	2.76	4.48
60.00	156	15.912	0.53	3.25	5.28
60.00	156	15.912	0.53	3.98	6.46
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros α o mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Limo inorgánico de baja compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	3.45m
FECHA:	21/11/2023	No. Muestra:	M2
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación

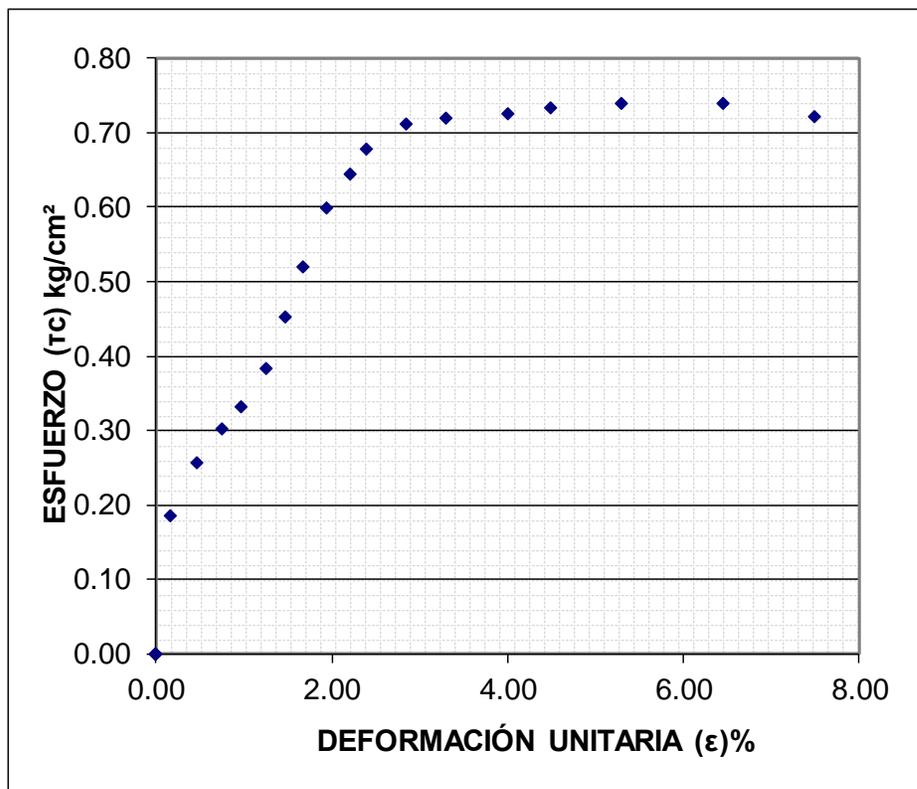


Especimen #: 2		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.53	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.86	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.				
UBICACIÓN:	Racar				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Limo inorgánico de baja compresibilidad				
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	3.45m		
FECHA:	21/11/2023	No. Muestra:	M3		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	78.21%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	95.43		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m3)	1592.37		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m3)	893.53		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máxuma (mm/min) =	0.5				
Carga normal (kgf) =	51				
Esfuerzo Normal σ (kg/cm2) =	1.71				
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm2) =	0.74				
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm2)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	54	5.508	0.18	0.10	0.16
15.00	75	7.650	0.26	0.29	0.47
15.00	88	8.976	0.30	0.46	0.75
15.00	97	9.894	0.33	0.60	0.97
15.00	112	11.424	0.38	0.77	1.25
15.00	132	13.464	0.45	0.91	1.48
15.00	152	15.504	0.52	1.03	1.67
15.00	175	17.850	0.60	1.20	1.95
15.00	188	19.176	0.64	1.36	2.21
15.00	198	20.196	0.68	1.47	2.39
30.00	208	21.216	0.71	1.75	2.84
30.00	210	21.420	0.72	2.03	3.30
30.00	212	21.624	0.73	2.47	4.01
30.00	214	21.828	0.73	2.77	4.50
60.00	216	22.032	0.74	3.26	5.29
60.00	216	22.032	0.74	3.97	6.44
60.00	211	21.522	0.72	4.62	7.50
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCION DEL SUELO:	Limo inorgánico de baja compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	3.45m
FECHA:	21/11/2023	No. Muestra:	M3
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

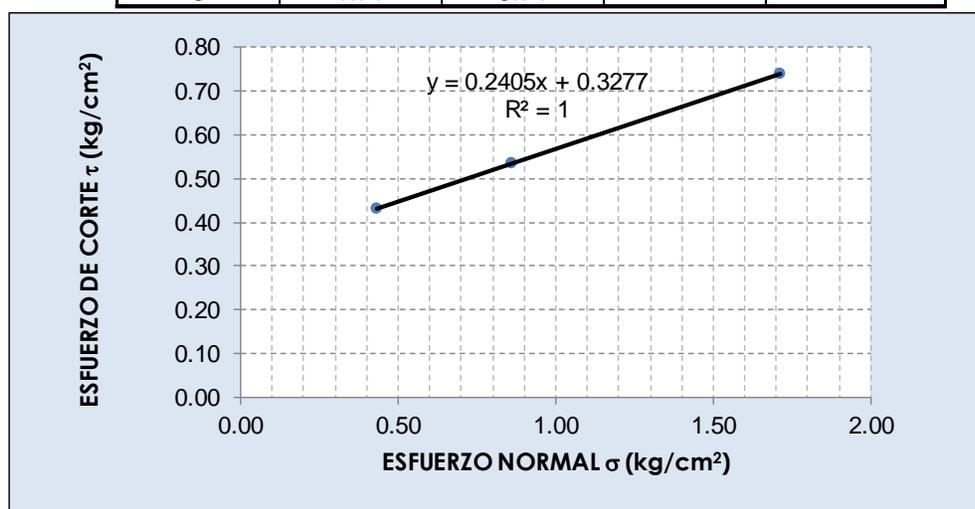
Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Especimen #: 3		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.74	kg/cm^2
Esfuerzo Normal		
σ =	1.71	kg/cm^2

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Limo inorgánico de baja compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	3.45m
FECHA:	21/11/2023		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086
GRÁFICO DE LA ENVOLVENTE DE FALLA: MUESTRAS REMOLDEADAS			

DATOS				
Especimen	Esfuerzo Normal σ	Esfuerzo de Corte τ	$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$	
			C	ϕ
#	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	(°)
1	0.43	0.43	0.33	14
2	0.86	0.53		
3	1.71	0.74		



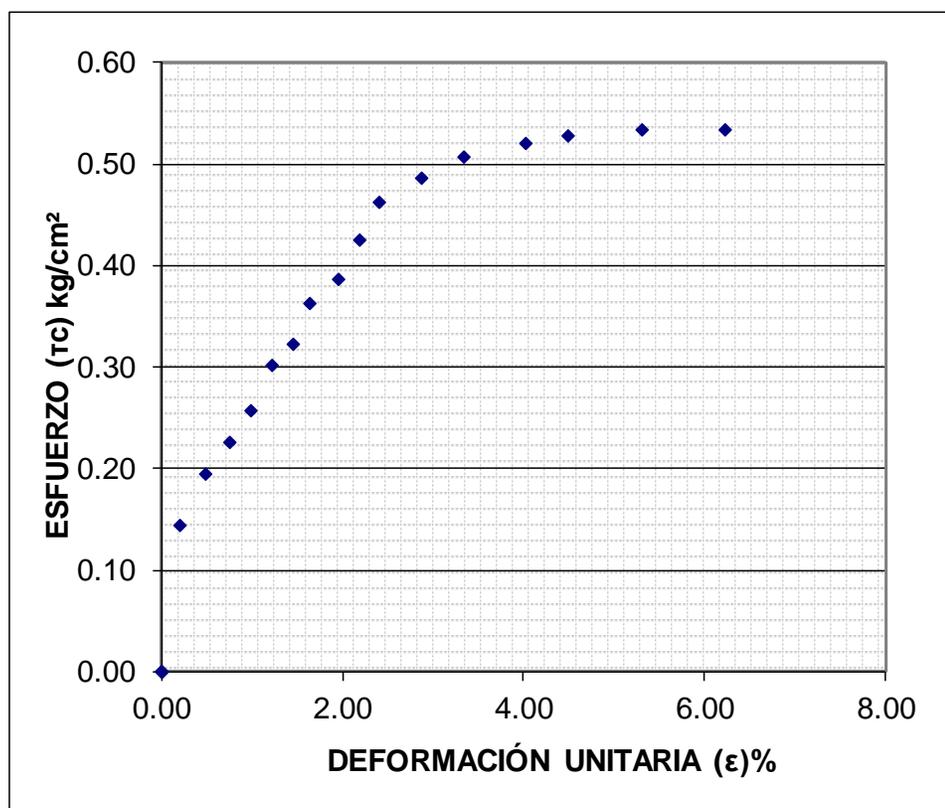
RESULTADOS			ENVOLVENTE DE FALLA
C=	0.33	kg/cm ²	
Φ=	14	°	

CORTE DIRECTO SPT-1 (4.00-4.45m)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de baja compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-1		PROFUNDIDAD: 4.45m			
FECHA: 21/11/2023		No. Muestra: M1			
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	12.62%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	109.00		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1820		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	1616		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		12.75			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		0.43			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.53			
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	42	4.284	0.14	0.12	0.19
15.00	57	5.814	0.20	0.30	0.49
15.00	66	6.732	0.23	0.46	0.75
15.00	75	7.650	0.26	0.61	0.99
15.00	88	8.976	0.30	0.75	1.22
15.00	94	9.588	0.32	0.90	1.46
15.00	106	10.812	0.36	1.01	1.64
15.00	113	11.526	0.39	1.20	1.95
15.00	124	12.648	0.42	1.35	2.19
15.00	135	13.770	0.46	1.48	2.40
30.00	142	14.484	0.49	1.77	2.87
30.00	148	15.096	0.51	2.06	3.34
30.00	152	15.504	0.52	2.48	4.03
30.00	154	15.708	0.53	2.77	4.50
60.00	156	15.912	0.53	3.27	5.31
60.00	156	15.912	0.53	3.84	6.23
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de baja compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	4.45m
FECHA:	21/11/2023	No. Muestra:	M1
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Especimen #: 1		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.53	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.43	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de baja compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	4.45m
FECHA DE ENSAYO:	21/11/2023		

CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA

ASTM D- 3086

Características del espécimen:

Espécimen	Altura	Diametro A	Diametro B	Area	Volumen	W molde	W molde + muestra	W húmedo muestra	ph
#	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(gr)	(gr)	(gr)	(kg/m3)
1	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	41.62	150.62	109.00	1820.33
2	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	40.74	149.75	109.01	1820.49
3	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	42.96	151.98	109.02	1820.66

Contenido de humedad:

Espécimen	# tarro	W tarro	W tarro+muestra	W seco	Humedad ω (%)	Promedio parcial ω (%)
1	8	16.60	32.34	30.58	12.62%	12.62%
2	3	17.23	32.12	30.48	12.35%	12.35%
3	12	16.86	33.90	32.01	12.45%	12.45%

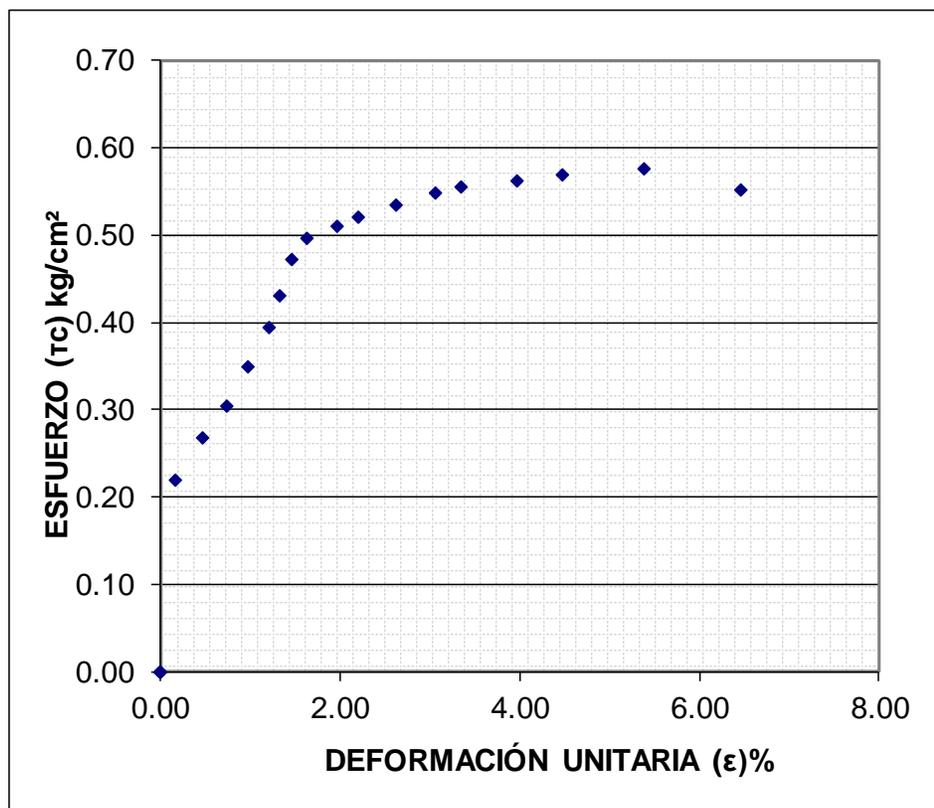
Resumen de Datos

Humedad Promedio Total:	12.47	%
Densidad Húmeda Prom. Total:	1820	(kg/m ³)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de baja compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-1			PROFUNDIDAD: 4.45m		
FECHA: 21/11/2023			No. Muestra: M2		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	12.35%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	109.01		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1820.49		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	1620.38		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		25.5			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		0.86			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.58			
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	64	6.528	0.22	0.10	0.16
15.00	78	7.956	0.27	0.29	0.47
15.00	89	9.078	0.30	0.46	0.75
15.00	102	10.404	0.35	0.60	0.97
15.00	115	11.730	0.39	0.75	1.22
15.00	126	12.852	0.43	0.82	1.33
15.00	138	14.076	0.47	0.90	1.46
15.00	145	14.790	0.50	1.01	1.64
15.00	149	15.198	0.51	1.21	1.96
15.00	152	15.504	0.52	1.36	2.21
30.00	156	15.912	0.53	1.62	2.63
30.00	160	16.320	0.55	1.89	3.07
30.00	162	16.524	0.55	2.06	3.34
30.00	164	16.728	0.56	2.45	3.98
60.00	166	16.932	0.57	2.76	4.48
60.00	168	17.136	0.58	3.32	5.39
60.00	161	16.422	0.55	3.98	6.46
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros deo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de baja compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	4.45m
FECHA:	21/11/2023	No. Muestra:	M2
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación

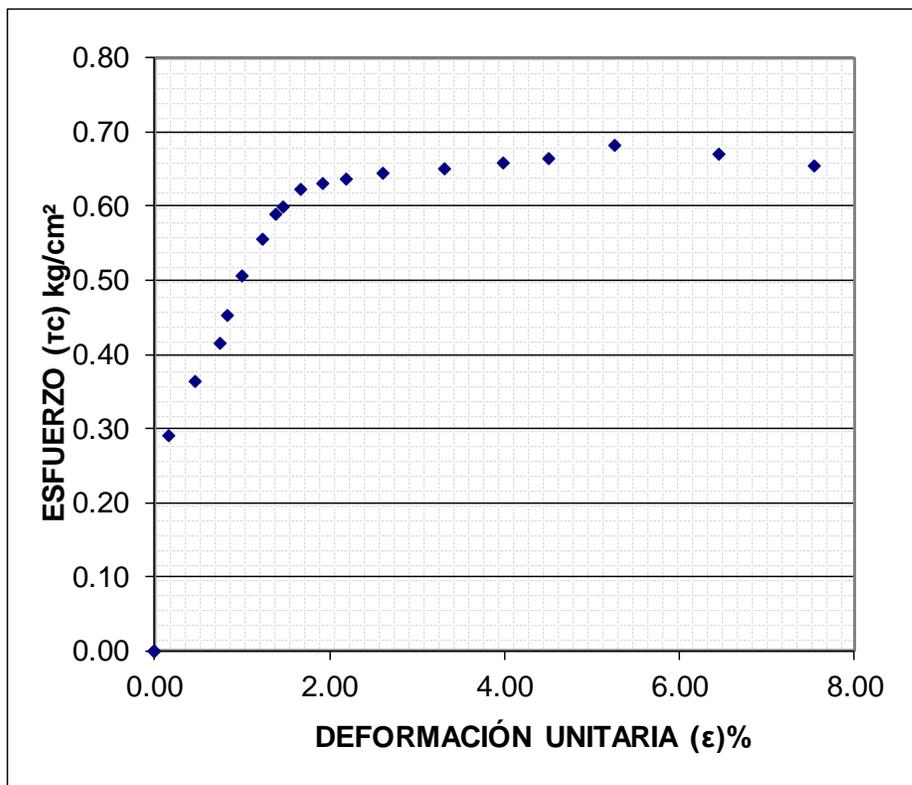


Especimen #: 2		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.58	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.86	kg/cm ²

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de baja compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-1			PROFUNDIDAD: 4.45m		
FECHA: 21/11/2023			No. Muestra: M3		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	12.45%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	109.01		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1820.66		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	1619.08		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		51			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		1.71			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.68			
LECTURA SEGUNDOS	LECTURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	85	8.670	0.29	0.10	0.16
15.00	106	10.812	0.36	0.29	0.47
15.00	121	12.342	0.41	0.46	0.75
15.00	132	13.464	0.45	0.51	0.83
15.00	148	15.096	0.51	0.62	1.01
15.00	162	16.524	0.55	0.76	1.23
15.00	172	17.544	0.59	0.85	1.38
15.00	175	17.850	0.60	0.91	1.48
15.00	182	18.564	0.62	1.03	1.67
15.00	184	18.768	0.63	1.18	1.92
30.00	186	18.972	0.64	1.35	2.19
30.00	188	19.176	0.64	1.61	2.61
30.00	190	19.380	0.65	2.04	3.31
30.00	192	19.584	0.66	2.46	3.99
60.00	194	19.788	0.66	2.78	4.51
60.00	199	20.298	0.68	3.24	5.26
60.00	196	19.992	0.67	3.97	6.44
60.00	191	19.482	0.65	4.65	7.55
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCION DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de baja compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	4.45m
FECHA:	21/11/2023	No. Muestra:	M3
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

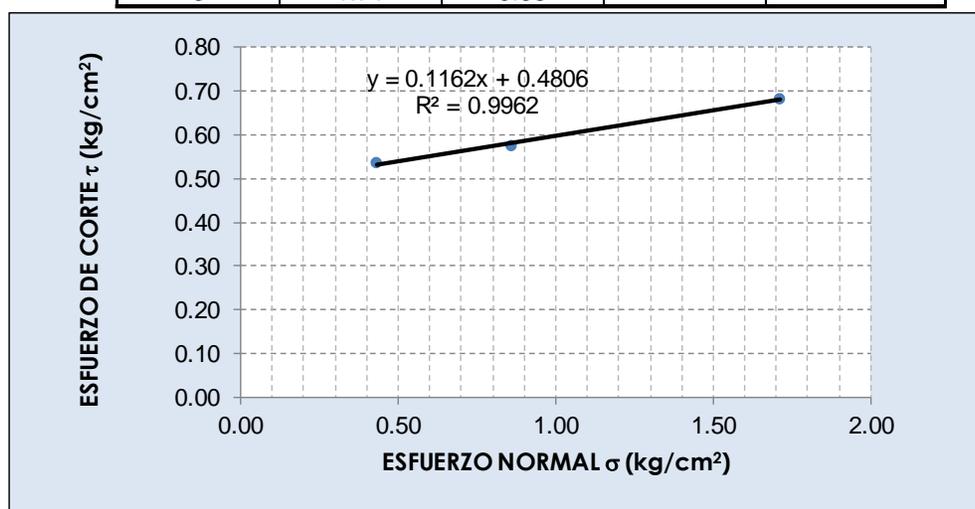
Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Espécimen #: 3		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.68	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	1.71	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de baja compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-1	PROFUNDIDAD:	4.45m
FECHA:	21/11/2023		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086
GRÁFICO DE LA ENVOLVENTE DE FALLA: MUESTRAS REMOLDEADAS			

DATOS				
Especimen	Esfuerzo Normal σ	Esfuerzo de Corte τ	$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$	
			C	ϕ
#	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	(°)
1	0.43	0.53	0.48	7
2	0.86	0.58		
3	1.71	0.68		



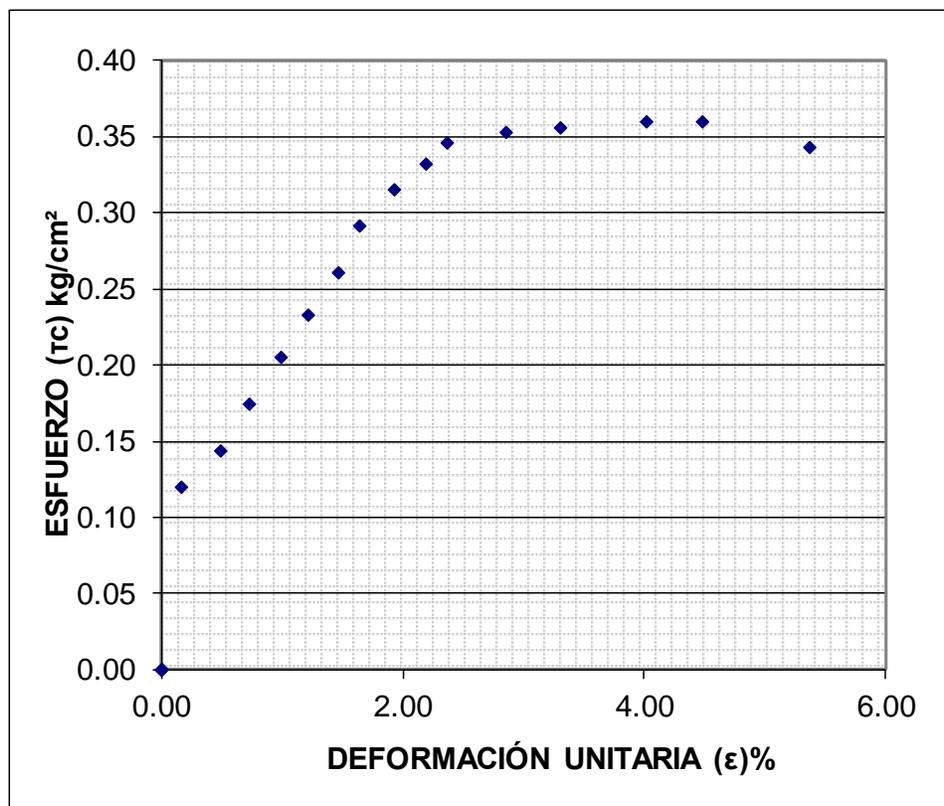
RESULTADOS			ENVOLVENTE DE FALLA
C=	0.48	kg/cm ²	
ϕ=	7	°	

CORTE DIRECTO SPT-2 (1.00-1.45m)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de baja compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-2			PROFUNDIDAD: 1.45m		
FECHA: 22/11/2023			No. Muestra: M1		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	40.34%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	87.40		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m3)	1460		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m3)	1040		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		12.75			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm2) =		0.43			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm2) =		0.36			
LECTURA SEGUNDOS	LECTURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm2)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	35	3.570	0.12	0.10	0.16
15.00	42	4.284	0.14	0.30	0.49
15.00	51	5.202	0.17	0.45	0.73
15.00	60	6.120	0.21	0.61	0.99
15.00	68	6.936	0.23	0.75	1.22
15.00	76	7.752	0.26	0.90	1.46
15.00	85	8.670	0.29	1.01	1.64
15.00	92	9.384	0.31	1.19	1.93
15.00	97	9.894	0.33	1.35	2.19
15.00	101	10.302	0.35	1.46	2.37
30.00	103	10.506	0.35	1.76	2.86
30.00	104	10.608	0.36	2.04	3.31
30.00	105	10.710	0.36	2.48	4.03
30.00	105	10.710	0.36	2.76	4.48
60.00	100	10.200	0.34	3.31	5.37
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de baja compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	1.45m
FECHA:	22/11/2023	No. Muestra:	M1
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Espécimen #: 1		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.36	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.43	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de baja compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	1.45m
FECHA DE ENSAYO:	22/11/2023		

CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA

ASTM D- 3086

Características del espécimen:

Espécimen	Altura	Diametro A	Diametro B	Area	Volumen	W molde	W molde + muestra	W húmedo muestra	ph
#	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(gr)	(gr)	(gr)	(kg/m3)
1	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	41.62	129.02	87.40	1459.60
2	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	40.74	128.13	87.39	1459.43
3	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	42.96	130.37	87.41	1459.77

Contenido de humedad:

Espécimen	# tarro	W tarro	W tarro+muestra	W seco	Humedad ω (%)	Promedio parcial ω (%)
1	13	17.35	34.76	29.76	40.34%	40.34%
2	11	16.92	35.11	29.89	40.24%	40.24%
3	6	16.81	32.14	27.71	40.61%	40.61%

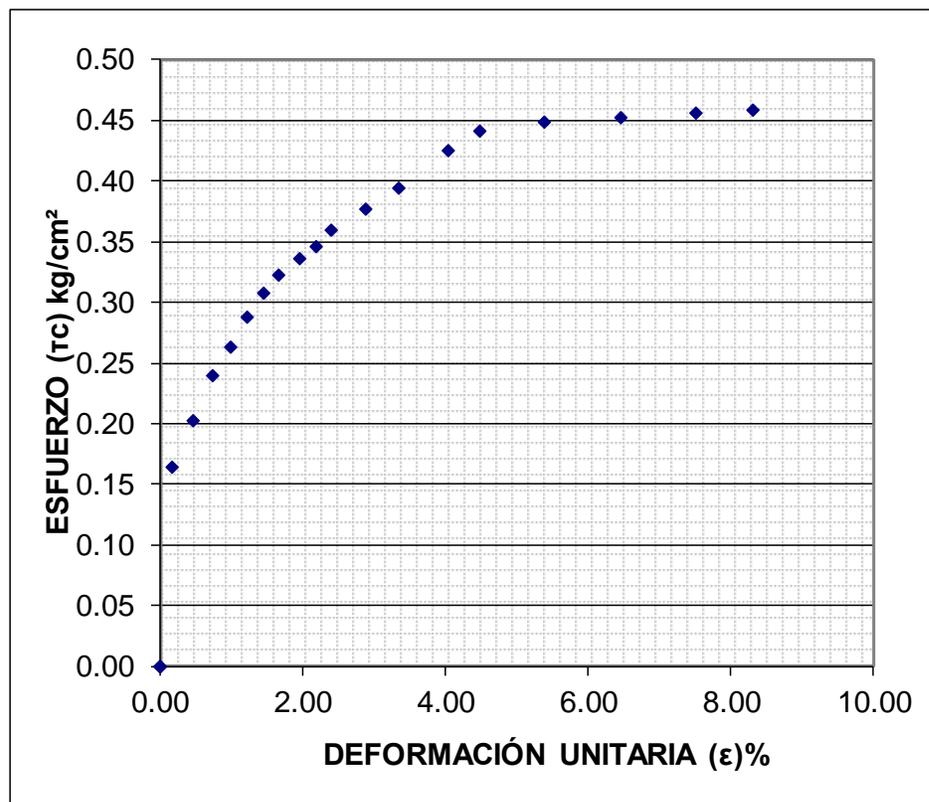
Resumen de Datos

Humedad Promedio Total:	40.40	%
Densidad Húmeda Prom. Total:	1460	(kg/m ³)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de baja compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-2			PROFUNDIDAD: 1.45m		
FECHA: 22/11/2023			No. Muestra: M2		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	40.24%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	87.39		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1459.43		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	1040.67		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquima (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		25.5			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		0.86			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.46			
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	48	4.896	0.16	0.10	0.16
15.00	59	6.018	0.20	0.29	0.47
15.00	70	7.140	0.24	0.45	0.73
15.00	77	7.854	0.26	0.61	0.99
15.00	84	8.568	0.29	0.75	1.22
15.00	90	9.180	0.31	0.90	1.46
15.00	94	9.588	0.32	1.02	1.66
15.00	98	9.996	0.34	1.20	1.95
15.00	101	10.302	0.35	1.35	2.19
15.00	105	10.710	0.36	1.48	2.40
30.00	110	11.220	0.38	1.77	2.87
30.00	115	11.730	0.39	2.06	3.34
30.00	124	12.648	0.42	2.49	4.04
30.00	129	13.158	0.44	2.76	4.48
60.00	131	13.362	0.45	3.32	5.39
60.00	132	13.464	0.45	3.98	6.46
60.00	133	13.566	0.46	4.62	7.50
60.00	134	13.668	0.46	5.12	8.31
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de baja compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	1.45m
FECHA:	22/11/2023	No. Muestra:	M2
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación

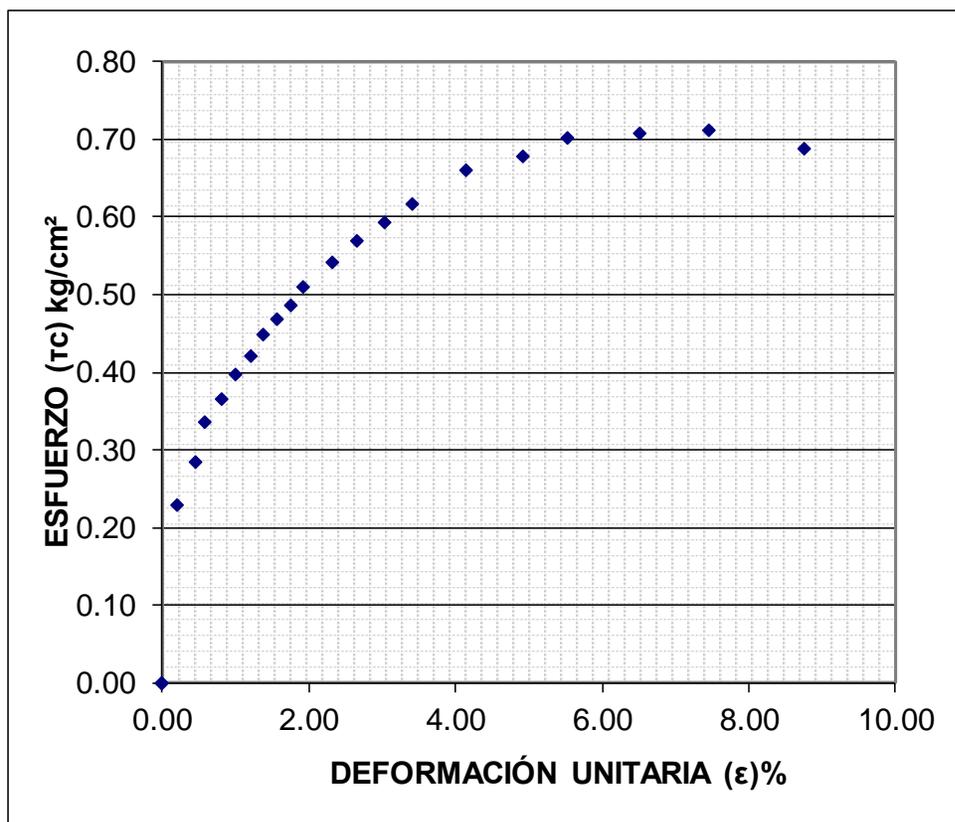


Especimen #: 2		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.46	kg/cm²
Esfuerzo Normal		
σ=	0.86	kg/cm²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.				
UBICACIÓN:	Racar				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de baja compresibilidad				
PERFORACIÓN:	SPT-2		PROFUNDIDAD:	1.45m	
FECHA:	22/11/2023		No. Muestra:	M3	
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	40.61%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	87.39		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m3)	1459.77		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m3)	1038.17		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =	0.5				
Carga normal (kgf) =	51				
Esfuerzo Normal σ (kg/cm2) =	1.71				
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm2) =	0.71				
LECTURA SEGUNDOS	LECTURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm2)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	67	6.834	0.23	0.13	0.21
15.00	83	8.466	0.28	0.28	0.45
15.00	98	9.996	0.34	0.36	0.58
15.00	107	10.914	0.37	0.50	0.81
15.00	116	11.832	0.40	0.61	0.99
15.00	123	12.546	0.42	0.74	1.20
15.00	131	13.362	0.45	0.85	1.38
15.00	137	13.974	0.47	0.96	1.56
15.00	142	14.484	0.49	1.08	1.75
15.00	149	15.198	0.51	1.19	1.93
30.00	158	16.116	0.54	1.43	2.32
30.00	166	16.932	0.57	1.63	2.65
30.00	173	17.646	0.59	1.87	3.04
30.00	180	18.360	0.62	2.10	3.41
60.00	193	19.686	0.66	2.55	4.14
60.00	198	20.196	0.68	3.03	4.92
60.00	205	20.910	0.70	3.40	5.52
60.00	207	21.114	0.71	4.01	6.51
90.00	208	21.216	0.71	4.60	7.47
90.00	201	20.502	0.69	5.40	8.77
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de baja compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	1.45m
FECHA:	22/11/2023	No. Muestra:	M3
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

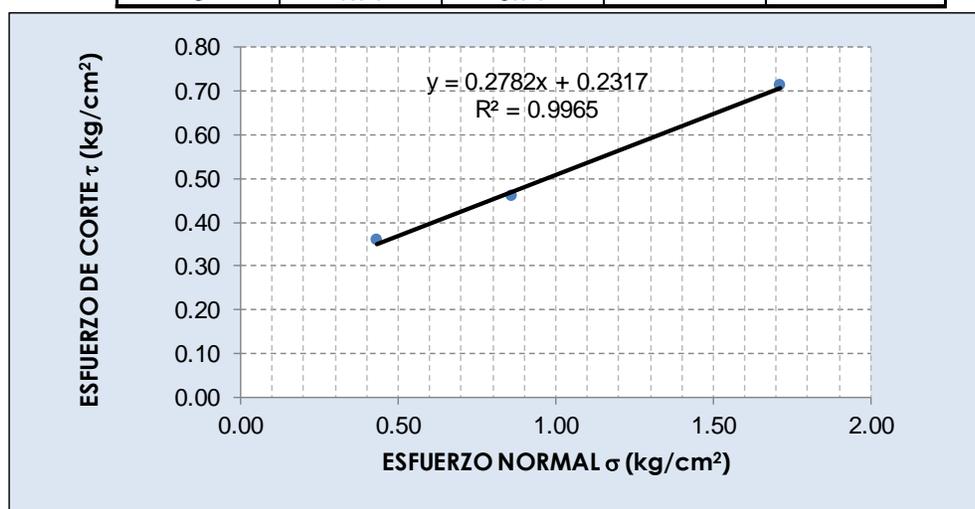
Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Espécimen #: 3		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.71	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	1.71	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de baja compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	1.45m
FECHA:	22/11/2023		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086
GRÁFICO DE LA ENVOLVENTE DE FALLA: MUESTRAS REMOLDEADAS			

DATOS				
Especimen	Esfuerzo Normal σ	Esfuerzo de Corte τ	$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$	
			C	ϕ
#	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	(°)
1	0.43	0.36	0.23	16
2	0.86	0.46		
3	1.71	0.71		



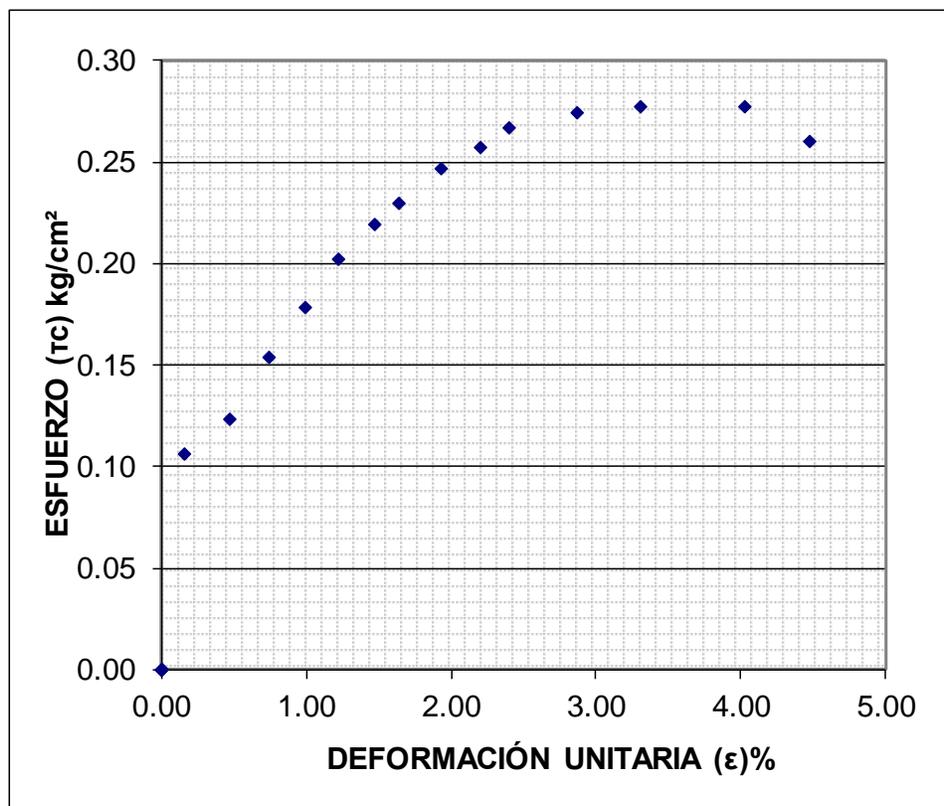
RESULTADOS			ENVOLVENTE DE FALLA
C=	0.23	kg/cm ²	
ϕ=	16	°	

CORTE DIRECTO SPT-2 (2.00-2.45m)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-2		PROFUNDIDAD: 2.45m			
FECHA: 22/11/2023		No. Muestra: M1			
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	32.61%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	89.04		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1487		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	1121		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		12.75			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		0.43			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.28			
LECTURA SEGUNDOS	LECTURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	31	3.162	0.11	0.10	0.16
15.00	36	3.672	0.12	0.29	0.47
15.00	45	4.590	0.15	0.46	0.75
15.00	52	5.304	0.18	0.61	0.99
15.00	59	6.018	0.20	0.75	1.22
15.00	64	6.528	0.22	0.91	1.48
15.00	67	6.834	0.23	1.01	1.64
15.00	72	7.344	0.25	1.19	1.93
15.00	75	7.650	0.26	1.36	2.21
15.00	78	7.956	0.27	1.48	2.40
30.00	80	8.160	0.27	1.77	2.87
30.00	81	8.262	0.28	2.04	3.31
30.00	81	8.262	0.28	2.48	4.03
30.00	76	7.752	0.26	2.76	4.48
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	2.45m
FECHA:	22/11/2023	No. Muestra:	M1
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



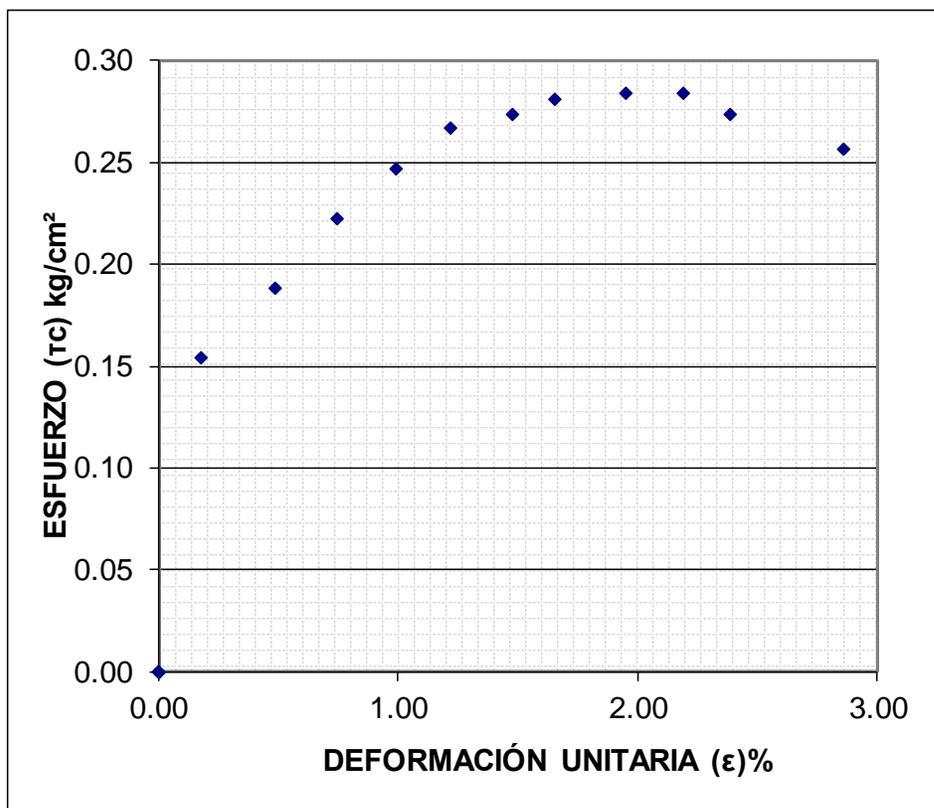
Especimen #: 1		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.28	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.43	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.								
UBICACIÓN:	Racar								
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad								
PERFORACIÓN:	SPT-2						PROFUNDIDAD:	2.45m	
FECHA DE ENSAYO:	22/11/2023								
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA									ASTM D-3086
Características del espécimen:									
Espécimen	Altura	Diametro A	Diametro B	Area	Volumen	W molde	W molde + muestra	W húmedo muestra	ph
#	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(gr)	(gr)	(gr)	(kg/m ³)
1	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	41.62	130.66	89.04	1486.99
2	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	40.74	129.76	89.02	1486.65
3	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	42.96	131.97	89.01	1486.49
Contenido de humedad:									
Espécimen	# tarro	W tarro	W tarro+muestra	W seco	Humedad ω (%)	Promedio parcial ω (%)			
1	10	16.63	34.66	30.23	32.61%	32.61%			
2	3	17.23	34.28	30.10	32.51%	32.51%			
3	16	16.91	32.41	28.58	32.78%	32.78%			
Resumen de Datos									
Humedad Promedio Total:					32.63	%			
Densidad Húmeda Prom. Total:					1487	(kg/m ³)			

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-2			PROFUNDIDAD: 2.45m		
FECHA: 22/11/2023			No. Muestra: M2		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	32.51%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	89.02		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1486.65		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	1121.92		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquima (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		25.5			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		0.86			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.28			
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	45	4.590	0.15	0.11	0.18
15.00	55	5.610	0.19	0.30	0.49
15.00	65	6.630	0.22	0.46	0.75
15.00	72	7.344	0.25	0.61	0.99
15.00	78	7.956	0.27	0.75	1.22
15.00	80	8.160	0.27	0.91	1.48
15.00	82	8.364	0.28	1.02	1.66
15.00	83	8.466	0.28	1.20	1.95
15.00	83	8.466	0.28	1.35	2.19
15.00	80	8.160	0.27	1.47	2.39
30.00	75	7.650	0.26	1.76	2.86
30.00		0.000	0.00		0.00
30.00		0.000	0.00		0.00
30.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros α o mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	2.45m
FECHA:	22/11/2023	No. Muestra:	M2
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación

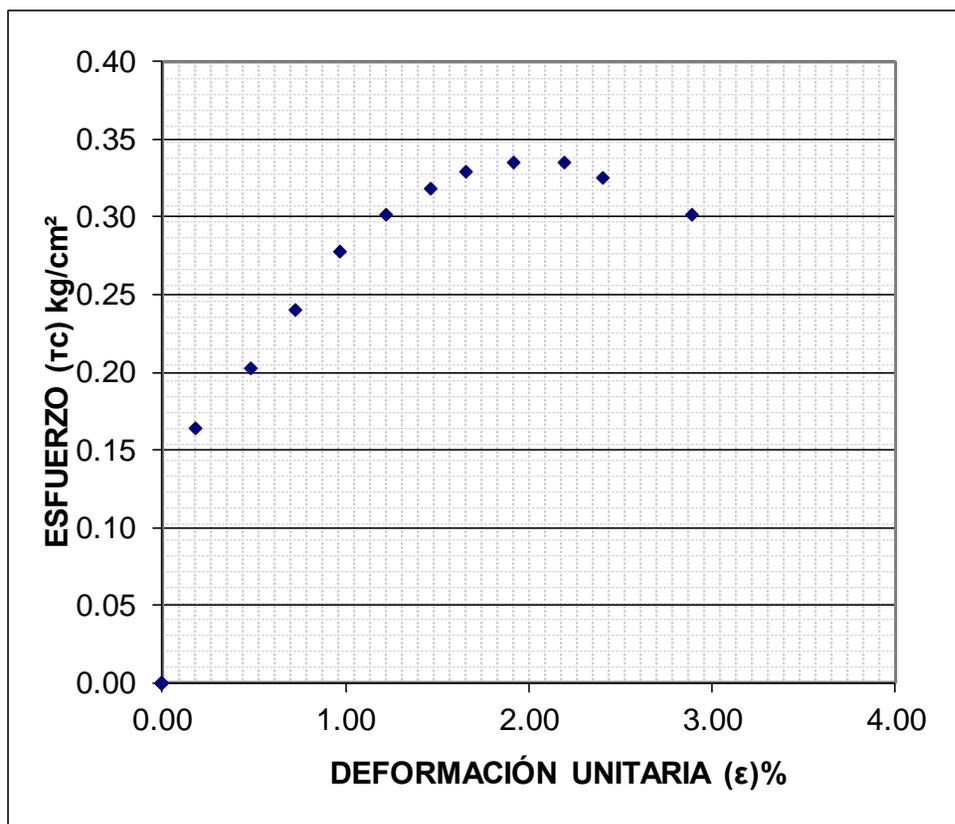


Espécimen #: 2		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.28	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.86	kg/cm ²

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-2			PROFUNDIDAD: 2.45m		
FECHA: 22/11/2023			No. Muestra: M3		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diámetro (cm):		6.16	Humedad (%):		32.78%
Altura (cm):		2.01	Peso (gr):		89.02
Area (cm ²):		29.79	Densidad húmeda (kg/m3)		1486.49
Volumen (cm ³):		59.88	Densidad seca (kg/m3)		1119.51
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =			0.5		
Carga normal (kgf) =			51		
Esfuerzo Normal σ (kg/cm2) =			1.71		
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm2) =			0.34		
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm2)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	48	4.896	0.16	0.11	0.18
15.00	59	6.018	0.20	0.30	0.49
15.00	70	7.140	0.24	0.45	0.73
15.00	81	8.262	0.28	0.60	0.97
15.00	88	8.976	0.30	0.75	1.22
15.00	93	9.486	0.32	0.90	1.46
15.00	96	9.792	0.33	1.02	1.66
15.00	98	9.996	0.34	1.18	1.92
15.00	98	9.996	0.34	1.35	2.19
15.00	95	9.690	0.33	1.48	2.40
30.00	88	8.976	0.30	1.78	2.89
30.00		0.000	0.00		0.00
30.00		0.000	0.00		0.00
30.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	2.45m
FECHA:	22/11/2023	No. Muestra:	M3
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

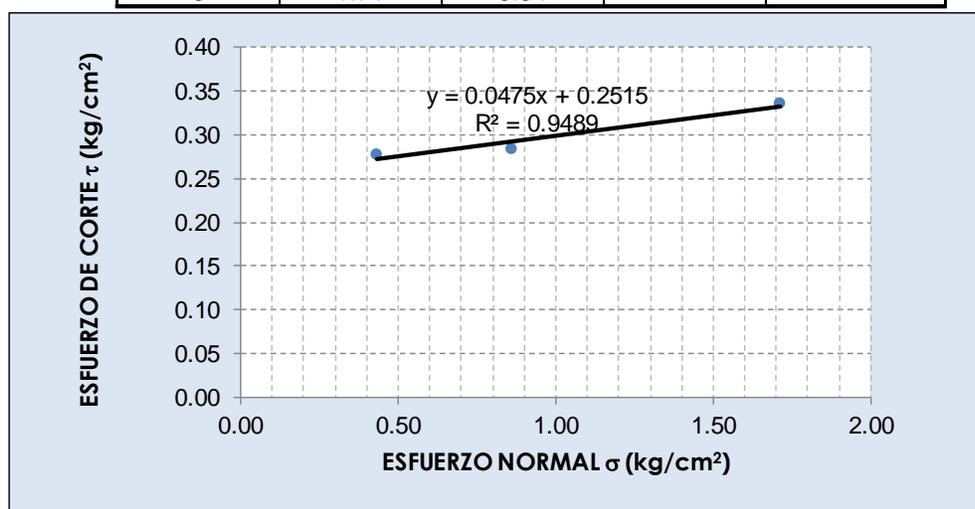
Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Especimen #: 3		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.34	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	1.71	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	2.45m
FECHA:	22/11/2023		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086
GRÁFICO DE LA ENVOLVENTE DE FALLA: MUESTRAS REMOLDEADAS			

DATOS				
Especimen	Esfuerzo Normal σ	Esfuerzo de Corte τ	$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$	
			C	ϕ
#	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	(°)
1	0.43	0.28	0.25	3
2	0.86	0.28		
3	1.71	0.34		



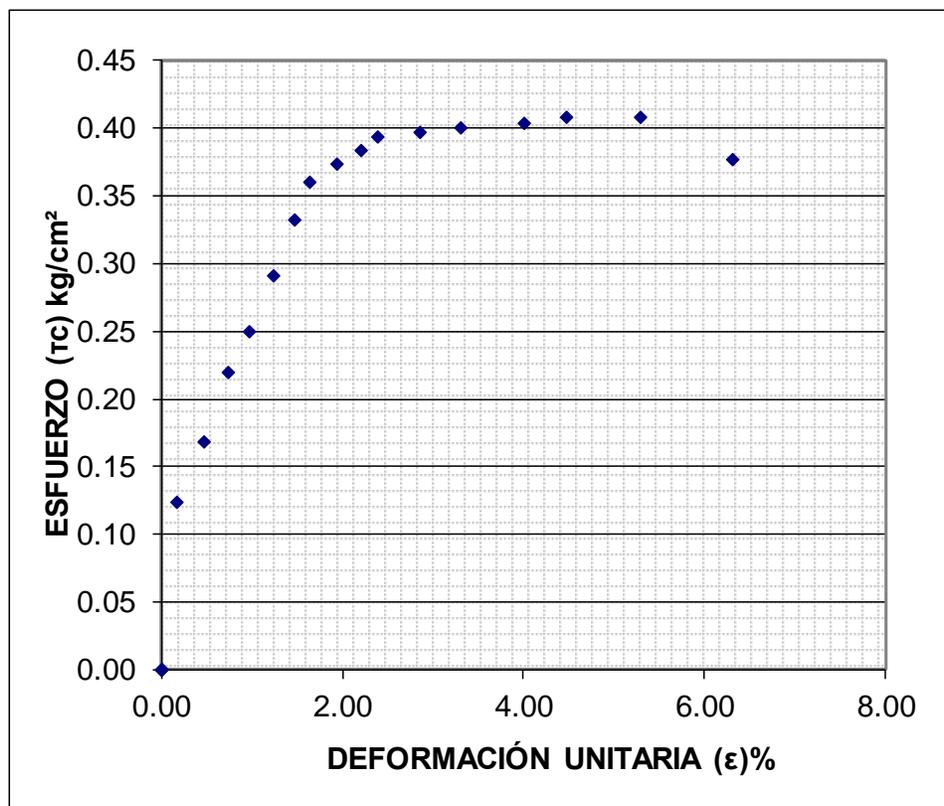
RESULTADOS			ENVOLVENTE DE FALLA
C=	0.25	kg/cm ²	
ϕ=	3	°	

CORTE DIRECTO SPT-2 (3.00-3.45m)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-2			PROFUNDIDAD: 3.45m		
FECHA: 23/11/2023			No. Muestra: M1		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	24.85%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	97.14		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m3)	1622		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m3)	1299		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		12.75			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm2) =		0.43			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm2) =		0.41			
LECTURA SEGUNDOS	LECTURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm2)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	36	3.672	0.12	0.10	0.16
15.00	49	4.998	0.17	0.29	0.47
15.00	64	6.528	0.22	0.45	0.73
15.00	73	7.446	0.25	0.60	0.97
15.00	85	8.670	0.29	0.76	1.23
15.00	97	9.894	0.33	0.91	1.48
15.00	105	10.710	0.36	1.01	1.64
15.00	109	11.118	0.37	1.19	1.93
15.00	112	11.424	0.38	1.36	2.21
15.00	115	11.730	0.39	1.47	2.39
30.00	116	11.832	0.40	1.76	2.86
30.00	117	11.934	0.40	2.04	3.31
30.00	118	12.036	0.40	2.47	4.01
30.00	119	12.138	0.41	2.76	4.48
60.00	119	12.138	0.41	3.26	5.29
60.00	110	11.220	0.38	3.89	6.31
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	3.45m
FECHA:	23/11/2023	No. Muestra:	M1
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Espécimen #: 1		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.41	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.43	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	3.45m
FECHA DE ENSAYO:	23/11/2023		

CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA

ASTM D-3086

Características del espécimen:

Espécimen	Altura	Diametro A	Diametro B	Area	Volumen	W molde	W molde + muestra	W húmedo muestra	ph
#	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(gr)	(gr)	(gr)	(kg/m ³)
1	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	41.62	138.76	97.14	1622.26
2	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	40.74	137.90	97.16	1622.59
3	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	42.96	140.11	97.15	1622.43

Contenido de humedad:

Espécimen	# tarro	W tarro	W tarro+muestra	W seco	Humedad ω (%)	Promedio parcial ω (%)
1	11	16.92	31.27	28.41	24.85%	24.85%
2	18	17.48	31.46	28.69	24.70%	24.70%
3	3	17.23	32.60	29.55	24.78%	24.78%

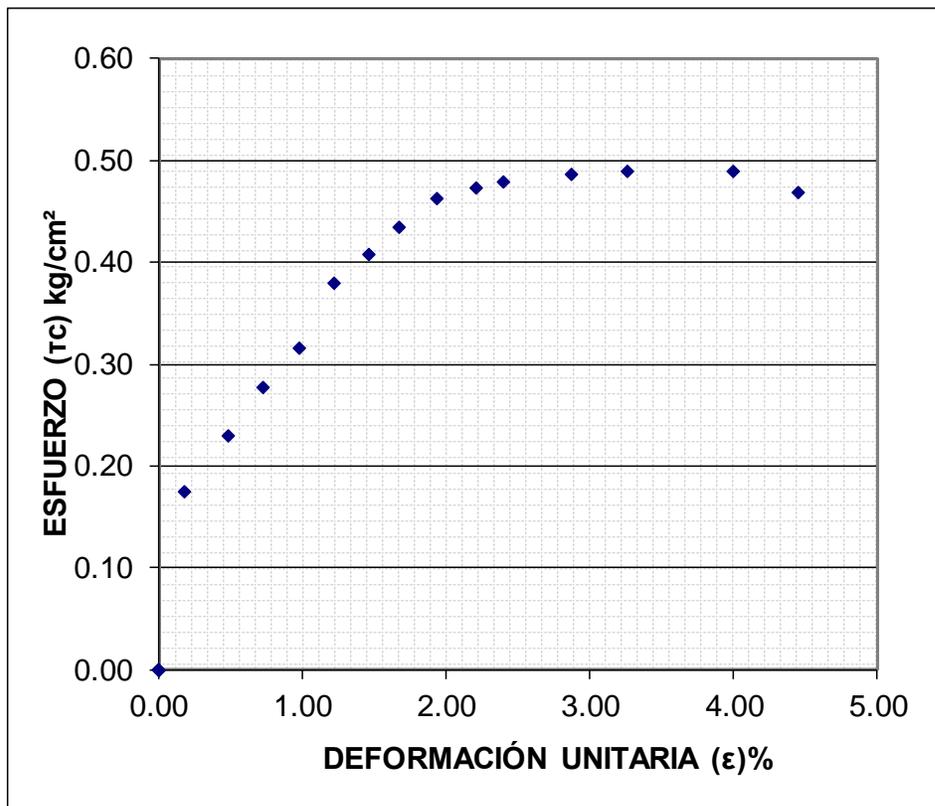
Resumen de Datos

Humedad Promedio Total:	24.78	%
Densidad Húmeda Prom. Total:	1622	(kg/m ³)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-2			PROFUNDIDAD: 3.45m		
FECHA: 23/11/2023			No. Muestra: M2		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	24.70%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	97.16		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1622.59		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	1301.20		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquima (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		25.5			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		0.86			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.49			
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	51	5.202	0.17	0.11	0.18
15.00	67	6.834	0.23	0.30	0.49
15.00	81	8.262	0.28	0.45	0.73
15.00	92	9.384	0.31	0.60	0.97
15.00	111	11.322	0.38	0.75	1.22
15.00	119	12.138	0.41	0.90	1.46
15.00	127	12.954	0.43	1.03	1.67
15.00	135	13.770	0.46	1.19	1.93
15.00	138	14.076	0.47	1.36	2.21
15.00	140	14.280	0.48	1.48	2.40
30.00	142	14.484	0.49	1.77	2.87
30.00	143	14.586	0.49	2.01	3.26
30.00	143	14.586	0.49	2.46	3.99
30.00	137	13.974	0.47	2.74	4.45
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros σ o mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	3.45m
FECHA:	23/11/2023	No. Muestra:	M2
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación

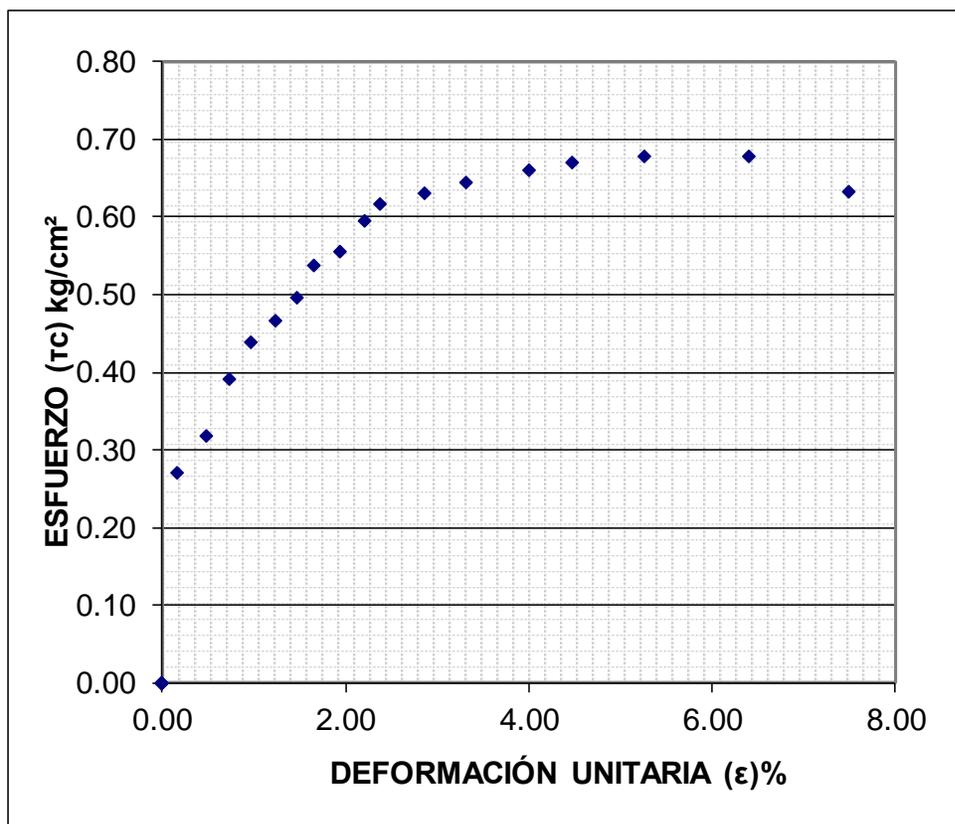


Especimen #: 2		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.49	kg/cm^2
Esfuerzo Normal		
σ =	0.86	kg/cm^2

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.				
UBICACIÓN:	Racar				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad				
PERFORACIÓN:	SPT-2		PROFUNDIDAD:	3.45m	
FECHA:	23/11/2023		No. Muestra:	M3	
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA				ASTM D-3086	
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	24.78%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	97.16		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m3)	1622.43		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m3)	1300.23		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquima (mm/min) =	0.5				
Carga normal (kgf) =	51				
Esfuerzo Normal σ (kg/cm2) =	1.71				
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm2) =	0.68				
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm2)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	79	8.058	0.27	0.10	0.16
15.00	93	9.486	0.32	0.30	0.49
15.00	114	11.628	0.39	0.45	0.73
15.00	128	13.056	0.44	0.60	0.97
15.00	136	13.872	0.47	0.76	1.23
15.00	145	14.790	0.50	0.91	1.48
15.00	157	16.014	0.54	1.02	1.66
15.00	162	16.524	0.55	1.19	1.93
15.00	174	17.748	0.60	1.36	2.21
15.00	180	18.360	0.62	1.46	2.37
30.00	184	18.768	0.63	1.76	2.86
30.00	188	19.176	0.64	2.04	3.31
30.00	193	19.686	0.66	2.47	4.01
30.00	196	19.992	0.67	2.76	4.48
60.00	198	20.196	0.68	3.24	5.26
60.00	198	20.196	0.68	3.94	6.40
60.00	185	18.870	0.63	4.62	7.50
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	3.45m
FECHA:	23/11/2023	No. Muestra:	M3
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

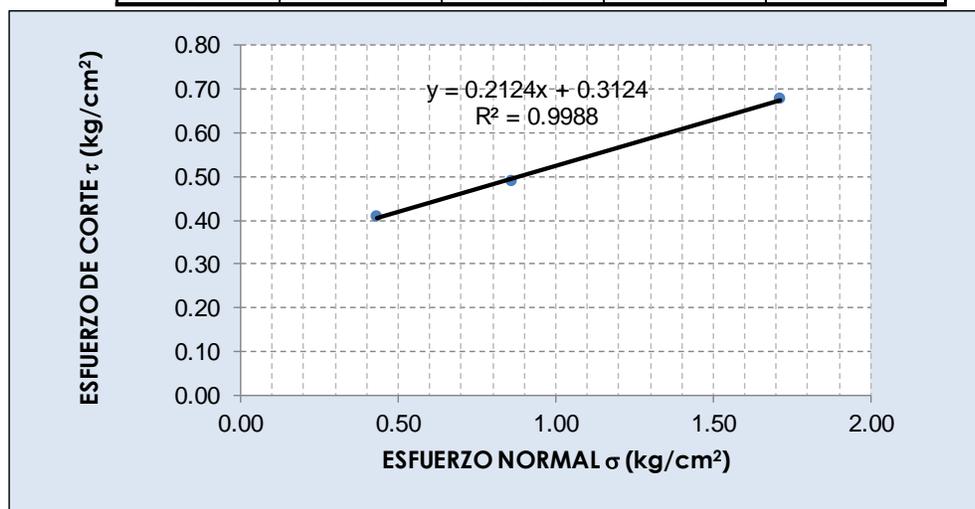
Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Especimen #: 3		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.68	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	1.71	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	3.45m
FECHA:	23/11/2023		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086
GRÁFICO DE LA ENVOLVENTE DE FALLA: MUESTRAS REMOLDEADAS			

DATOS				
Especimen	Esfuerzo Normal σ	Esfuerzo de Corte τ	$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$	
			C	ϕ
#	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	(°)
1	0.43	0.41	0.31	12
2	0.86	0.49		
3	1.71	0.68		



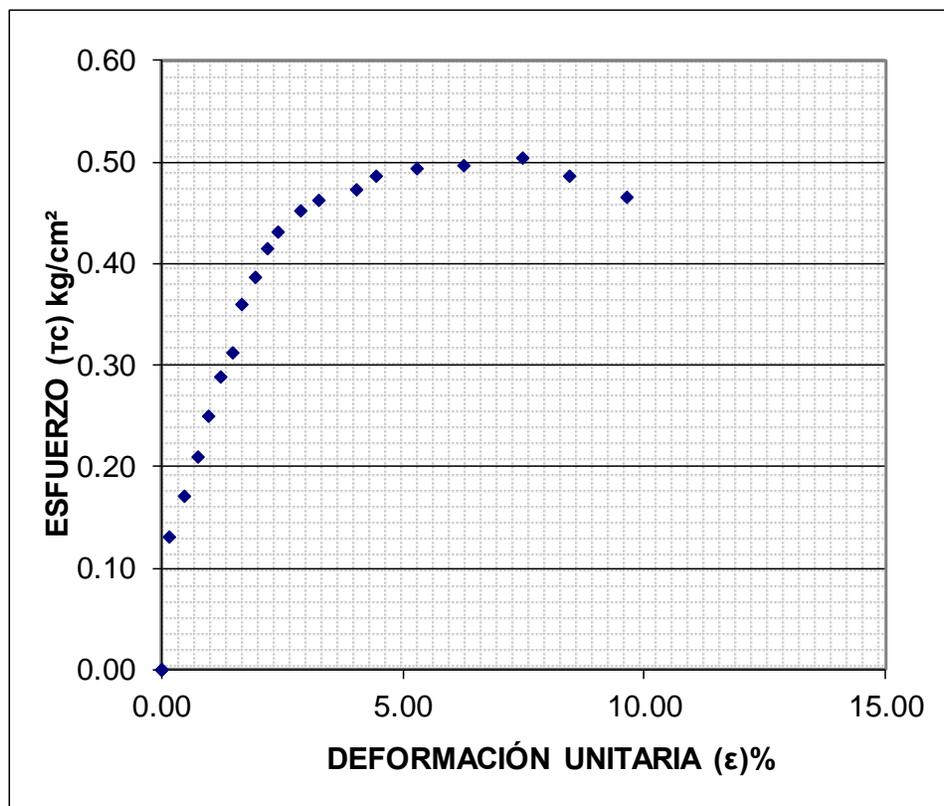
RESULTADOS			ENVOLVENTE DE FALLA
C=	0.31	kg/cm ²	
ϕ=	12	°	

CORTE DIRECTO SPT-2 (4.00-4.45m)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-2			PROFUNDIDAD: 4.45m		
FECHA: 23/11/2023			No. Muestra: M1		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	13.68%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	109.60		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m3)	1830		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m3)	1610		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		12.75			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm2) =		0.43			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm2) =		0.50			
LECTURA SEGUNDOS	LECTURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm2)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	38	3.876	0.13	0.10	0.16
15.00	50	5.100	0.17	0.30	0.49
15.00	61	6.222	0.21	0.46	0.75
15.00	73	7.446	0.25	0.61	0.99
15.00	84	8.568	0.29	0.75	1.22
15.00	91	9.282	0.31	0.90	1.46
15.00	105	10.710	0.36	1.03	1.67
15.00	113	11.526	0.39	1.19	1.93
15.00	121	12.342	0.41	1.35	2.19
15.00	126	12.852	0.43	1.48	2.40
30.00	132	13.464	0.45	1.77	2.87
30.00	135	13.770	0.46	2.01	3.26
30.00	138	14.076	0.47	2.49	4.04
30.00	142	14.484	0.49	2.74	4.45
60.00	144	14.688	0.49	3.26	5.29
60.00	145	14.790	0.50	3.85	6.25
60.00	147	14.994	0.50	4.62	7.50
60.00	142	14.484	0.49	5.21	8.46
90.00	136	13.872	0.47	5.94	9.64
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	4.45m
FECHA:	23/11/2023	No. Muestra:	M1
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Espécimen #: 1		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.50	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.43	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	4.45m
FECHA DE ENSAYO:	23/11/2023		

CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA

ASTM D-3086

Características del espécimen:

Espécimen	Altura	Diametro A	Diametro B	Area	Volumen	W molde	W molde + muestra	W húmedo muestra	ph
#	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(gr)	(gr)	(gr)	(kg/m ³)
1	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	41.62	151.22	109.60	1830.35
2	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	40.74	150.36	109.62	1830.68
3	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	42.96	152.54	109.58	1830.01

Contenido de humedad:

Espécimen	# tarro	W tarro	W tarro+muestra	W seco	Humedad ω (%)	Promedio parcial ω (%)
1	10	16.63	33.63	31.58	13.68%	13.68%
2	7	16.56	32.74	30.81	13.57%	13.57%
3	1	16.60	32.91	30.93	13.84%	13.84%

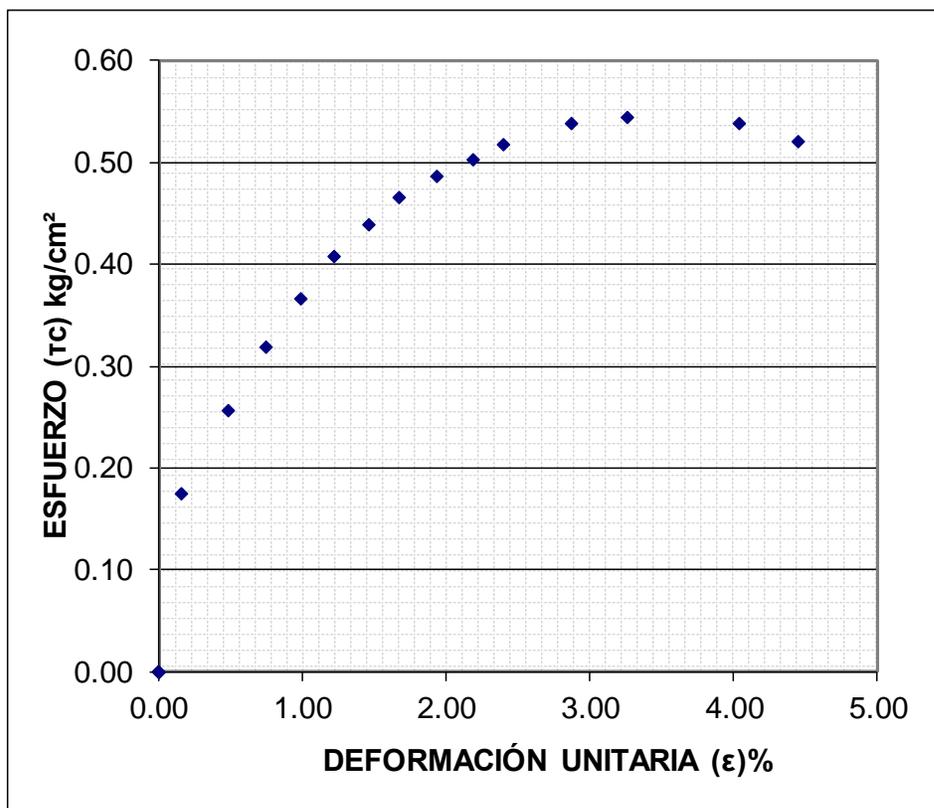
Resumen de Datos

Humedad Promedio Total:	13.70	%
Densidad Húmeda Prom. Total:	1830	(kg/m ³)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-2			PROFUNDIDAD: 4.45m		
FECHA: 23/11/2023			No. Muestra: M2		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	13.57%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	109.62		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1830.68		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	1611.94		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquima (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		25.5			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		0.86			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.54			
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	51	5.202	0.17	0.10	0.16
15.00	75	7.650	0.26	0.30	0.49
15.00	93	9.486	0.32	0.46	0.75
15.00	107	10.914	0.37	0.61	0.99
15.00	119	12.138	0.41	0.75	1.22
15.00	128	13.056	0.44	0.90	1.46
15.00	136	13.872	0.47	1.03	1.67
15.00	142	14.484	0.49	1.19	1.93
15.00	147	14.994	0.50	1.35	2.19
15.00	151	15.402	0.52	1.48	2.40
30.00	157	16.014	0.54	1.77	2.87
30.00	159	16.218	0.54	2.01	3.26
30.00	157	16.014	0.54	2.49	4.04
30.00	152	15.504	0.52	2.74	4.45
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros α o mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	4.45m
FECHA:	23/11/2023	No. Muestra:	M2
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación

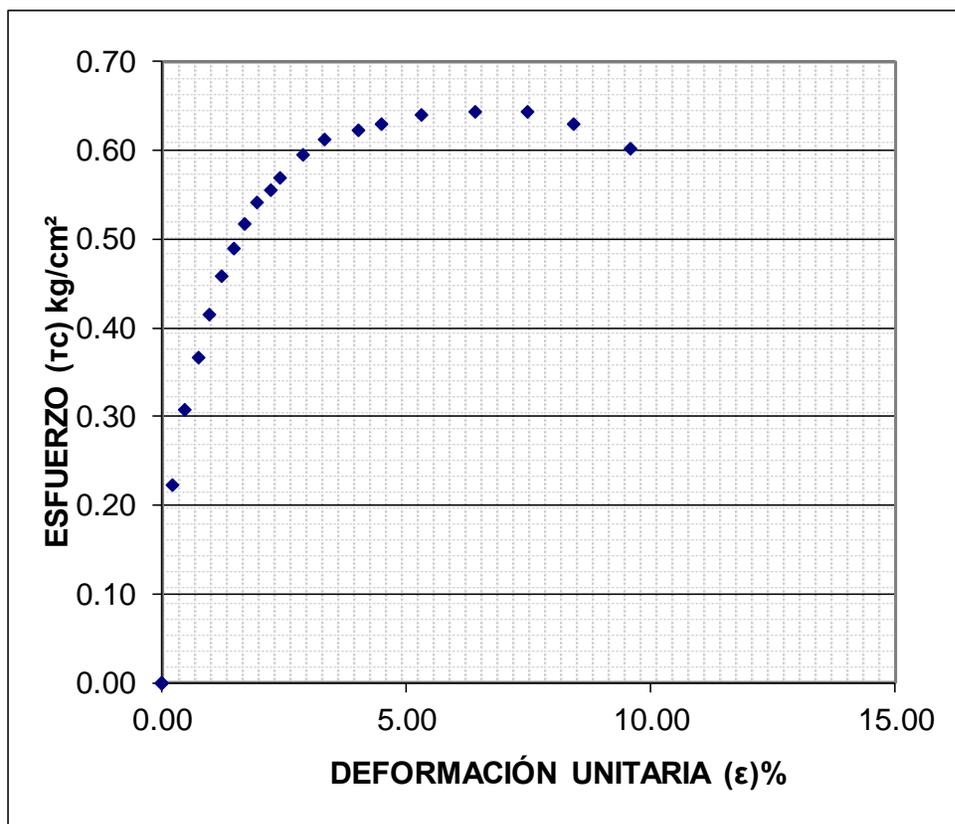


Especimen #: 2		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.54	kg/cm^2
Esfuerzo Normal		
σ =	0.86	kg/cm^2

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.				
UBICACIÓN:	Racar				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad				
PERFORACIÓN:	SPT-2		PROFUNDIDAD:	4.45m	
FECHA:	23/11/2023		No. Muestra:	M3	
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	13.84%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	109.62		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m3)	1830.01		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m3)	1607.53		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máxima (mm/min) =	0.5				
Carga normal (kgf) =	51				
Esfuerzo Normal σ (kg/cm2) =	1.71				
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm2) =	0.64				
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm2)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	65	6.630	0.22	0.12	0.19
15.00	90	9.180	0.31	0.29	0.47
15.00	107	10.914	0.37	0.45	0.73
15.00	121	12.342	0.41	0.60	0.97
15.00	134	13.668	0.46	0.75	1.22
15.00	143	14.586	0.49	0.90	1.46
15.00	151	15.402	0.52	1.03	1.67
15.00	158	16.116	0.54	1.20	1.95
15.00	162	16.524	0.55	1.36	2.21
15.00	166	16.932	0.57	1.48	2.40
30.00	174	17.748	0.60	1.77	2.87
30.00	179	18.258	0.61	2.05	3.33
30.00	182	18.564	0.62	2.48	4.03
30.00	184	18.768	0.63	2.76	4.48
60.00	187	19.074	0.64	3.26	5.29
60.00	188	19.176	0.64	3.94	6.40
60.00	188	19.176	0.64	4.60	7.47
60.00	184	18.768	0.63	5.18	8.41
90.00	176	17.952	0.60	5.90	9.58
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	4.45m
FECHA:	23/11/2023	No. Muestra:	M3
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

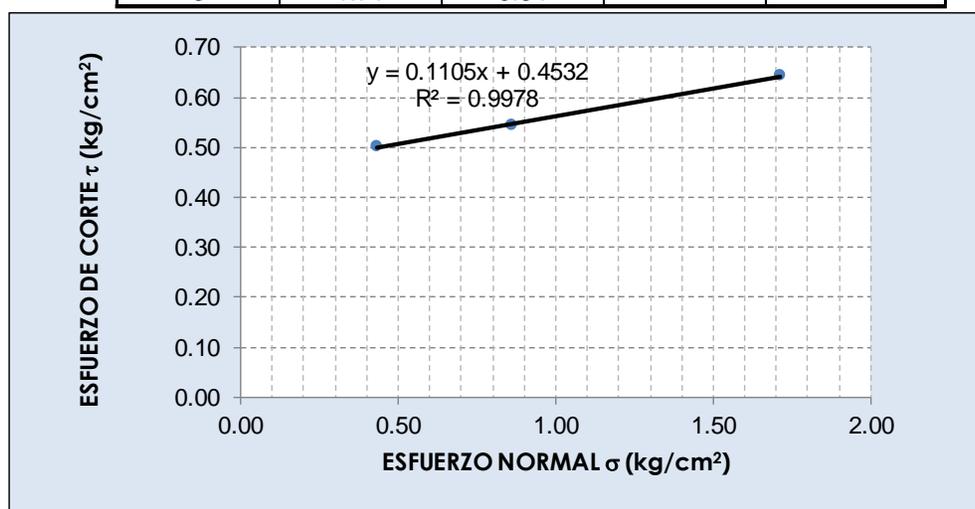
Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Especimen #: 3		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.64	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	1.71	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-2	PROFUNDIDAD:	4.45m
FECHA:	23/11/2023		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086
GRÁFICO DE LA ENVOLVENTE DE FALLA: MUESTRAS REMOLDEADAS			

DATOS				
Especimen	Esfuerzo Normal σ	Esfuerzo de Corte τ	$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$	
			C	ϕ
#	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	(°)
1	0.43	0.50	0.45	6
2	0.86	0.54		
3	1.71	0.64		



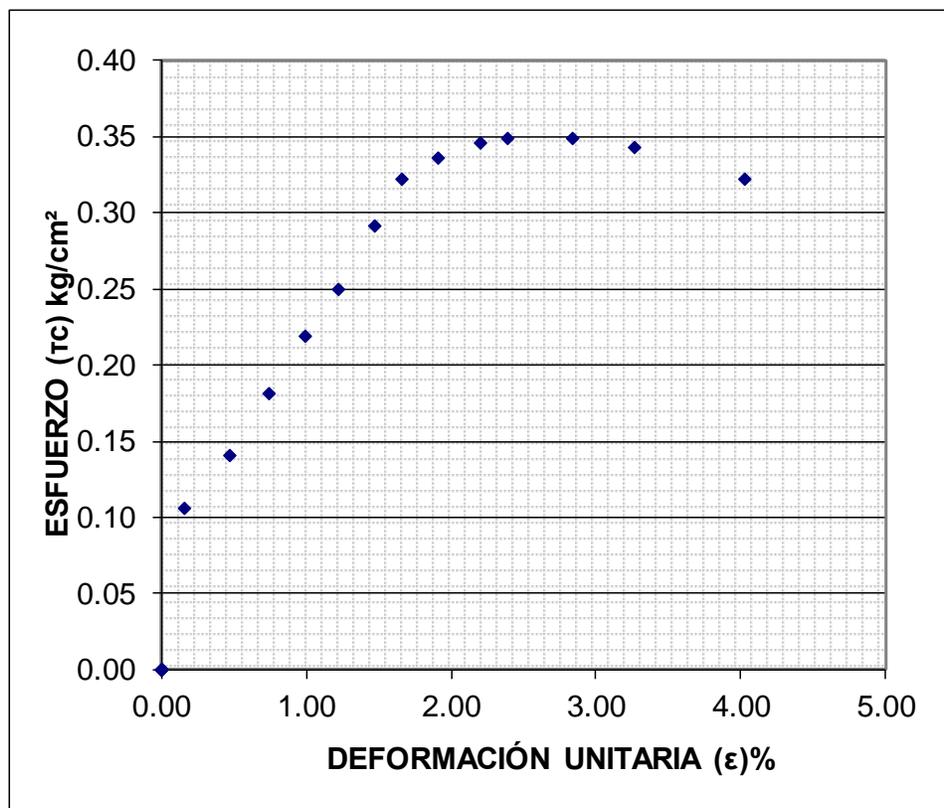
RESULTADOS			ENVOLVENTE DE FALLA
C=	0.45	kg/cm ²	
ϕ=	6	°	

CORTE DIRECTO SPT-3 (1.00-1.45m)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-3			PROFUNDIDAD: 1.45m		
FECHA: 24/11/2023			No. Muestra: M1		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	42.62%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	88.56		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m3)	1479		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m3)	1037		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		12.75			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm2) =		0.43			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm2) =		0.35			
LECTURA SEGUNDOS	LECTURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm2)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	31	3.162	0.11	0.10	0.16
15.00	41	4.182	0.14	0.29	0.47
15.00	53	5.406	0.18	0.46	0.75
15.00	64	6.528	0.22	0.61	0.99
15.00	73	7.446	0.25	0.75	1.22
15.00	85	8.670	0.29	0.91	1.48
15.00	94	9.588	0.32	1.02	1.66
15.00	98	9.996	0.34	1.18	1.92
15.00	101	10.302	0.35	1.36	2.21
15.00	102	10.404	0.35	1.47	2.39
30.00	102	10.404	0.35	1.75	2.84
30.00	100	10.200	0.34	2.01	3.26
30.00	94	9.588	0.32	2.48	4.03
30.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	1.45m
FECHA:	24/11/2023	No. Muestra:	M1
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Especimen #: 1		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.35	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.43	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	1.45m
FECHA DE ENSAYO:	24/11/2023		

CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA

ASTM D-3086

Características del espécimen:

Espécimen	Altura	Diametro A	Diametro B	Area	Volumen	W molde	W molde + muestra	W húmedo muestra	ph
#	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(gr)	(gr)	(gr)	(kg/m3)
1	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	41.62	130.18	88.56	1478.97
2	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	40.74	129.25	88.51	1478.14
3	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	42.96	131.42	88.46	1477.30

Contenido de humedad:

Espécimen	# tarro	W tarro	W tarro+muestra	W seco	Humedad ω (%)	Promedio parcial ω (%)
1	8	16.60	34.20	28.94	42.62%	42.62%
2	12	16.86	33.34	28.44	42.35%	42.35%
3	13	17.35	33.74	28.85	42.55%	42.55%

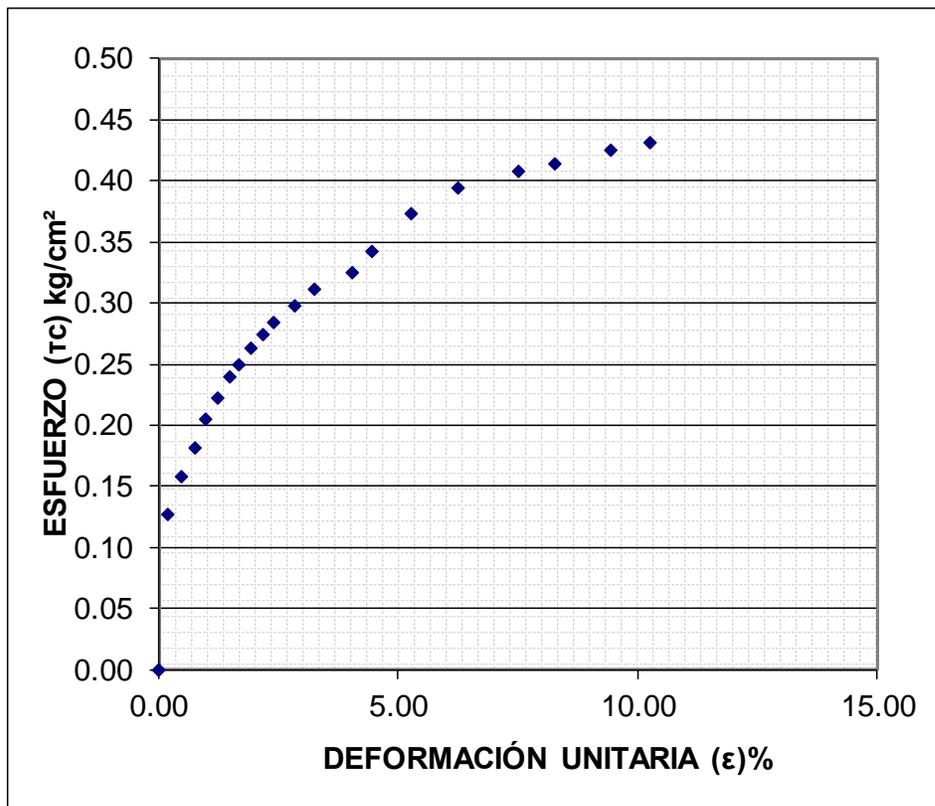
Resumen de Datos

Humedad Promedio Total:	42.51	%
Densidad Húmeda Prom. Total:	1478	(kg/m ³)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-3			PROFUNDIDAD: 1.45m		
FECHA: 24/11/2023			No. Muestra: M2		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	42.35%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	88.51		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1478.14		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	1038.38		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquima (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		25.5			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		0.86			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.43			
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	37	3.774	0.13	0.11	0.18
15.00	46	4.692	0.16	0.30	0.49
15.00	53	5.406	0.18	0.46	0.75
15.00	60	6.120	0.21	0.61	0.99
15.00	65	6.630	0.22	0.76	1.23
15.00	70	7.140	0.24	0.91	1.48
15.00	73	7.446	0.25	1.03	1.67
15.00	77	7.854	0.26	1.18	1.92
15.00	80	8.160	0.27	1.35	2.19
15.00	83	8.466	0.28	1.47	2.39
30.00	87	8.874	0.30	1.75	2.84
30.00	91	9.282	0.31	2.01	3.26
30.00	95	9.690	0.33	2.48	4.03
30.00	100	10.200	0.34	2.74	4.45
60.00	109	11.118	0.37	3.25	5.28
60.00	115	11.730	0.39	3.85	6.25
60.00	119	12.138	0.41	4.62	7.50
60.00	121	12.342	0.41	5.10	8.28
90.00	124	12.648	0.42	5.81	9.43
90.00	126	12.852	0.43	6.32	10.26
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros α o mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	1.45m
FECHA:	24/11/2023	No. Muestra:	M2
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación

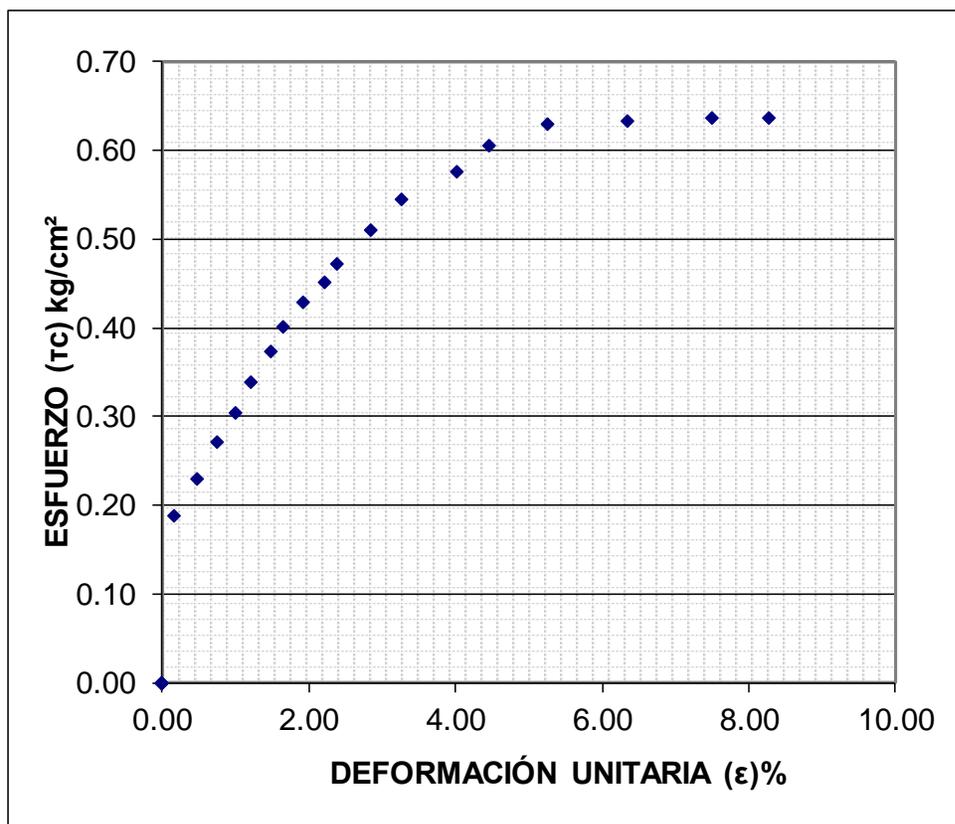


Especimen #: 2		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.43	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.86	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.				
UBICACIÓN:	Racar				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad				
PERFORACIÓN:	SPT-3		PROFUNDIDAD:	1.45m	
FECHA:	24/11/2023		No. Muestra:	M3	
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	42.55%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	88.51		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m3)	1477.30		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m3)	1036.34		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =	0.5				
Carga normal (kgf) =	51				
Esfuerzo Normal σ (kg/cm2) =	1.71				
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm2) =	0.64				
LECTURA SEGUNDOS	LECTURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm2)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	55	5.610	0.19	0.10	0.16
15.00	67	6.834	0.23	0.29	0.47
15.00	79	8.058	0.27	0.46	0.75
15.00	89	9.078	0.30	0.61	0.99
15.00	99	10.098	0.34	0.75	1.22
15.00	109	11.118	0.37	0.91	1.48
15.00	117	11.934	0.40	1.02	1.66
15.00	125	12.750	0.43	1.18	1.92
15.00	132	13.464	0.45	1.36	2.21
15.00	138	14.076	0.47	1.47	2.39
30.00	149	15.198	0.51	1.75	2.84
30.00	159	16.218	0.54	2.01	3.26
30.00	168	17.136	0.58	2.48	4.03
30.00	177	18.054	0.61	2.75	4.46
60.00	184	18.768	0.63	3.24	5.26
60.00	185	18.870	0.63	3.91	6.35
60.00	186	18.972	0.64	4.62	7.50
60.00	186	18.972	0.64	5.10	8.28
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	1.45m
FECHA:	24/11/2023	No. Muestra:	M3
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación

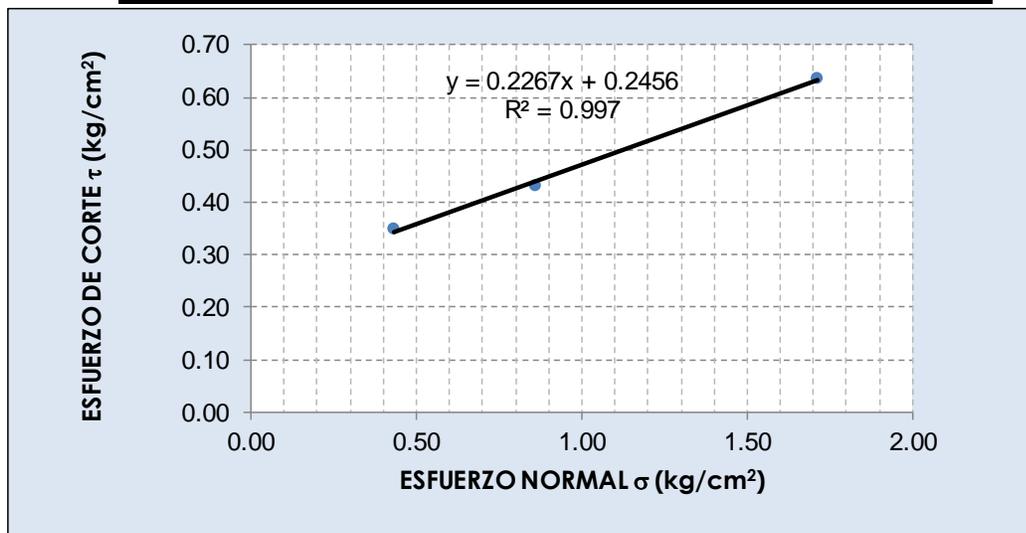


Especimen #: 3		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.64	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	1.71	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	1.45m
FECHA:	24/11/2023		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

GRÁFICO DE LA ENVOLVENTE DE FALLA: MUESTRAS REMOLDEADAS
--

DATOS				
Especimen	Esfuerzo Normal σ	Esfuerzo de Corte τ	$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$	
			C	ϕ
#	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	(°)
1	0.43	0.35	0.25	13
2	0.86	0.43		
3	1.71	0.64		



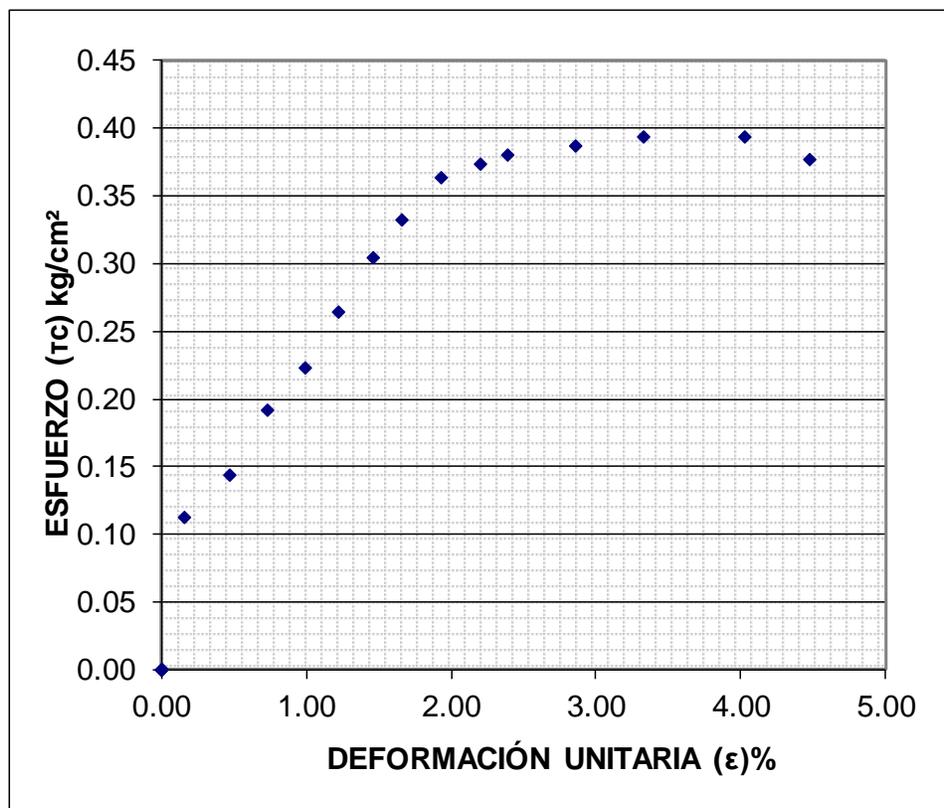
RESULTADOS			ENVOLVENTE DE FALLA
C=	0.25	kg/cm ²	
ϕ=	13	°	

CORTE DIRECTO SPT-3 (2.00-2.45m)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-3			PROFUNDIDAD: 2.45m		
FECHA: 24/11/2023			No. Muestra: M1		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	35.64%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	91.03		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m3)	1520		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m3)	1121		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		12.75			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm2) =		0.43			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm2) =		0.39			
LECTURA SEGUNDOS	LECTURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm2)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	33	3.366	0.11	0.10	0.16
15.00	42	4.284	0.14	0.29	0.47
15.00	56	5.712	0.19	0.45	0.73
15.00	65	6.630	0.22	0.61	0.99
15.00	77	7.854	0.26	0.75	1.22
15.00	89	9.078	0.30	0.90	1.46
15.00	97	9.894	0.33	1.02	1.66
15.00	106	10.812	0.36	1.19	1.93
15.00	109	11.118	0.37	1.36	2.21
15.00	111	11.322	0.38	1.47	2.39
30.00	113	11.526	0.39	1.76	2.86
30.00	115	11.730	0.39	2.05	3.33
30.00	115	11.730	0.39	2.48	4.03
30.00	110	11.220	0.38	2.76	4.48
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	2.45m
FECHA:	24/11/2023	No. Muestra:	M1
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Espécimen #: 1		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.39	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.43	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	2.45m
FECHA DE ENSAYO:	24/11/2023		

CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA

ASTM D-3086

Características del espécimen:

Espécimen	Altura	Diametro A	Diametro B	Area	Volumen	W molde	W molde + muestra	W húmedo muestra	ph
#	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(gr)	(gr)	(gr)	(kg/m ³)
1	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	41.62	132.65	91.03	1520.22
2	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	40.74	131.78	91.04	1520.39
3	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	42.96	133.95	90.99	1519.55

Contenido de humedad:

Espécimen	# tarro	W tarro	W tarro+muestra	W seco	Humedad ω (%)	Promedio parcial ω (%)
1	6	16.81	32.41	28.31	35.64%	35.64%
2	11	16.92	32.89	28.71	35.45%	35.45%
3	14	16.74	33.74	29.28	35.56%	35.56%

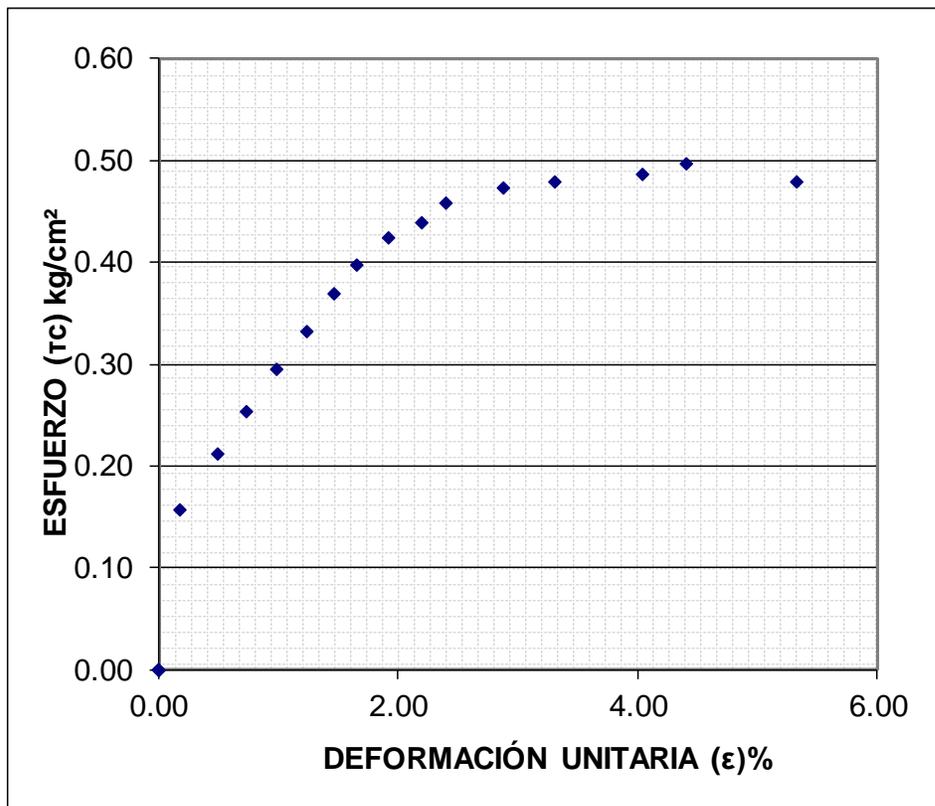
Resumen de Datos

Humedad Promedio Total:	35.55	%
Densidad Húmeda Prom. Total:	1520	(kg/m ³)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-3			PROFUNDIDAD: 2.45m		
FECHA: 24/11/2023			No. Muestra: M2		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	35.45%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	91.04		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1520.39		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	1122.47		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquima (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		25.5			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		0.86			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.50			
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	46	4.692	0.16	0.11	0.18
15.00	62	6.324	0.21	0.30	0.49
15.00	74	7.548	0.25	0.45	0.73
15.00	86	8.772	0.29	0.61	0.99
15.00	97	9.894	0.33	0.76	1.23
15.00	108	11.016	0.37	0.90	1.46
15.00	116	11.832	0.40	1.02	1.66
15.00	124	12.648	0.42	1.18	1.92
15.00	128	13.056	0.44	1.35	2.19
15.00	134	13.668	0.46	1.48	2.40
30.00	138	14.076	0.47	1.77	2.87
30.00	140	14.280	0.48	2.04	3.31
30.00	142	14.484	0.49	2.49	4.04
30.00	145	14.790	0.50	2.71	4.40
60.00	140	14.280	0.48	3.28	5.32
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros α o mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	2.45m
FECHA:	24/11/2023	No. Muestra:	M2
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación

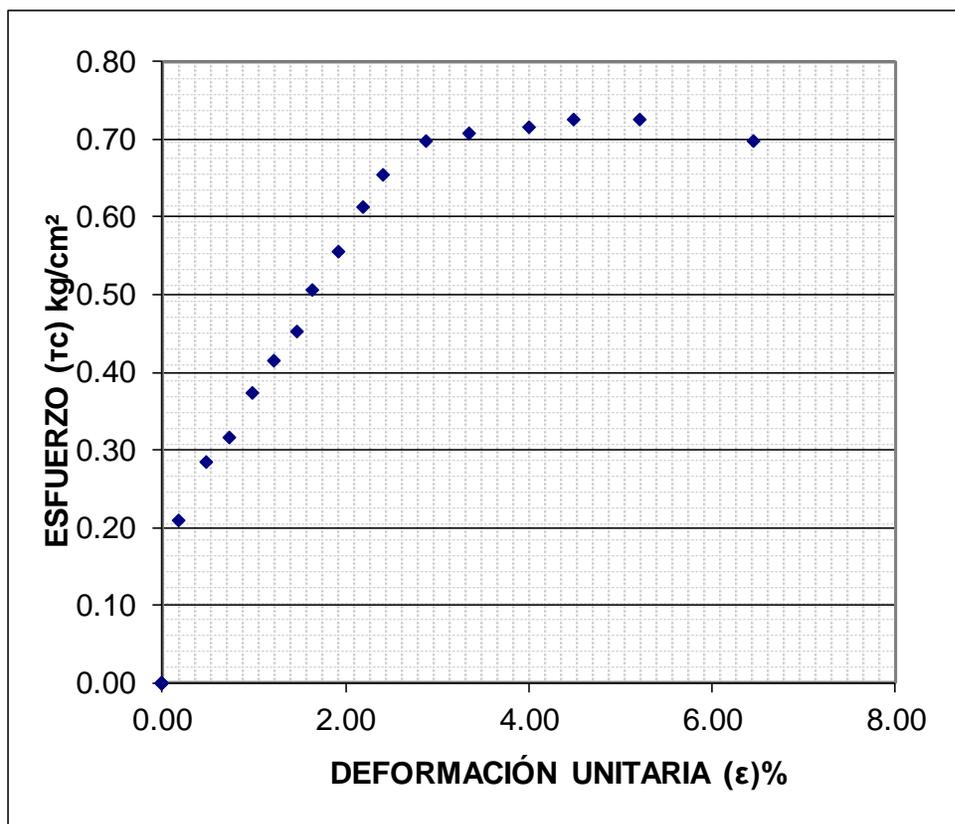


Espécimen #: 2		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.50	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.86	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.				
UBICACIÓN:	Racar				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad				
PERFORACIÓN:	SPT-3		PROFUNDIDAD:	2.45m	
FECHA:	24/11/2023		No. Muestra:	M3	
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	35.56%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	91.04		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m3)	1519.55		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m3)	1120.95		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquima (mm/min) =	0.5				
Carga normal (kgf) =	51				
Esfuerzo Normal σ (kg/cm2) =	1.71				
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm2) =	0.73				
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm2)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	61	6.222	0.21	0.11	0.18
15.00	83	8.466	0.28	0.30	0.49
15.00	92	9.384	0.31	0.45	0.73
15.00	109	11.118	0.37	0.61	0.99
15.00	121	12.342	0.41	0.75	1.22
15.00	132	13.464	0.45	0.91	1.48
15.00	148	15.096	0.51	1.01	1.64
15.00	162	16.524	0.55	1.18	1.92
15.00	179	18.258	0.61	1.35	2.19
15.00	191	19.482	0.65	1.48	2.40
30.00	204	20.808	0.70	1.77	2.87
30.00	207	21.114	0.71	2.06	3.34
30.00	209	21.318	0.72	2.47	4.01
30.00	212	21.624	0.73	2.77	4.50
60.00	212	21.624	0.73	3.21	5.21
60.00	204	20.808	0.70	3.97	6.44
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	2.45m
FECHA:	24/11/2023	No. Muestra:	M3
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación

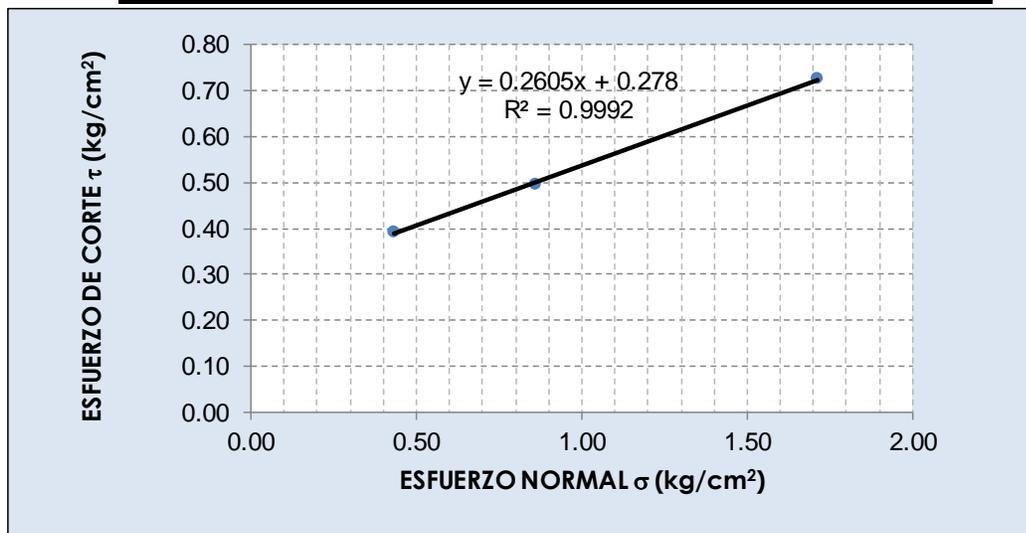


Especimen #: 3		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.73	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	1.71	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	2.45m
FECHA:	24/11/2023		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

GRÁFICO DE LA ENVOLVENTE DE FALLA: MUESTRAS REMOLDEADAS
--

DATOS				
Especimen	Esfuerzo Normal σ	Esfuerzo de Corte τ	$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$	
			C	ϕ
#	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	(°)
1	0.43	0.39	0.28	15
2	0.86	0.50		
3	1.71	0.73		



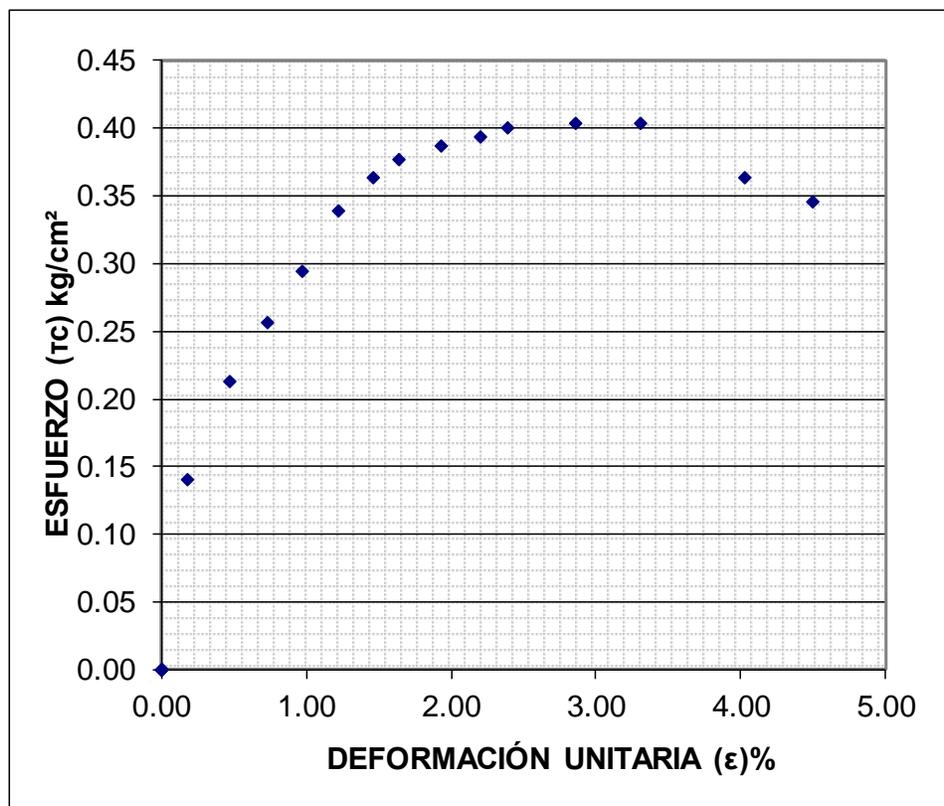
RESULTADOS			ENVOLVENTE DE FALLA
C=	0.28	kg/cm ²	
ϕ=	15	°	

CORTE DIRECTO SPT-3 (3.00-3.45m)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-3			PROFUNDIDAD: 3.45m		
FECHA: 25/11/2023			No. Muestra: M1		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	26.75%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	89.56		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1496		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	1180		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		12.75			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		0.43			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.40			
LECTURA SEGUNDOS	LECTURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	41	4.182	0.14	0.11	0.18
15.00	62	6.324	0.21	0.29	0.47
15.00	75	7.650	0.26	0.45	0.73
15.00	86	8.772	0.29	0.60	0.97
15.00	99	10.098	0.34	0.75	1.22
15.00	106	10.812	0.36	0.90	1.46
15.00	110	11.220	0.38	1.01	1.64
15.00	113	11.526	0.39	1.19	1.93
15.00	115	11.730	0.39	1.36	2.21
15.00	117	11.934	0.40	1.47	2.39
30.00	118	12.036	0.40	1.76	2.86
30.00	118	12.036	0.40	2.04	3.31
30.00	106	10.812	0.36	2.48	4.03
30.00	101	10.302	0.35	2.77	4.50
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	3.45m
FECHA:	25/11/2023	No. Muestra:	M1
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Espécimen #: 1		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.40	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.43	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	3.45m
FECHA DE ENSAYO:	25/11/2023		

CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA

ASTM D- 3086

Características del espécimen:

Espécimen	Altura	Diametro A	Diametro B	Area	Volumen	W molde	W molde + muestra	W húmedo muestra	ph
#	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(gr)	(gr)	(gr)	(kg/m3)
1	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	41.62	131.18	89.56	1495.67
2	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	40.74	130.28	89.54	1495.34
3	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	42.96	132.54	89.58	1496.01

Contenido de humedad:

Espécimen	# tarro	W tarro	W tarro+muestra	W seco	Humedad ω (%)	Promedio parcial ω (%)
1	16	16.91	34.21	30.56	26.75%	26.75%
2	1	16.60	34.38	30.62	26.84%	26.84%
3	15	16.98	33.67	30.15	26.69%	26.69%

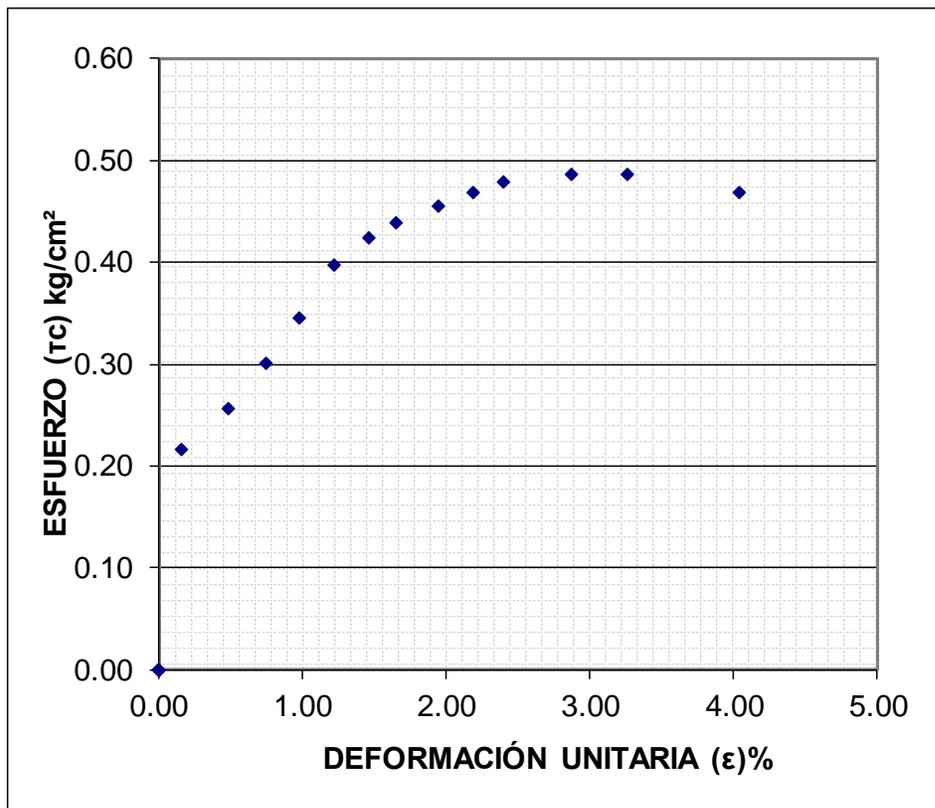
Resumen de Datos

Humedad Promedio Total:	26.76	%
Densidad Húmeda Prom. Total:	1496	(kg/m ³)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-3			PROFUNDIDAD: 3.45m		
FECHA: 25/11/2023			No. Muestra: M2		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	26.84%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	89.54		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1495.34		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	1178.92		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquima (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		25.5			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		0.86			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.49			
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	63	6.426	0.22	0.10	0.16
15.00	75	7.650	0.26	0.30	0.49
15.00	88	8.976	0.30	0.46	0.75
15.00	101	10.302	0.35	0.60	0.97
15.00	116	11.832	0.40	0.75	1.22
15.00	124	12.648	0.42	0.90	1.46
15.00	128	13.056	0.44	1.02	1.66
15.00	133	13.566	0.46	1.20	1.95
15.00	137	13.974	0.47	1.35	2.19
15.00	140	14.280	0.48	1.48	2.40
30.00	142	14.484	0.49	1.77	2.87
30.00	142	14.484	0.49	2.01	3.26
30.00	137	13.974	0.47	2.49	4.04
30.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros σ_{eo} mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	3.45m
FECHA:	25/11/2023	No. Muestra:	M2
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación

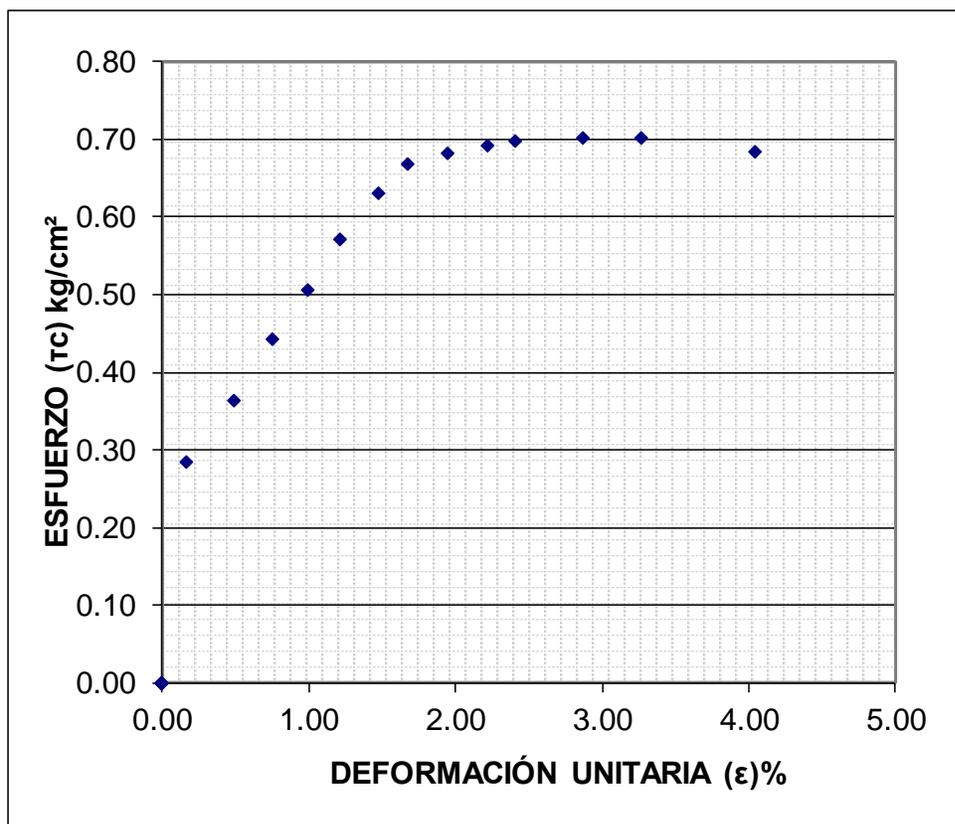


Especimen #: 2		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.49	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.86	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.				
UBICACIÓN:	Racar				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad				
PERFORACIÓN:	SPT-3		PROFUNDIDAD:	3.45m	
FECHA:	25/11/2023		No. Muestra:	M3	
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	26.69%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	89.54		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m3)	1496.01		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m3)	1180.84		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máxima (mm/min) =	0.5				
Carga normal (kgf) =	51				
Esfuerzo Normal σ (kg/cm2) =	1.71				
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm2) =	0.70				
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm2)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	83	8.466	0.28	0.10	0.16
15.00	106	10.812	0.36	0.30	0.49
15.00	129	13.158	0.44	0.46	0.75
15.00	148	15.096	0.51	0.61	0.99
15.00	167	17.034	0.57	0.75	1.22
15.00	184	18.768	0.63	0.91	1.48
15.00	195	19.890	0.67	1.03	1.67
15.00	199	20.298	0.68	1.20	1.95
15.00	202	20.604	0.69	1.37	2.22
15.00	204	20.808	0.70	1.48	2.40
30.00	205	20.910	0.70	1.77	2.87
30.00	205	20.910	0.70	2.01	3.26
30.00	200	20.400	0.68	2.49	4.04
30.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	3.45m
FECHA:	25/11/2023	No. Muestra:	M3
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación

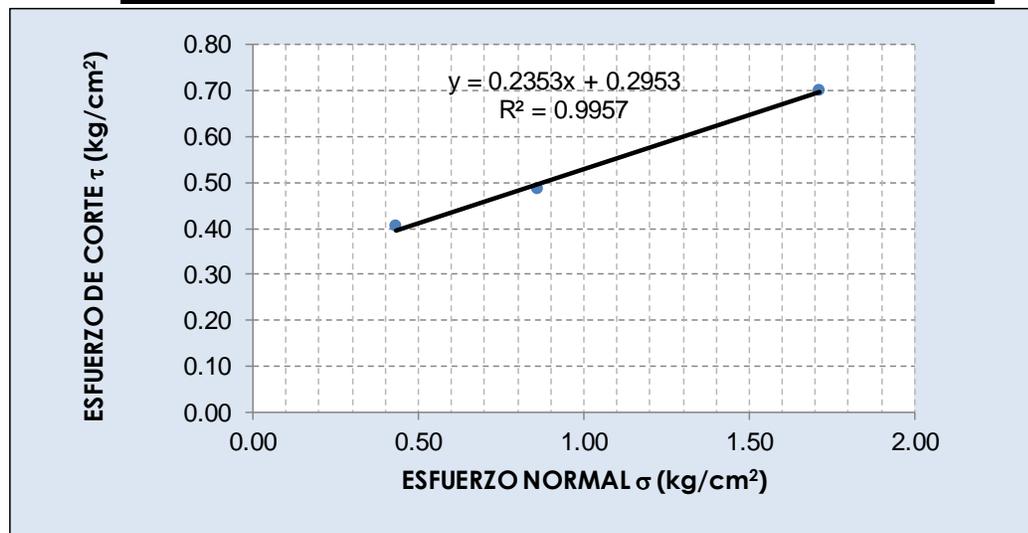


Especimen #: 3		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.70	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	1.71	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	3.45m
FECHA:	25/11/2023		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

GRÁFICO DE LA ENVOLVENTE DE FALLA: MUESTRAS REMOLDEADAS
--

DATOS				
Espécimen	Esfuerzo Normal σ	Esfuerzo de Corte τ	$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$	
			C	ϕ
#	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	(°)
1	0.43	0.40	0.30	13
2	0.86	0.49		
3	1.71	0.70		



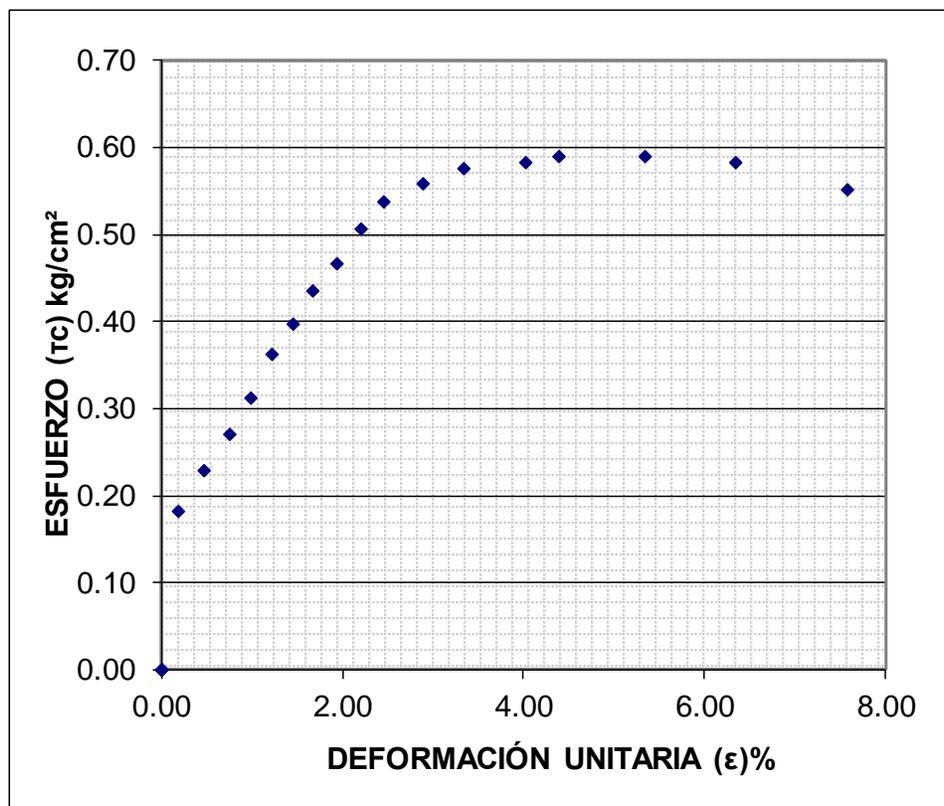
RESULTADOS			ENVOLVENTE DE FALLA
C=	0.30	kg/cm ²	
ϕ=	13	°	

CORTE DIRECTO SPT-3 (4.00-4.45m)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-3			PROFUNDIDAD: 4.45m		
FECHA: 25/11/2023			No. Muestra: M1		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	11.62%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	109.06		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1821		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	1632		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquina (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		12.75			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		0.43			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.59			
LECTURA SEGUNDOS	LECTURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	53	5.406	0.18	0.11	0.18
15.00	67	6.834	0.23	0.29	0.47
15.00	79	8.058	0.27	0.46	0.75
15.00	91	9.282	0.31	0.61	0.99
15.00	106	10.812	0.36	0.75	1.22
15.00	116	11.832	0.40	0.90	1.46
15.00	127	12.954	0.43	1.03	1.67
15.00	136	13.872	0.47	1.19	1.93
15.00	148	15.096	0.51	1.36	2.21
15.00	157	16.014	0.54	1.51	2.45
30.00	163	16.626	0.56	1.78	2.89
30.00	168	17.136	0.58	2.06	3.34
30.00	170	17.340	0.58	2.48	4.03
30.00	172	17.544	0.59	2.71	4.40
60.00	172	17.544	0.59	3.29	5.34
60.00	170	17.340	0.58	3.91	6.35
60.00	161	16.422	0.55	4.67	7.58
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	4.45m
FECHA:	25/11/2023	No. Muestra:	M1
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación



Espécimen #: 1		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.59	kg/cm²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.43	kg/cm²

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.
UBICACIÓN: Racar
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de alta compresibilidad
PERFORACIÓN: SPT-3 **PROFUNDIDAD:** 4.45m
FECHA DE ENSAYO: 25/11/2023

CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA

ASTM D-3086

Características del espécimen:

Espécimen	Altura	Diametro A	Diametro B	Area	Volumen	W molde	W molde + muestra	W húmedo muestra	ph
#	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ³)	(gr)	(gr)	(gr)	(kg/m ³)
1	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	41.62	150.68	109.06	1821.33
2	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	40.74	149.81	109.07	1821.49
3	2.01	6.16	6.16	29.79	59.88	42.96	151.97	109.01	1820.49

Contenido de humedad:

Espécimen	# tarro	W tarro	W tarro+muestra	W seco	Humedad ω (%)	Promedio parcial ω (%)
1	11	16.92	32.19	30.60	11.62%	11.62%
2	9	16.70	32.86	31.20	11.48%	11.48%
3	3	17.23	33.46	31.75	11.79%	11.79%

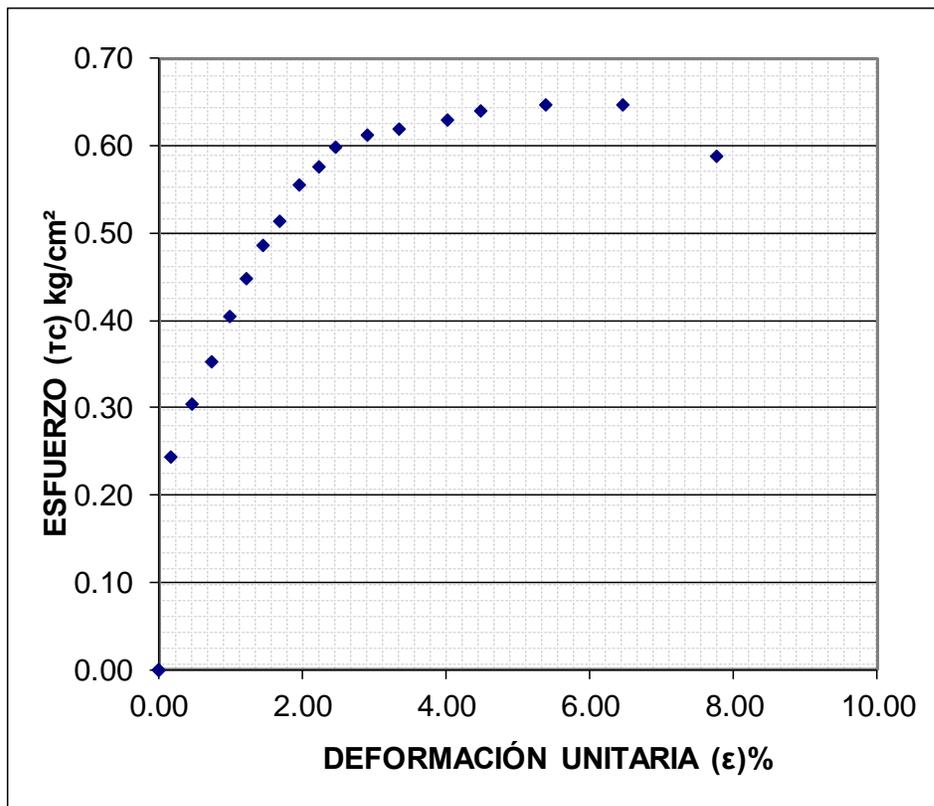
Resumen de Datos

Humedad Promedio Total:	11.63	%
Densidad Húmeda Prom. Total:	1821	(kg/m ³)

PROYECTO: Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.					
UBICACIÓN: Racar					
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de alta compresibilidad					
PERFORACIÓN: SPT-3			PROFUNDIDAD: 4.45m		
FECHA: 25/11/2023			No. Muestra: M2		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	11.48%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	109.07		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m ³):	1821.49		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m ³):	1633.92		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máquima (mm/min) =		0.5			
Carga normal (kgf) =		25.5			
Esfuerzo Normal σ (kg/cm²) =		0.86			
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm²) =		0.65			
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm ²)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	71	7.242	0.24	0.10	0.16
15.00	89	9.078	0.30	0.29	0.47
15.00	103	10.506	0.35	0.45	0.73
15.00	118	12.036	0.40	0.61	0.99
15.00	131	13.362	0.45	0.75	1.22
15.00	142	14.484	0.49	0.90	1.46
15.00	150	15.300	0.51	1.04	1.69
15.00	162	16.524	0.55	1.20	1.95
15.00	168	17.136	0.58	1.37	2.22
15.00	175	17.850	0.60	1.52	2.47
30.00	179	18.258	0.61	1.79	2.91
30.00	181	18.462	0.62	2.06	3.34
30.00	184	18.768	0.63	2.48	4.03
30.00	187	19.074	0.64	2.76	4.48
60.00	189	19.278	0.65	3.32	5.39
60.00	189	19.278	0.65	3.98	6.46
60.00	172	17.544	0.59	4.78	7.76
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00					
90.00					

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 v parámetros α o mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	4.45m
FECHA:	25/11/2023	No. Muestra:	M2
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación

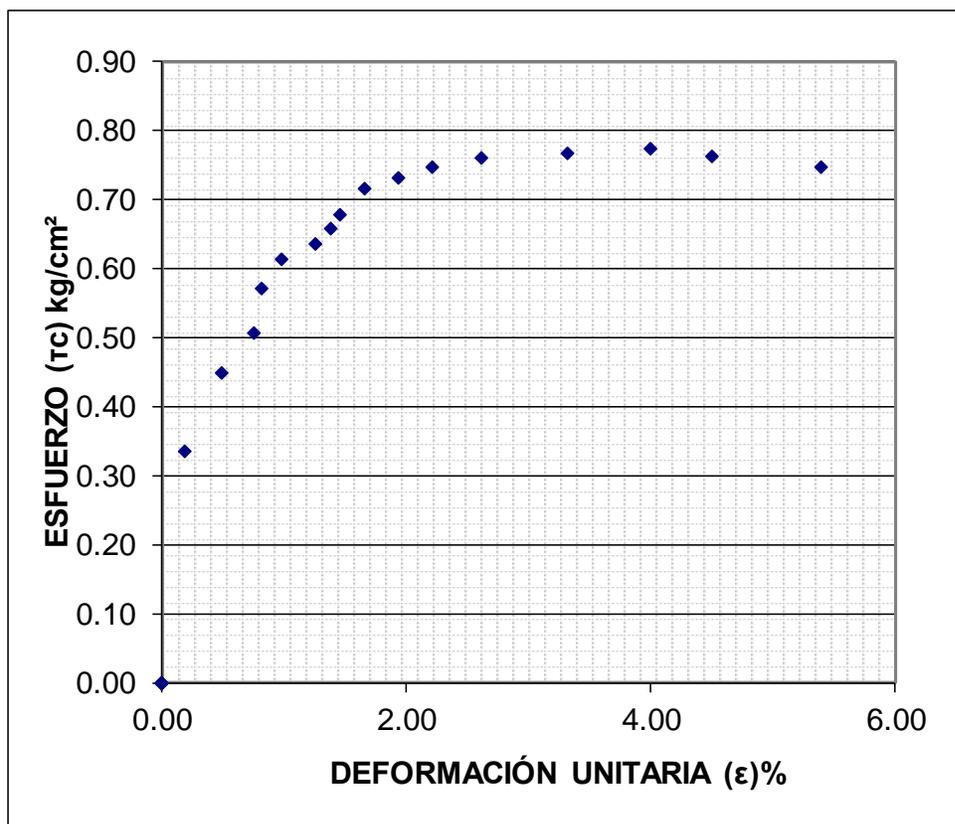


Especimen #: 2		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.65	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	0.86	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.				
UBICACIÓN:	Racar				
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad				
PERFORACIÓN:	SPT-3		PROFUNDIDAD:	4.45m	
FECHA:	25/11/2023		No. Muestra:	M3	
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA					ASTM D-3086
Características de la muestra:					
Diametro (cm):	6.16	Humedad (%):	11.79%		
Altura (cm):	2.01	Peso (gr):	109.07		
Area (cm ²):	29.79	Densidad húmeda (kg/m3)	1820.49		
Volumen (cm ³):	59.88	Densidad seca (kg/m3)	1628.49		
Aplicaciones de carga					
Velocidad de carga de máxima (mm/min) =	0.5				
Carga normal (kgf) =	51				
Esfuerzo Normal σ (kg/cm2) =	1.71				
Esfuerzo Cortante τ (kg/cm2) =	0.77				
LECTURA SEGUNDOS	LECURA DIAL DE CARGA		ESFUERZO CORTANTE	DEFORMACIÓN	DEFORMACIÓN UNITARIA
seg	N	(kg)	(kg/cm2)	(mm)	%
0.00	0	0.000	0.00	0.00	0.00
15.00	98	9.996	0.34	0.11	0.18
15.00	131	13.362	0.45	0.30	0.49
15.00	148	15.096	0.51	0.46	0.75
15.00	167	17.034	0.57	0.50	0.81
15.00	179	18.258	0.61	0.60	0.97
15.00	186	18.972	0.64	0.77	1.25
15.00	192	19.584	0.66	0.85	1.38
15.00	198	20.196	0.68	0.90	1.46
15.00	209	21.318	0.72	1.02	1.66
15.00	214	21.828	0.73	1.19	1.93
30.00	218	22.236	0.75	1.36	2.21
30.00	222	22.644	0.76	1.61	2.61
30.00	224	22.848	0.77	2.04	3.31
30.00	226	23.052	0.77	2.46	3.99
60.00	223	22.746	0.76	2.77	4.50
60.00	218	22.236	0.75	3.32	5.39
60.00		0.000	0.00		0.00
60.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00
90.00		0.000	0.00		0.00

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	4.45m
FECHA:	25/11/2023	No. Muestra:	M3
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

Gráfico esfuerzo cortante (τ_c) vs. deformación

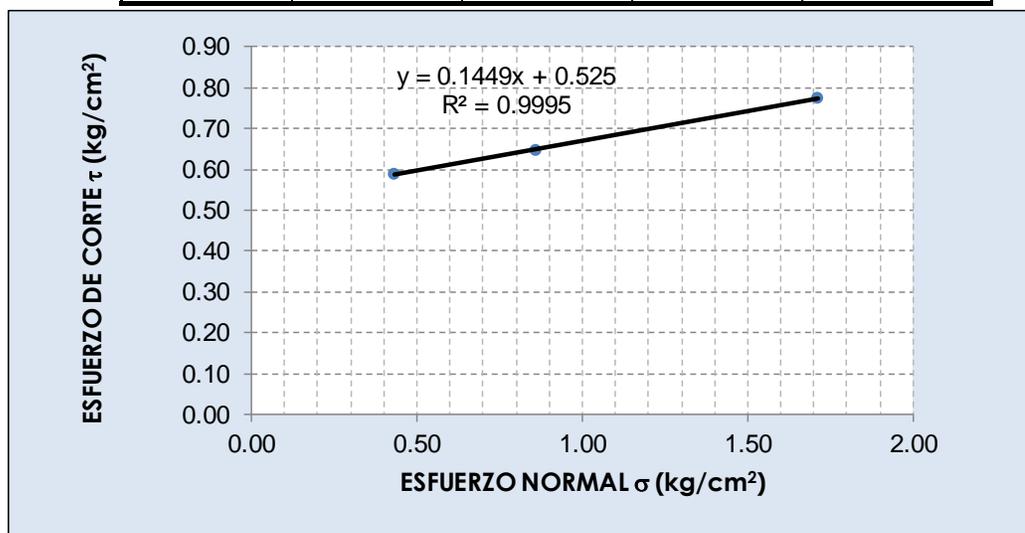


Especimen #: 3		
Esfuerzo Cortante		
τ max=	0.77	kg/cm ²
Esfuerzo Normal		
σ =	1.71	kg/cm ²

PROYECTO:	Determinación de ondas corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geo mecánicos de arcillas de Racar.		
UBICACIÓN:	Racar		
DESCRIPCIÓN DEL SUELO:	Arcilla inorgánica de alta compresibilidad		
PERFORACIÓN:	SPT-3	PROFUNDIDAD:	4.45m
FECHA:	25/11/2023		
CORTE DIRECTO MUESTRA REMOLDEADA			ASTM D-3086

GRÁFICO DE LA ENVOLVENTE DE FALLA: MUESTRAS REMOLDEADAS

DATOS				
Especimen	Esfuerzo Normal σ	Esfuerzo de Corte τ	$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$	
			C	ϕ
#	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	(°)
1	0.43	0.59	0.52	8
2	0.86	0.65		
3	1.71	0.77		



RESULTADOS			ENVOLVENTE DE FALLA
C=	0.52	kg/cm ²	
ϕ=	8	°	

**ANEXO 8: Registro Fotográfico de
Ensayos Geofísicos.**

REGISTRO FOGRAFICO PERFIL GEOFISICO 1

Refracción sísmica, masw y remi (1).



REGISTRO FOGRAFICO PERFIL GEOFISICO 2

Refracción sísmica, masw y remi (2).



REGISTRO FOGRAFICO PERFIL GEOFISICO 3

Refracción sísmica, masw y remi (3).



REGISTRO FOGRAFICO PERFIL GEOFISICO 4

Tomografía eléctrica ERT-1



**ANEXO 9: Registro Fotográfico de
Ensayos SPT.**

REGISTRO FOTOGRAFICO SPT-1





REGISTRO FOTOGRAFICO SPT-2





REGISTRO FOTOGRAFICO SPT-3





ANEXO 10: Registro Fotográfico de
Ensayos de Laboratorio.

REGISTRO FOGRAFICO GRANULOMETRIAS



REGISTRO FOGRAFICO LIMITE LIQUIDO- PLASTICO

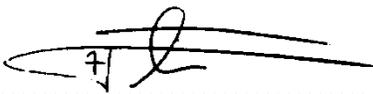
REGISTRO FOGRAFICO CORTE DIRECTO



AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Darwin Adrian Tacuri Peralta portador de la cédula de ciudadanía N° 0106244015. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “Determinación de ondas de corte Vs y compresión Vp, para correlacionar con valores de N60 y parámetros geomecánicos de arcillas de Racar”, de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizamos a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 19 de marzo de 2024

F:

Darwin Adrian Tacuri Peralta

0106244015