

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**EFFECTOS DEL TEREFTALATO DE
POLIETILENO RECICLADO EN LAS
PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU
USO EN SUBRASANTES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

Autor: Bach. Fernando Ernesto Turpo Huanca.

Asesor: Ing. Rando Porras Olarte.

Línea de Investigación: Nuevas tecnologías y procesos.

Huancayo – Perú

2023

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera.
Presidente

Mg. Ramos Piñas David
Miembro

Ing. Montalván Salcedo Dayana Mary
Miembro

Mg. Córdova Zorrilla Nataly Lucia
Miembro

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza.
Secretario docente

Dedicatoria

- A Dios por darme la voluntad para culminar la presente investigación.
- A mi familia por los ánimos incondicionales.
- A mi madre, por su amor incondicional.

Fernando Ernesto Turpo Huanca.

Agradecimientos

- A la Universidad Peruana Los Andes, por el apoyo brindado en la culminación de la presente investigación.

Fernando Ernesto Turpo Huanca.

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0090 - FI -2023

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la **TESIS**;
Titulada:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **BACH. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERA CIVIL**

Asesor(a) : **ING. RANDO PORRAS OLARTE**

Fue analizado con fecha **27/11/2023**; con **168 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **21 %**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 27 de Noviembre de 2023.



MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI

JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

Contenido

Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Contenido	vi
Contenido de tablas	ix
Contenido de figuras	xi
Resumen	xiii
Abstrac	xiv
Introducción	xv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1. Descripción de la realidad problemática	17
1.2. Delimitación del problema	18
1.2.1. Espacial	18
1.2.2. Temporal	18
1.2.3. Económica	18
1.3. Formulación del problema	19
1.3.1. Problema general	19
1.3.2. Problemas específicos	19
1.4. Justificación	19
1.4.1. Práctica	19
1.4.2. Metodológica	19
1.5. Objetivos	20
1.5.1. Objetivo general	20
1.5.2. Objetivos específicos	20
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes	21
2.1.1. Nacionales	21
2.1.2. Internacionales	23
2.2. Bases teóricas o científicas	25
2.2.1. El Tereftalato de polietileno	25
2.2.2. Granulometría	28
2.2.3. Clasificación de suelos	28
2.2.4. Plasticidad	29
2.2.5. Equivalente de arena (EA)	31

2.2.6. Ensayo de soporte del suelo	31
2.2.7. Contenido de humedad	32
2.2.8. Expansión	33
2.2.9. Optimo contenido de humedad	33
2.2.10. Máxima densidad seca	34
2.3. Marco conceptual	34
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS	35
3.1. Hipótesis general	35
3.2. Hipótesis específicas	35
3.3. Variables	35
3.3.1. Definición conceptual de las variables	35
3.3.2. Definición operacional de las variables	35
3.3.3. Operacionalización de las variables	36
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA	37
4.1. Método de investigación	37
4.2. Tipo de investigación	37
4.3. Nivel de investigación	37
4.4. Diseño de investigación	38
4.5. Población y muestra	38
4.5.1. Población	38
4.5.2. Muestra	38
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	39
4.6.1. Técnicas	39
4.6.2. Instrumentos de recolección de datos	39
4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	39
4.8. Aspectos éticos de la investigación	39
CAPÍTULO V: RESULTADOS	41
5.1. Descripción de resultados	41
5.1.1. Propiedades físicas de suelos	41
5.1.2. Propiedades mecánicas de suelos	63
5.1.3. Costo del uso de PET	69
5.2. Contrastación de hipótesis	71
5.2.1. Prueba de normalidad	72
5.2.2. Hipótesis específica “a”	73

5.2.3. Hipótesis específica “b”	78
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	83
6.1. Propiedades físicas de suelos	83
6.2. Propiedades mecánicas de suelos	84
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
ANEXOS	90
Anexo N° 01: matriz de consistencia	91
Anexo N° 02: comparación del análisis de costos unitarios	93
Anexo N° 03: certificados de ensayos	97
Anexo N° 04: certificados de calibración	146
Anexo N° 05: panel fotográfico	162

Contenido de tablas

Tabla 1. Clasificación de suelos de acuerdo a las metodologías AASTHO y SUCS.	29
Tabla 2. Clasificación del suelo según tamaño de partículas.	29
Tabla 3. Clasificación del suelo según su índice de plasticidad.	31
Tabla 4. Clasificación del suelo de acuerdo al equivalente de arena.	31
Tabla 5. Clasificación de la subrasante en función del CBR del suelo.	32
Tabla 6. Operacionalización de variables.	36
Tabla 7. Población total en el desarrollo de la tesis.	38
Tabla 8. Resultados de análisis físicos de muestras de suelo.	41
Tabla 9. Granulometría del suelo patrón – Muestra 1.	42
Tabla 10. Granulometría del suelo patrón – Muestra 2.	43
Tabla 11. Granulometría del suelo patrón – Muestra 3.	43
Tabla 12. Granulometría del suelo + 2 % de tereftalato de polietileno – Muestra 1.	44
Tabla 13. Granulometría del suelo + 2 % de tereftalato de polietileno – Muestra 2.	45
Tabla 14. Granulometría del suelo + 2 % de tereftalato de polietileno – Muestra 3.	46
Tabla 15. Granulometría del suelo + 4 % de tereftalato de polietileno – Muestra 1.	47
Tabla 16. Granulometría del suelo + 4 % de tereftalato de polietileno – Muestra 2.	48
Tabla 17. Granulometría del suelo + 4 % de tereftalato de polietileno – Muestra 3.	49
Tabla 18. Granulometría del suelo + 6 % de tereftalato de polietileno – Muestra 1.	50
Tabla 19. Granulometría del suelo + 6 % de tereftalato de polietileno – Muestra 2.	51
Tabla 20. Granulometría del suelo + 6 % de tereftalato de polietileno – Muestra 3.	52
Tabla 21. Resultados de granulometría de suelos.	53
Tabla 22. Análisis de los resultados de granulometría de los suelos.	54
Tabla 23. Análisis de los resultados de contenido de humedad en los suelos.	57
Tabla 24. Análisis de los resultados de límite líquido en los suelos.	59
Tabla 25. Análisis de los resultados de límite plástico en los suelos.	60
Tabla 26. Análisis de los resultados del índice de plasticidad en los suelos.	62
Tabla 27. Resultados de análisis mecánicos de muestras de suelo.	63
Tabla 28. Análisis de los resultados de máxima densidad seca en los suelos.	64
Tabla 29. Análisis de los resultados de óptimo contenido de humedad en los suelos.	65
Tabla 30. Análisis de los resultados del CBR al 100 % de la MDS en los suelos.	67
Tabla 31. Análisis de los resultados del CBR al 95 % de la MDS en los suelos.	68
Tabla 32. Comparación de costos unitarios para el mejoramiento de la subrasante.	70

Tabla 33. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para las propiedades físicas de los suelos.	72
Tabla 34. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para las propiedades mecánicas de los suelos.	73
Tabla 35. Resumen de prueba Kruskal-Wallis para la hipótesis específica “a” – contenido de arena y contenido de humedad.	74
Tabla 36. Comparación de grupos para la hipótesis específica “a” – contenido de arena y contenido de humedad.	74
Tabla 37. ANOVA de un factor para la hipótesis específica “a” – contenido de grava y finos, y límites de consistencia.	75
Tabla 38. Prueba Tukey para la hipótesis específica “a” – contenido de grava y finos, y límites de consistencia.	76
Tabla 39. Subconjuntos homogéneos para el contenido de grava.	77
Tabla 40. Subconjuntos homogéneos para el contenido de finos.	77
Tabla 41. Subconjuntos homogéneos para el límite líquido.	77
Tabla 42. Subconjuntos homogéneos para el límite plástico.	77
Tabla 43. Subconjuntos homogéneos para el índice de plasticidad.	78
Tabla 44. Resumen de prueba Kruskal-Wallis para la hipótesis específica “b” – máxima densidad seca y CBR al 95 % de la MDS.	79
Tabla 45. Comparación de grupos para la hipótesis específica “b” – máxima densidad seca y CBR al 95 % de la MDS.	79
Tabla 46. ANOVA de un factor para la hipótesis específica “b” – óptimo contenido de humedad y CBR al 100 % de la MDS.	80
Tabla 47. Prueba Tukey para la hipótesis específica “b” – óptimo contenido de humedad y CBR al 100 % de la MDS.	80
Tabla 48. Subconjuntos homogéneos para el óptimo contenido de humedad.	81
Tabla 49. Subconjuntos homogéneos para el CBR al 100 % de la MDS.	81

Contenido de figuras

Figura 1. Reciclaje de botellas PET.	27
Figura 2. Botellas de plástico utilizables.	28
Figura 3: Serie de tamices.	28
Figura 4. Estados del suelo.	30
Figura 5. Prensa de compresión para la determinación del CBR.	33
Figura 6. Curva granulométrica del suelo patrón – Muestra 1.	42
Figura 7. Curva granulométrica del suelo patrón – Muestra 2.	43
Figura 8. Curva granulométrica del suelo patrón – Muestra 3.	44
Figura 9. Curva granulométrica del suelo + 2 % de tereftalato de polietileno – Muestra 1.	45
Figura 10. Curva granulométrica del suelo + 2 % de tereftalato de polietileno – Muestra 2.	46
Figura 11. Curva granulométrica del suelo + 2 % de tereftalato de polietileno – Muestra 3.	47
Figura 12. Curva granulométrica del suelo + 4 % de tereftalato de polietileno – Muestra 1.	48
Figura 13. Curva granulométrica del suelo + 4 % de tereftalato de polietileno – Muestra 2.	49
Figura 14. Curva granulométrica del suelo + 4 % de tereftalato de polietileno – Muestra 3.	50
Figura 15. Curva granulométrica del suelo + 6 % de tereftalato de polietileno – Muestra 1.	51
Figura 16. Curva granulométrica del suelo + 6 % de tereftalato de polietileno – Muestra 2.	52
Figura 17. Curva granulométrica del suelo + 6 % de tereftalato de polietileno – Muestra 3.	53
Figura 18. Resultados del contenido de grava en los suelos.	54
Figura 19. Variación del contenido de grava en los suelos.	55
Figura 20. Resultados del contenido de arena en los suelos.	55
Figura 21. Variación del contenido de grava en los suelos.	56
Figura 22. Resultados del contenido de finos en los suelos.	56
Figura 23. Variación del contenido de finos en los suelos.	57
Figura 24. Resultados del contenido de humedad en los suelos.	58
Figura 25. Variación del contenido de humedad en los suelos.	58
Figura 26. Resultados del límite líquido en los suelos.	59
Figura 27. Variación del límite líquido en los suelos.	60

Figura 28. Resultados del límite plástico en los suelos.	61
Figura 29. Variación del límite plástico en los suelos.	61
Figura 30. Resultados del índice de plasticidad en los suelos.	62
Figura 31. Variación del índice de plasticidad en los suelos.	63
Figura 32. Resultados de la máxima densidad seca en los suelos.	64
Figura 33. Variación de la máxima densidad seca en los suelos.	65
Figura 34. Resultados del óptimo contenido de humedad en los suelos.	66
Figura 35. Variación del óptimo contenido de humedad en los suelos.	66
Figura 36. Resultados del CBR al 100 % de la MDS en los suelos.	67
Figura 37. Variación del CBR al 100 % de la MDS en los suelos.	68
Figura 38. Resultados del CBR al 95 % de la MDS en los suelos.	69
Figura 39. Variación del CBR al 95 % de la MDS en los suelos.	69
Figura 40. Comparación del costo para el mejoramiento del suelo con el uso del PET	70
Figura 41. Comparación de mano de obra, material y herramientas.	71
Figura 42. Comparación del precio de mejoramiento de subrasante.	71

Resumen

La presente investigación nació del problema general: ¿Cuál es el efecto del tereftalato de polietileno reciclado en las propiedades de suelos finos para su uso en subrasantes?, por ello se consideró como objetivo principal: Evaluar el efecto del tereftalato de polietileno reciclado en las propiedades de suelos finos para su uso en subrasantes e hipótesis general: El tereftalato de polietileno reciclado mejora las propiedades físicas y mecánicas de suelos para subrasante.

El desarrollo de la investigación consideró el método científico, del tipo aplicada, con un nivel explicativo y diseño experimental. La población considerada correspondió a un total de 590.4 kg de suelo, mientras que la muestras fue la misma que, por lo que no se consideró un tipo de muestreo, pues la población fue igual a la muestra.

Como principal conclusión se ha obtenido que, el 6 % de tereftalato de polietileno reciclado mejora las propiedades mecánicas de suelos finos del tipo A – 6 (4) para su uso en subrasantes incrementando su capacidad de soporte, mientras que no se encontraron cambios significativos en las propiedades físicas.

Palabras clave: tereftalato de polietileno, subrasante, granulometría, humedad, consistencia, compacidad, CBR.

Abstrac

The present research was born from the general problem: What is the effect of recycled polyethylene terephthalate on the properties of fine soils for use in subgrades, therefore the main objective was considered: To evaluate the effect of recycled polyethylene terephthalate on the properties of fine soils for use in subgrades and general hypothesis: Recycled polyethylene terephthalate improves the physical and mechanical properties of subgrade soils.

The development of the research considered the scientific method, of the applied type, with an explanatory level and experimental design. The population considered corresponded to a total of 590.4 kg of soil, while the samples were the same as, so it was not considered a type of sampling, as the population was equal to the sample.

As main conclusion it has been obtained that, 6 % recycled polyethylene terephthalate improves the mechanical properties of fine soils type A - 6 (4) for use in subgrade by increasing their bearing capacity, while no significant changes in physical properties were found.

Keywords: polyethylene terephthalate, subgrade, granulometry, moisture, consistency, compactness, CBR.

Introducción

El tereftalato de polietileno es uno de los elementos con más alta demanda que tienen por su gran variedad de aplicaciones, muchas de ellas destinadas a un solo uso, por lo que gran cantidad de estos terminan formando parte de los desechos producidos en todo el mundo. Es por lo mencionado que surge la necesidad de establecer usos alternativos del PET, siendo uno de estos su aplicación en el mejoramiento de las propiedades de los suelos finos, para que de esta manera sean aceptables como subrasantes.

Los resultados obtenidos, dan luces de la factibilidad del uso del PET, además que, con las proporciones adecuadas pueden reducir el costo de estabilización mientras se da un segundo uso a este material.

Para un mejor entendimiento de la presente investigación, se ha considerado tener en cuenta los siguientes capítulos:

Capítulo I: El problema de investigación; en este primer capítulo se abarca el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema, la justificación, delimitación y objetivos de esta investigación.

Capítulo II: Marco teórico; donde se presentan los antecedentes de la que guiaron el rumbo para la realización de la presente investigación, así también se tiene el marco conceptual, la definición de términos, la hipótesis y las variables que se tomaron en cuenta.

Capítulo III: Hipótesis, en el que se describe las hipótesis de investigación y se complementa con la presentación de las variables de investigación.

Capítulo IV: Metodología; en el tercer capítulo se expone la metodología aplicada en la investigación que tiene que ver con el método de investigación, el tipo de investigación, el nivel de la investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de la información, el procesamiento de la información y por último, las técnicas y análisis de datos.

Capítulo V: Resultados; en el cuarto capítulo se muestran los resultados obtenidos, los cuales provienen a partir de los problemas, objetivos e hipótesis planteadas en el primer capítulo.

Capítulo VI: Discusión de resultados; aquí se adjunta la discusión de los resultados obtenidos de la investigación.

Finalmente, se presentan las conclusiones a las que se abordaron con el desarrollo de esta investigación, las recomendaciones del estudio, las referencias bibliográficas utilizadas y los anexos.

Bach. Fernando Ernesto Turpo Huanca

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

El desarrollo de un país depende en gran medida de la interconectividad de sus principales centros de producción, es decir, depende de sus vías y de la condición que estos posean; por ello es que cuando dejan de funcionar por diversos motivos o poseen calidades deficientes, puede generar perjuicio económico que afectan directamente a la población. Además, parte del desarrollo sostenible de las comunidades requiere de la mitigación de la generación de desechos, en especial del plástico que de acuerdo con el (Maria Tsakona et al., 2021) cada año se producen en el mundo 400 millones de toneladas de este material, de los cuales el 10 % corresponden al tereftalato de polietileno.

Generalmente el estado y la calidad de las vías dependen en gran medida del tipo de suelo y de sus propiedades, pues es el encargado de soportar las fuerzas del tráfico, es por ello que cuando las subrasantes son de deficientes propiedades pueden ocasionar daños estructurales en el pavimento, los cuales derivan en grandes costos de mantenimiento; por ejemplo en Bolivia, cerca del 80 % de las vías presentan fallas a causa de malos diseños que no consideran la capacidad de soporte de un suelo de subrasante ante el incremento desmesurado de las cargas de tráfico (Opinión 2019). Esto hace que sea necesario la búsqueda de nuevos métodos que permitan mejorar sus principales propiedades, siendo uno de estos el PET; para de esta manera evitar grandes costos de mantenimiento vial y beneficiando de manera directa a la población.

En el Perú, de acuerdo con el MTC (2014) la mayoría de las vías se encuentran en condiciones desfavorables, siendo la principal causa de esto las deficientes propiedades de las subrasantes sobre los que se construyen las vías. Esto hace que sea necesario la búsqueda de nuevos materiales que puedan mejorar sus principales propiedades, siendo uno de estos el PET; para de esta manera reducir los grandes costos del mantenimiento vial y beneficiando de manera directa a la población.

En el departamento de Lima se han detectado una gran cantidad de problemas con los suelos debido a su ubicación, pues hablamos de una zona costera y que es el

centro urbano y productivo del país. Siendo mucho más específico, en la calle Ancash ubicado en el asentamiento humano “San Gabriel”, distrito de Comas se ha observado la alta presencia de suelos finos y la circulación de vehículos de mediana carga, tales como camiones, cisternas de agua, camionetas de carga y vehículos ligeros, a lo cual la topografía de dicha vía tiene una pendiente pronunciada, que en época de lluvia dificulta el tránsito vehicular perjudicando a la población. Sumado a ello, cabe resaltar que de acuerdo al (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2014) justamente es el distrito de comas, el que produce el 6.0 % de los residuos sólidos de la provincia de Lima, por lo que el tratamiento de los residuos, en especial de los plásticos es fundamental.

Ante lo mencionado han crecido muchas investigaciones, que proponen que el tereftalato de polietileno reciclado resultaría ser un agente estabilizante apropiado para estos tipos de suelos, es por ello; que en la presente investigación se buscara mejorar el suelo de la subrasante de la calle Ancash, mediante la incorporación del tereftalato de polietileno (PET) reciclado; ofreciendo así una alternativa para la disposición de este elemento que generalmente no es tratado y representa gran parte de los desperdicios producidos a nivel mundial, con lo cual además de mejorar las propiedades del suelo fino se daría uso a un material reciclado de un modo mucho más económico respecto al uso de otros aditivos conocidos en el mercado.

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Espacial

El desarrollo de la presente investigación se ha llevado a cabo con un suelo proveniente de la calle Ancash del asentamiento humano San Gabriel, distrito de Comas de la provincia y departamento de Lima.

1.2.2. Temporal

El desarrollo del presente proyecto de investigación comprendió un periodo de 09 meses comprendido desde enero a diciembre de 2022.

1.2.3. Económica

El desarrollo de la presente investigación no ha presentado limitaciones económicas, debido a que el investigador ha asumido el total de la inversión.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el efecto del tereftalato de polietileno reciclado en las propiedades de suelos finos para su uso en subrasantes?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo incide el tereftalato de polietileno reciclado en las propiedades físicas de suelos finos para su uso en subrasantes?
- b) ¿En qué medida el tereftalato de polietileno reciclado modifica las propiedades mecánicas de suelos finos para su uso en subrasantes?

1.4. Justificación

1.4.1. Práctica

Según Bernal (2006) existe justificación social o práctica, cuando se trata de buscar una solución a un problema real que ofrezca un beneficio a la sociedad.

En tal sentido la presente investigación buscó realizar la estabilización de los suelos finos con la adición del tereftalato de polietileno ofreciendo una alternativa para mejorar las propiedades de la subrasante de la calle Ancash del Asentamiento Humano San Gabriel del distrito de Comas y ofreciendo una opción para el rehúso del tereftalato de polietileno, por tratarse de un residuo muy contaminante y cuyo tiempo de degradación toma muchos años.

1.4.2. Metodológica

La investigación presenta justificación metodológica, según Palella y Martins (2012), cuando se usan nuevos métodos que ayuden generar nuevos conocimientos.

Con base a lo mencionado, en la presente investigación se propuso una metodología para que mediante pruebas con diferentes porcentajes del tereftalato de polietileno (PET), pueda estimarse un CBR adecuado para la subrasante; alterando así las características físicas y mecánicas del suelo. Esta

investigación es beneficiosa para futuras investigaciones referentes al tema, debido a que servirá de guía para el desarrollo de nuevos proyectos.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Evaluar el efecto del tereftalato de polietileno reciclado en las propiedades de suelos finos para su uso en subrasantes.

1.5.2. Objetivos específicos

- a) Analizar cómo incide el tereftalato de polietileno reciclado en las propiedades físicas de los suelos finos para su uso en subrasantes.
- b) Establecer cómo el tereftalato de polietileno reciclado modifica las propiedades mecánicas de los suelos finos para su uso en subrasantes.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacionales

Capia (2020) realizó su investigación “Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la sub rasante de la carretera Juliaca – Caminaca” con el objetivo general fue la estabilización de suelos tipo: arcillosos aplicándose el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la sub rasante en la carretera Juliaca – Caminaca. Para ello aplicaron una metodología que consistió en realizar ensayos de laboratorio tales como: análisis granulométrico por tamizado, determinación del límite líquido, límite plástico e índice plástico, contenido de humedad, ensayo Proctor, ensayo CBR, siguió con la estabilización de suelos tipo: arcillosos aplicándose el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la sub rasante en la carretera; en las progresivas 2+000, 2+250, 2+500, se realizó 3 calicatas C-1, C-2, C-3 respectivamente, analizo la granulometría teniendo como resultado pasante de malla N° 200 el 50.01 %, 38.28 %, 36.01 %, destacándose la alta presencia de finos y esto hace que el suelo sea poco resistente para efecto de cargas. El contenido de humedad de las calicatas son 23.25 %; 25.47 %; 27.45 % siendo mayor a la humedad optima COH, 14.07 %; 14.00 %; 14.50 %, respectivamente. El índice de plasticidad es de 3.77 %; 10.55 %; 10.76 %. Los CBR natural para las 03 calicatas es menor de 6 %. El suelo carece de gravas por lo que se adicionara polímeros reciclados PET mayor a 4.76 mm para que ofrezca mayor fricción en consecuencia mayor resistencia al corte. Dosificó 1 %, 3 % y 5 % en cada muestra de suelo donde la densidad máxima seca se disminuye el peso de la muestra haciendo que la densidad disminuya y la expansión se incrementa entre 0.46 % a 1.83 % con respecto a los ensayos sin aditivos, el aumento se debe a que el suelo/polímero es menos denso, esta mezcla genera vacíos porque no existe cohesión entre PET y la arcilla. Al agregar el polímero en un 3 % si aumenta su resistencia del CBR y logra pasar el 6 %; mejorando la sub rasante.

Marquez (2019) en su investigación “Mejoramiento de la estabilización de la sub rasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito de La Encantada, provincia de Morropón – Piura” tuvo como objetivo general establecer una propuesta para el mejoramiento de las propiedades de los suelos arcillosos incorporándoles PET. Para ello aplicó una metodología que consistió en realizar ensayos de laboratorio tales como: contenido de humedad, análisis granulométrico por tamizado, determinación del límite líquido, límite plástico e índice plástico, ensayo Proctor y el ensayo CBR. Como resultados al realizar dos ensayos de laboratorio obtuvo que, el primero (sin adición), el contenido de humedad fue de 4 %; mientras que la segunda (con adición); fue de 5 %. El índice de plasticidad en los dos ensayos fue de 14, por lo que se trata de un suelo arcilloso. De la prueba Proctor modificado, obtuvo que para la primera muestra el OCH fue de 12.1 %; mientras que en el segundo ensayo fue de OCH 12.3 %. Se ensayó un CBR para cada muestra con 56 golpes; dando como valores que en la muestra 1 fue de 8.30 % y la muestra 2 fue 14.30 %; esto al considerar que el suelo presenta un 6 % de adición del plástico PET. Finalmente concluye que, el material o suelo adquiere estabilización; por lo que se demuestran un mejor comportamiento con la adición de PET en el suelo.

Quispe y Sañac (2019) en su investigación “Influencia de la incorporación del plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la Prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Taburco – Abancay, 2018”, tuvieron como objetivo general la evaluación de cómo influye la incorporación del plástico reciclado triturado (PET) en el mejoramiento de la sub rasante del suelo. Para ello aplicaron una metodología que consistió en realizar ensayos de laboratorio, las que midió las siguientes propiedades del suelo: contenido de humedad, análisis granulométrico por tamizado, determinación del límite líquido, límite plástico e índice plástico, ensayo Proctor, ensayo CBR y expansión. Como resultados obtuvieron que, en el terreno se practicó 03 calicatas donde se demostró que la calicata C-02 ubicada en la progresiva 0+200, obtuvo un contenido de humedad natural superior al contenido de humedad óptima de 16.8 % mayor que 14.2 %, siendo además que su CBR fue de 3 %. De la misma manera se seleccionó a

través del análisis granulométrico el material PET a usarse, buscando que este tamaño esté comprendido entre de 9.50 mm y 0.075 mm; con lo cual se obtuvo que el CBR se incrementó a 24 %, y la expansión se redujo en un 9.09 %, determinado el lugar y el tamaño del material PET, realizó 6 ensayos en con diferentes proporciones de PET (1 %, 2 %, 3 %, 4 %, 5 % y 6 %). La prueba que realizó en el suelo natural dio como resultados un CBR de 3.4 % y una expansión del 1.1 %; al incorporarse PET se destacó al 5 % se obtuvo un CBR del 7.8 % y una expansión del 0.6 % es decir; el CBR aumenta un 129 % y la expansión se reduce un 45 %. En conclusión, la incorporación del PRT-PET influye en el mejoramiento del suelo natural dependiendo de la granulometría, textura y dosificación incrementando el CBR de 3.4 % a 7.8 % y reduciendo la expansión del suelo de 1.1 % a 0.6 %.

2.1.2. Internacionales

Arbeláez y Góngora (2019) en su investigación “Refuerzo de estructuras terreas usando tereftalato de polietileno PET”, cuyo objetivo general fue crear una alternativa para la estabilización del suelo arcilloso, en estado natural de alta plasticidad con la adición de fibras de PET (reciclado) utilizaron filamentos con dimensiones de 8 cm de largo, 2 mm de ancho y 0.5 mm de espesor; aplicando el material reciclado PET en porcentajes del 0.3 %, 0.5 %, 0.8 %, 1 %, y 1.2 %. Para ello aplicaron una metodología que consistió en realizar ensayos de laboratorio tales como: contenido de humedad, análisis granulométrico por tamizado, determinación del límite líquido, límite plástico, índice plástico, ensayo Proctor y ensayo CBR. Como resultado obtuvieron un índice de plasticidad de 35.9 %. El porcentaje de adición de la prueba al 0.30 % para probetas compactadas a 15 golpes, se obtuvo un 0.00 %; el porcentaje de adición de la prueba al 0.50 % para probetas compactadas a 15 golpes, se obtuvo un 12.86 %. El porcentaje de adición de la prueba al 0.80 % para probetas compactadas a 15 golpes, se obtuvo un 17.09 %. El porcentaje de adición de la prueba al 1 % para probetas compactadas a 15 golpes, se obtuvo un 13.51 %. El porcentaje de adición de la prueba al 1.20 % para probetas compactadas a 15 golpes, se obtuvo un 12.86 %. El porcentaje de adición de la prueba al 0.30 % para probetas compactadas a 25

golpes, se obtuvo un 0.00 %. El porcentaje de adición de la prueba al 0.50 % para probetas compactadas a 25 golpes, se obtuvo un 7.06 %. El porcentaje de adición de la prueba al 0.80 % para probetas compactadas a 25 golpes, se obtuvo un 6.59 %. El porcentaje de adición de la prueba al 1 % para probetas compactadas a 25 golpes, se obtuvo un 13.40 %. El porcentaje de adición de la prueba al 1.20 % para probetas compactadas a 25 golpes, se obtuvo un 25.00 %. El porcentaje de adición de la prueba al 0.30 % para probetas compactadas a 56 golpes, se obtuvo un 0.00 %. El porcentaje de adición de la prueba al 0.50 % para probetas compactadas a 56 golpes, se obtuvo un 4.32 %. El porcentaje de adición de la prueba al 0.80 % para probetas compactadas a 56 golpes, se obtuvo un 13.99 %. El porcentaje de adición de la prueba al 1 % para probetas compactadas a 56 golpes, se obtuvo un 6.82 %. El porcentaje de adición de la prueba al 1.20 % para probetas compactadas a 56 golpes, se obtuvo un 40.43 %. Con estos resultados se demuestra que las fibras del tereftalato de polietileno reciclado, incide en el mejoramiento físico del suelo, a nivel de subrasante.

Carvajal y Garzón (2019) en su investigación “Evaluación de la resistencia de un suelo areno arcilloso con refuerzos de fibras PET” cuyo objetivo general fue mejorar el comportamiento físico-mecánico del suelo con la adición de fibras PET, (producto reciclado como una medida alternativa para disminuir el impacto ante la contaminación ambiental); por lo que utilizó este material en forma de filamentos cuyas dimensiones fueron de 3 cm de largo; 2 mm de ancho y 0.5 mm de espesor aplicando en porcentajes del 1 %. Para cumplir su objetivo aplicaron una metodología que consistió en realizar ensayos de laboratorio tales como: contenido de humedad, análisis granulométrico por tamizado, determinación del límite líquido, límite plástico e índice plasticidad, ensayo Próctor y CBR. Como resultados obtuvieron un índice de plasticidad de 24 % menor del 50 %, por tratarse de un suelo areno arcilloso de baja plasticidad. El porcentaje de CBR que se obtuvo fue de 1.9 % mientras que el porcentaje mínimo de un CBR para los suelos adecuados es 5 %. Al comparar los resultados, con el CBR del suelo natural resultó 1.6 % y con la adición de la fibra PET subió al 1.9 %, mejorando en un 0.3 % las propiedades físico - mecánicas del suelo areno arcilloso.

Muñoz y Aponte (2019) en su investigación “Evaluación del comportamiento físico de un suelo fino con adición de fibras de polietileno de tereftalato (PET)” tuvieron como objetivo general estabilizar el suelo aplicando el material reciclado PET en porcentajes del 0.5 %, 1 %, 1.5 % y 2 %. Para ello aplicaron una metodología que consistió en realizar ensayos de laboratorio tales como: contenido de humedad, análisis granulométrico por tamizado, determinación del límite líquido, límite plástico e índice plástico. Ensayo Proctor, ensayo CBR. Posteriormente obtuvieron como resultados un índice de plasticidad del 30 %. El porcentaje de adición de la prueba al 0.50 % para probetas compactadas a 15 golpes tuvo un valor de 12.50 %. el porcentaje de adición al 1 % para probetas compactadas a 15 golpes dio valores de 41 %; el porcentaje de adición al 1.50 % para 15 golpes que tuvo un valor del 48 %. El porcentaje de adición al 2 % para 15 golpes obtuvieron un valor de 249 %. El porcentaje de adición al 0.50 % para probetas compactadas a 25 golpes, obtuvieron que fue del 26.00 %. el porcentaje de adición al 1 % para probetas compactadas a 25 golpes, obtuvieron un valor de 33.50 %; el porcentaje de adición al 1.50 % para 25 golpes fue del 65.50 %. El porcentaje de adición al 2 % para 25 golpes que obtuvieron fue del 235.50 %. El porcentaje de adición para la prueba de 0.50 % para probetas compactadas a 56 golpes que obtuvieron fue del 28.00 %. el porcentaje de adición al 1 % para probetas compactadas a 56 golpes dieron un valor de 38 %; el porcentaje de adición al 1.50 % para 56 golpes obtuvieron 69.50 %. El porcentaje de adición al 2 % para 56 golpes que obtuvieron fue del 235.00 %. Concluyeron finalmente que estos ensayos demuestran que al adicionar el material PET a los porcentajes indicados; demostró que a mayor porcentaje de fibra; se obtiene un mejoramiento a nivel de resistencia del suelo fino y mejorando sus propiedades mecánicas.

2.2. Bases teóricas o científicas

2.2.1. El Tereftalato de polietileno

Es un material muy usado en la fabricación de envases de plástico para bebidas no retornable y como fibras textiles. Está constituido por petróleo en crudo, aire y gas cuyo contenido es 64 %, 13 %, y el resto es gas natural,

respectivamente. Es un material termoplástico, que pueden ser moldeadas a diferentes formas; siendo su mayor uso en envases de botellas de plásticos no retornable (Marquez, 2019).

Es un polímero termoplástico lineal cristalino, usado para la fabricación de fibras por J.R. Whinfield y J.T. Dickson; durante la segunda Guerra Mundial (1941), con el objetivo de sustituir la fibra del algodón por la fibra del poliéster, en 1976 se aplicó como un nuevo uso en empaquetaduras y en la década de los 80, México fabricó envases transparentes teniendo una buena aceptación; a partir de ahí su uso fue en crecimiento. Las características del PET son las siguientes (Marquez, 2019):

- Es transparente y cristalino, aunque admite colorantes.
- Es liviano una botella llega pesar 1/20 veces menos que su contenido.
- Cuenta con un alto coeficiente de deslizamiento.
- Tiene alta resistencia química y buenas propiedades térmicas.
- Liberan antimonio (20 µg/L) leve y por debajo de los parámetros admisibles por el Organismo Mundial de la Salud.
- Es reciclable.
- Cuenta con buena estabilidad a la intemperie.

La degradación natural del material PET está en el promedio de 700 años. La recolección de botellas de plástico descartable lleva en la parte inferior un símbolo con el número 1, que corresponde al PET (Capia, 2020).

El PET es reciclado manualmente, en diferentes países se practica su reutilización, para evitar la contaminación ambiental. Así se reduce grandes volúmenes en los rellenos sanitarios; unos de los principales problemas en Perú es la contaminación del mar. En la actualidad se practica métodos mecánicos tradicionales, que consiste en colocar las botellas de plástico dentro del tambor de la máquina trituradora y así obtener las escamas de PET, y luego se lleva a lavarlos a presión y temperatura moderada, para eliminar

las impurezas, luego se lleva al aire libre para el secado y así obtener el producto final (Capia, 2020).



Figura 1. Reciclaje de botellas PET.
Fuente: Quispe y Sañac (2019).

El material triturado pasa por un proceso de tamizado de polímeros, se aplicarán mallas de $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{8}$ ", N° 4 y N° 200 de esta selección de tamaños se usarán en los diferentes ensayos y que resulte con mayor capacidad de soporte expresados en el valor de CBR (Quispe y Sañac, 2019).

El problema de la contaminación ambiental, ha crecido en nuestro planeta, referente a los desperdicios de plásticos al año ha crecido en de 300 a 900 millones de toneladas al año. El volumen que ocupan en los rellenos sanitarios es significativo ya que los plásticos no llegan compactados generando muchos vacíos. En Perú solo se recicla el 2 % de residuos de plásticos. El resto termina en los rellenos sanitarios y en el mar (Quispe y Sañac, 2019).



Figura 2. Botellas de plástico utilizables.
Fuente: Quispe y Sañac (2019).

2.2.2. Granulometría

Es la clasificación de los suelos, desde los grandes que se pueden coger manualmente; hasta los más finos llamados limos y arcilla (MTC, 2014).

Que con la ayuda de tamices se clasifican el agregado, de acuerdo a sus porcentajes de tamaños pasantes. Para la clasificación se utiliza los métodos SUCS y AASHTO para la clasificación (MTC 2014, a).

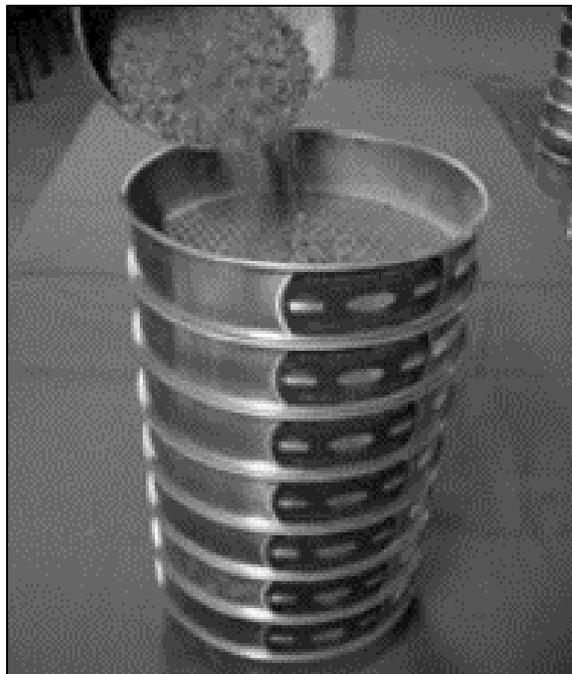


Figura 3: Serie de tamices.
Fuente: Instituto Tecnológico de Santo Domingo (2012).

2.2.3. Clasificación de suelos

Sistema SUCS

El “Sistema Unificado de Clasificación de Suelos” método elaborado por Arturo Casagrande, que divide en granos gruesos y granos finos. Considera que la muestra que es retenido por la malla N°200, más del 50 % (en peso) considera que es un suelo grueso; y si la muestra que pasa más del 50 % (en peso) se trata de un suelo fino (Capia 2020).

Sistema AASHTO

El sistema de la American Association of State Highway Officials (AASHTO), divide en dos grupos a los suelos: granulares y limo – arcillosos, los cuales se clasifican en 7 grupos: los primeros grupos son A-1, A-2, A-3, donde sus partículas granulares del 35 % a menos pasan por la malla N°200 y los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 siendo las que pasan más del 35 % por el tamiz N° 200 (Braja, 2014).

Tabla 1. Clasificación de suelos de acuerdo a las metodologías AASTHO y SUCS.

Clasificación de Suelos AASHTO ASTM D - 145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM-D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A - 2	GM, GC, SM, SC
A - 3	SP
A - 4	CL, ML
A - 5	ML, MH, CH
A - 6	CL, CH
A - 7	OH, MH, CH

Fuente: MTC (2014).

Además, las partículas tienen una clasificación según tamaño como se muestra a continuación (Braja, 2014).

Tabla 2. Clasificación del suelo según tamaño de partículas.

Tipo de material	Tamaño de partículas	
Grava	75 mm - 4.75 mm	
Arena	Arena Gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm	
	Arena Media: 2.00 mm - 0.425 mm	
	Arena Fina: 0.425 mm - 0.075 mm	
Material fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	menor a 0.005 mm

Fuente: MTC (2014).

2.2.4. Plasticidad

Es el grado de estabilidad de los suelos, referente a un límite de humedad sin llegar a disgregarse. La plasticidad de un suelo depende no del componente grueso, más si del componente fino. El límite de Atterberg establece el comportamiento de un suelo en relación a su contenido de humedad; quien mide la cohesión del suelo son el límite líquido, el límite plástico y el límite de contracción. Para estos ensayos se utiliza la copa de Casagrande (MTC, 2014).

Límite líquido (LL), es cuando el suelo pasa desde un estado semilíquido hacia un estado plástico, y se permite moldear (MTC, 2014).

Límite plástico (LP), es cuando el suelo pasa desde un estado plástico a un estado semisólido y llega a romperse (MTC, 2014).

Límite de Contracción (retracción), es el paso del estado semisólido al estado sólido y al perder humedad se contrae (MTC, 2014).

Índice de plasticidad (IP), resuelve el valor del parámetro de humedades indicando su consistencia plástica permitiendo una mejor clasificación del suelo. Un índice de plasticidad alto representa un suelo muy arcilloso y una plasticidad baja indica un suelo bajo en arcilla. En los límites de consistencia existe dos umbrales el límite líquido y el límite plástico, porque deforma el suelo, y baja su capacidad portante del suelo (Capia, 2020).

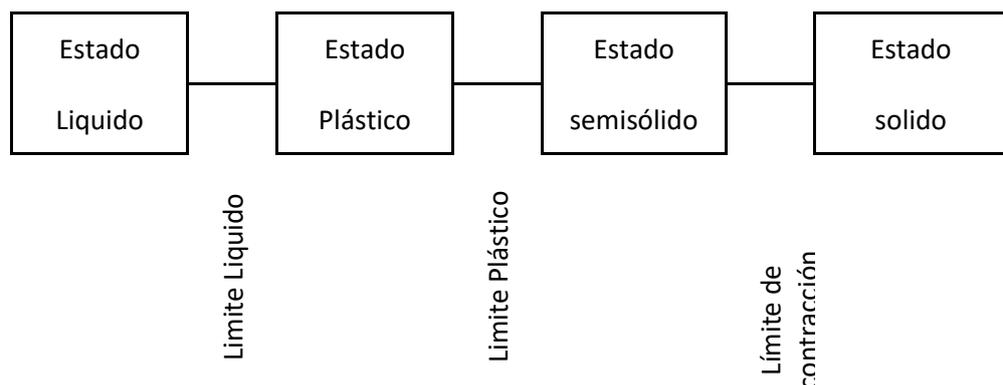


Figura 4. Estados del suelo.
Fuente: Capia (2020).

El índice de plasticidad, puede determinarse mediante la aplicación de la siguiente ecuación, recomendado por Capia (2020).

$$IP = LL - LP$$

Con la ecuación anterior se puede clasificar el tipo de suelos en función a la siguiente tabla:

Tabla 3. Clasificación del suelo según su índice de plasticidad.

Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
IP>20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP≤20	Media	Suelos arcillosos
IP>7		
IP<7	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
IP=0	No Plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente: MTC (2014).

2.2.5. Equivalente de arena (EA)

Es el porcentaje de polvo fino (arcilla), en suelos determinados granulométricamente como finos, e indica la plasticidad del suelo (MTC, 2014).

Tabla 4. Clasificación del suelo de acuerdo al equivalente de arena.

Equivalente de arena	Características
Si EA>40	el suelo no es plástico, es arena
Si 40>EA>20	el suelo es poco plástico y no heladizo
Si EA<20	el suelo es plástico y arcilloso

Fuente: (MTC, 2014).

2.2.6. Ensayo de soporte del suelo

Indica la capacidad de soporte de una subrasante, que después de aplicarse una carga, pueda soportar un suelo; sin demostrar deformaciones excesivas. Luego de la clasificación del suelo sea por SUCS y AASHTO, se realizará un perfil estratigráfico por tramo en estudio, del cual se determinará los ensayos para establecer el CBR que es la resistencia del suelo, que estará referido al 95 % de la MDS a una penetración de 2.54 mm (MTC, 2014).

Procedimientos para hallar el valor del CBR:

- En las zonas con más de 6 valores de CBR realizado por tipo de suelo, o por secciones homogéneas de suelos; el valor del CBR de diseño de la subrasante, será el promedio del total de los valores analizados (MTC, 2014).

- Según el MTC (2014), en las zonas con menos de 6 valores de CBR realizado por tipo de suelo, o por secciones homogéneas de suelos; el valor del CBR de diseño de la subrasante se determina en función de:
- Si los valores son parecidos tomar el valor promedio.
- Si los valores no son parecidos ni similares tomar el valor crítico (el más bajo).

Definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla 5. Clasificación de la subrasante en función del CBR del suelo.

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante inadecuada	CBR < 3 %
S ₁ : Subrasante insuficiente	De CBR ≥ 3 % a CBR < 6 %
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6 % a CBR < 10 %
S ₃ : Subrasante buena	De CBR ≥ 10 % a CBR < 20 %
S ₄ : Subrasante muy buena	De CBR ≥ 20 % a CBR < 30 %
S ₅ : Subrasante excelente	CBR ≥ 30 %

Fuente: MTC (2014).

2.2.7. Contenido de humedad

El contenido de humedad natural de un suelo está relacionado con la resistencia de la subrasante, en especial de los finos, se encuentran relacionadas con las condiciones de humedad y densidad de estos suelos presenten. El contenido de humedad permitirá comparar con la cantidad de humedad óptima, que se obtiene de los ensayos de Proctor para obtener el CBR del suelo. Si la humedad natural fuera igual o menor a la humedad óptima, el consultor recomendará la compactación normal y la adición de agua necesaria. Otro caso, si la humedad natural es superior a la humedad óptima, es decir; el suelo está saturado, se incrementará la energía de compactación, o cambiar el suelo saturado (MTC, 2014).

$$W \% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo}} = \frac{W_h - W_s}{\text{Peso del suelo}} * 100$$

Peso seco

W_s

Donde: $W\%$ = Contenido de Humedad; W_h = Peso de la muestra; W_s = Peso seco.

De acuerdo a Capia (2020), el instrumento que se utiliza para la determinación del valor de CBR es el que se muestra a continuación:

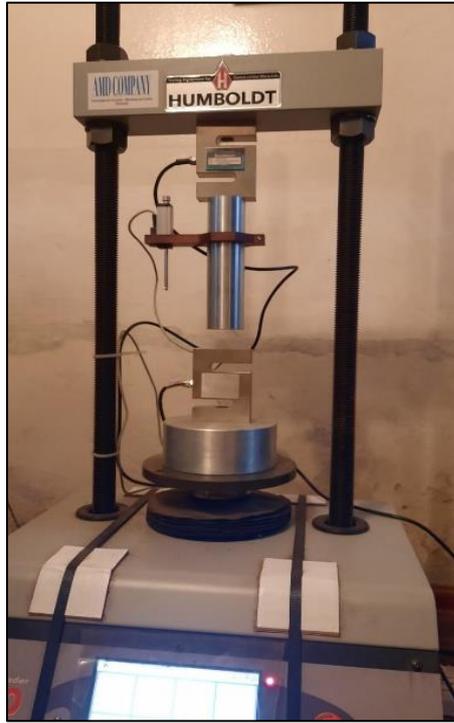


Figura 5. Prensa de compresión para la determinación del CBR.
Fuente: Capia (2020).

2.2.8. Expansión

De acuerdo al MTC (2014) la expansión se calcula como la diferencia entre las lecturas de un deformímetro después y antes de la inmersión. Esta altura de la muestra en un molde de 127 mm equivale a 5”.

$$\%Expansión = \frac{L_2 - L_1}{100}$$

Dónde: L_1 = Lectura inicial en mm; L_2 = Lectura final en mm.

2.2.9. Óptimo contenido de humedad

Es el contenido de agua de una subrasante, con el que pueda llegar a ser compactado hasta llegar a un peso unitario seco máximo; con un trabajo de compactación alcanzado (Muñoz y Aponte, 2019).

2.2.10. Máxima densidad seca

Es la mayor densidad que puede llegar un suelo al ser compactado por un óptimo contenido de humedad. Cuyo procedimiento es compactar el suelo con un contenido de humedad determinado, se coloca en un molde en 5 capas para ser compactado cada capa por 25 o 56 golpes de un pistón con 10 lbs-f dejándose caer desde una altura de 457 mm, lográndose una compactación de 56000 pie-lbs/pie³ así se determina el peso unitario seco. Esto se grafica en una curva de compactación (Muñoz y Aponte, 2019).

2.3. Marco conceptual

- Suelos finos: De acuerdo con la clasificación AASHTO, son aquellos con más de un 35 % de partículas pasantes por el tamiz estandarizado N° 200, es decir con gran cantidad de material de diámetros inferiores a los 0.075 mm (MTC, 2014).
- Subrasante: Es la capa del suelo, ubicado debajo de la base del pavimento; que debe contar con un CBR ≥ 6 %; si es menor debe de estabilizarse el suelo (MTC, 2014).
- Estabilización del Suelo: Es cuando se aplica el mejoramiento físico del suelo condicionado a la durabilidad en el tiempo; mediante procedimientos mecánicos, al adicionar productos químicos, sintéticos, combinando con otros suelos, etc., por tratarse de un suelo de baja resistencia mecánica (MTC, 2014).
- Índice de CBR: Es la medida cuantitativa de la resistencia del suelo frente a un esfuerzo cortante en circunstancias de humedad y densidad debidamente controladas (Bañón y Beviá, 2000).

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

El tereftalato de polietileno reciclado mejora las propiedades físicas y mecánicas de suelos finos para su uso en subrasantes.

3.2. Hipótesis específicas

- a) El tereftalato de polietileno reciclado incide significativamente en las propiedades físicas de suelos finos para subrasante.
- b) El tereftalato de polietileno reciclado modifica significativamente las propiedades mecánicas de suelos finos para subrasante.

3.3. Variables

3.3.1. Definición conceptual de las variables

Variable independiente (X): Tereftalato de polietileno. – Comprende a la recolección de envases de bebidas gaseosas para su limpieza, lavado y secado del PET para pasar al picado hasta obtener producto final para su reutilización (Capia, 2020).

Variable dependiente (Y): Propiedades de Suelos finos. – Son las características principales que distinguen al tipo de suelo que componen la misma (Ponce 2018).

3.3.2. Definición operacional de las variables

Variable independiente (X): Tereftalato de polietileno reciclado. – Se utilizaron dosificaciones del 0 % (patrón), 2 %, 4 % y 6 % de PET respecto al peso seco del suelo.

Variable dependiente (Y): Propiedades de Suelos finos. – Se determinaron de acuerdo los siguientes ensayos: Granulometría, limite líquido, limite plástico, índice de plasticidad, contenido de humedad, CBR y Proctor modificado.

3.3.3. Operacionalización de las variables

A continuación, se detalla la operacionalización de cada una de las variables consideradas para la presente investigación:

Tabla 6. Operacionalización de variables.

Variables	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente (X): Tereftalato de polietileno reciclado	Porcentaje de adición	Peso del PET
Variable dependiente (Y): Propiedades del suelo	Propiedades físicas	Granulometría
		Límite líquido
		Límite plástico
		Índice de plasticidad
		Contenido de humedad
	Propiedades mecánicas	CBR
		Óptimo contenido de humedad
		Máxima densidad seca

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

4.1. Método de investigación

En la investigación se aplicó el método científico, debido a que se controlaron las variables que intervinieron en la investigación, siguiendo un procedimiento que envuelve la observación hacia los resultados cuantitativos, y después la postulación de hipótesis y su comprobación mediante la experimentación (Del Cid, Mendez y Sandoval, 2007).

Según lo antes definido, en esta investigación se siguieron procedimientos sistematizados, como ensayos de laboratorios, que se usaron para estudiar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante antes y después de la adición del tereftalato de polietileno reciclado.

4.2. Tipo de investigación

La investigación fue del tipo aplicada, pues esta tuvo como objetivo la utilización de los conocimientos ya existentes dentro de la mecánica de suelos; tales como las teorías necesarias para la determinación del límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, CBR, granulometría, Proctor, máxima densidad seca, contenido de humedad óptimo, etc.

De esta manera, se aplicó el conocimiento ya existente para estudiar e investigar cómo es el comportamiento de las propiedades físico - mecánicas de la subrasante que poseen suelos finos, al adicionar diferentes porcentajes de tereftalato de polietileno reciclado.

4.3. Nivel de investigación

El nivel de la presente investigación fue explicativo, pues este tipo de nivel, está orientado a explicar por qué sucede un fenómeno, en qué situaciones se manifiesta y por qué se relacionan las variables (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

En base a los mencionado, esta investigación determinó de qué manera las distintas variaciones del tereftalato de polietileno PET reciclado, modificaron las principales propiedades de los suelos finos utilizados como subrasante. Para esto será necesario considerar variaciones del PET en 2 %, 4 % y 6 % respecto al peso seco de la muestra.

4.4. Diseño de investigación

La presente investigación consideró el diseño experimental, debido que existió una manipulación intencionada de la variable independiente (causas) para analizar las consecuencias, de tal manipulación, sobre la variable dependiente (efectos).

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

La población correspondió al suelo fino de la calle Áncash del asentamiento humano “San Gabriel” en el distrito de Comas, provincia y departamento de Lima.

4.5.2. Muestra

La muestra considerada en la presente investigación fue la misma de que la descrita en la población.

Asimismo, la cantidad de ensayos realizados para el cumplimiento de los objetivos de la investigación se muestran en la Tabla 7, siendo necesario un total de 590.40 kilogramos de suelo.

Tabla 7. Población total en el desarrollo de la tesis.

Ensayos	Suelo patrón		Suelo +2 %PET		Suelo + 4 % PET		Suelo + 6 % PET	
	2.5	3	2.5	3	2.5	3	2.5	3
Granulometría	2.5	3	2.5	3	2.5	3	2.5	3
Límite líquido	0.5	3	0.5	3	0.5	3	0.5	3
Límite plástico	0.5	3	0.5	3	0.5	3	0.5	3
Contenido de humedad	0.2	3	0.2	3	0.2	3	0.2	3
Proctor	25	3	25	3	25	3	25	3
CBR	20	3	20	3	20	3	20	3
Parcial (kg)	147.6		147.6		147.6		147.6	
Total (kg)	590.40							

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1. Técnicas

Observación estructurada. – Se aplicó al momento de la recolección y clasificación de las botellas de tereftalato de polietileno, buscando que sea lo más uniforme posible, asimismo, esta técnica se consideró durante la ejecución de los ensayos.

4.6.2. Instrumentos de recolección de datos

En la presente investigación se aplicaron los instrumentos establecidos por las normas técnicas peruanas para la ejecución de los ensayos como: granulometría, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, Proctor modificado y CBR; donde fue necesario contar con fichas de recolección de datos según la normativa señalada y las políticas del laboratorio de mecánica de suelos.

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de la información se consideró tablas de doble entrada y figuras con dispersión de datos las cuales fueron elaboradas en el programa Microsoft Excel.

Asimismo, para el procesamiento de datos de manera inferencial se optó por el programa SPSS donde se realizó la prueba de normalidad de la comparación de grupos.

La investigación fue procesada cuantitativamente, por lo cual fue usada información descriptiva, obteniendo un valor promedio de las muestras analizadas, también fue aplicada la estadística inferencial para comparar los grupos de suelos con las adiciones de PET; lo cual fue fundamental para comprobar la hipótesis con base a la información de datos y el análisis final

4.8. Aspectos éticos de la investigación

El desarrollo de la presente investigación tiene como principal fin ético, el proponer el uso responsable de los residuos, especialmente de los plásticos, pues estos poseen un largo tiempo para degradación.

Bajo la perspectiva mencionada, se ha podido elaborar un estudio en el que se demuestra el uso responsable del PET en el suelo, para lo cual, los datos obtenidos en laboratorio no fueron modificados ni alterados.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

5.1. Descripción de resultados

5.1.1. Propiedades físicas de suelos

A fin de comprobar la influencia del tereftalato de polietileno en las propiedades físicas de los suelos, se realizaron los ensayos de granulometría, contenido de humedad, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad. En ese sentido, en la Tabla 8 y en la Tabla 21 se muestran los resultados de los ensayos a cada una de las muestras del suelo, posteriormente están adjuntos los resultados del análisis sobre todos estos registros, contemplando los promedios obtenidos para los parámetros para cada tipo de suelo, desviaciones estándar y variaciones.

Tabla 8. Resultados de análisis físicos de muestras de suelo.

Muestras	Contenido de humedad (%)	Límite líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)
Suelo patrón	5.60	34.20	21.60	12.60
Suelo patrón	6.00	33.90	21.70	12.20
Suelo patrón	5.90	33.80	21.00	12.80
Suelo + 2 % tereftalato	5.90	33.70	20.80	12.90
Suelo + 2 % tereftalato	6.10	33.60	21.00	12.60
Suelo + 2 % tereftalato	6.10	34.10	21.90	12.20
Suelo + 4 % tereftalato	6.20	33.80	21.70	12.10
Suelo + 4 % tereftalato	5.60	33.70	21.30	12.40
Suelo + 4 % tereftalato	5.80	33.60	20.70	12.90
Suelo + 6 % tereftalato	5.70	33.60	21.30	12.30
Suelo + 6 % tereftalato	5.80	34.00	21.10	12.90
Suelo + 6 % tereftalato	5.90	34.20	21.40	12.80

Análisis de la granulometría de los suelos

Suelo patrón

En la Tabla 9, se muestran los resultados del análisis granulométrico realizado sobre la muestra 1 del suelo patrón, es decir, del suelo sin adición de tereftalato de polietileno. Destacan los resultados del material pasante de

las mallas de 3/8", N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200 de 95.62, 87.58, 80.62, 74.51, 68.69, 60.35, 55.55 y 50.99 %.

Tabla 9. Granulometría del suelo patrón – Muestra 1.

Tamices	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	73.00	4.38	4.38	95.62
N° 4	4.75	134.00	8.04	12.42	87.58
N° 10	2.00	116.00	6.96	19.38	80.62
N° 20	0.85	102.00	6.12	25.49	74.51
N° 40	0.43	97.00	5.82	31.31	68.69
N° 60	0.25	139.00	8.34	39.65	60.35
N° 100	0.15	80.00	4.80	44.45	55.55
N° 200	0.08	76.00	4.56	49.01	50.99
Fondo	0.00	850.00	50.99	100.00	0.00
Total		1667.00	100.00		

A partir de ello, en la Figura 6, se encuentra la curva granulométrica de esta muestra de suelo, donde se evidencia que el suelo estudiado tiene gran cantidad de arena y materiales muy finos, es decir se trata de un suelo no apto para su uso.

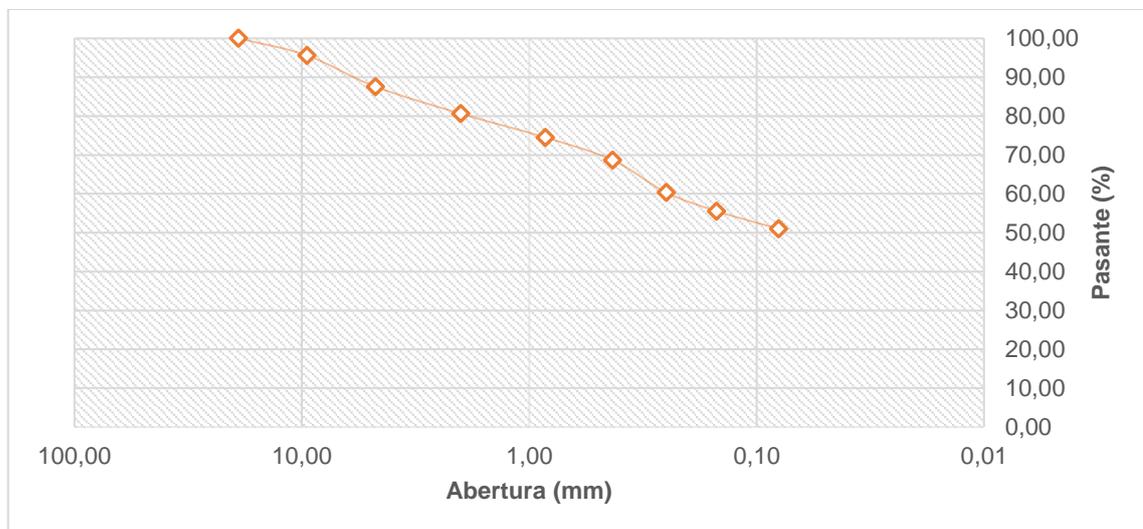


Figura 6. Curva granulométrica del suelo patrón – Muestra 1.

En la Tabla 10, se adjuntan los resultados de la granulometría para la segunda muestra del suelo patrón, teniendo material pasante por las mismas mallas de 94.11, 87.42, 81.82, 75.71, 68.03, 61.86, 56.55, 51.82 % respectivamente.

Tabla 10. Granulometría del suelo patrón – Muestra 2.

Tamices	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	102.00	5.89	5.89	94.11
N° 4	4.75	116.00	6.69	12.58	87.42
N° 10	2.00	97.00	5.60	18.18	81.82
N° 20	0.85	106.00	6.12	24.29	75.71
N° 40	0.43	133.00	7.67	31.97	68.03
N° 60	0.25	107.00	6.17	38.14	61.86
N° 100	0.15	92.00	5.31	43.45	56.55
N° 200	0.08	82.00	4.73	48.18	51.82
Fondo	0.00	898.00	51.82	100.00	0.00
Total		1733.00	100.00		

De estos resultados, en la Figura 7 se presenta la curva granulométrica de la segunda muestra del suelo patrón, notándose su parecido con la granulometría de la primera muestra.

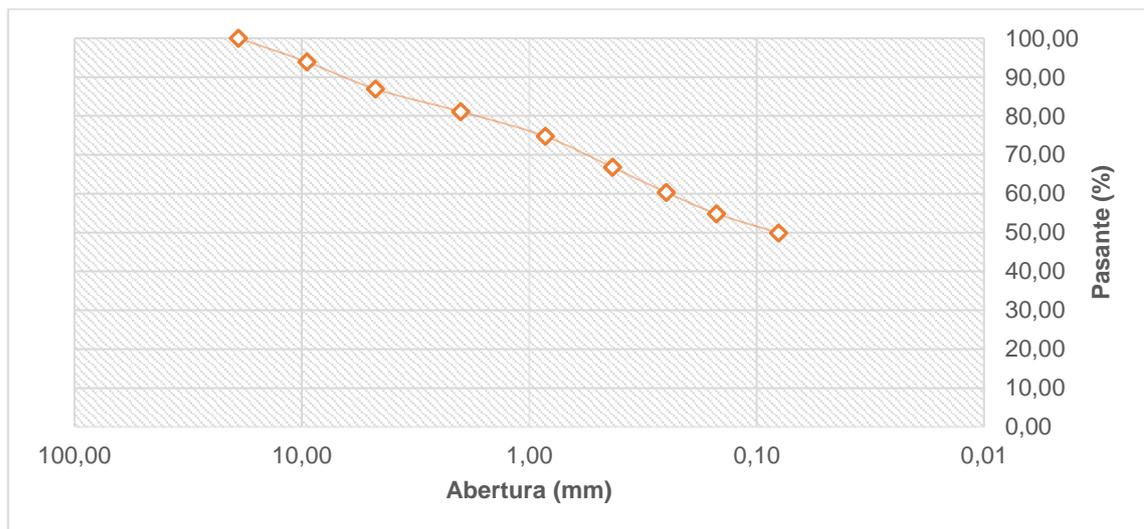


Figura 7. Curva granulométrica del suelo patrón – Muestra 2.

La Tabla 11, presenta los resultados de este análisis de la muestra 3, siendo para los mismos tamices pasantes de 95.25, 87.96, 81.66, 74.63, 68.09, 62.38, 56.39, 51.15 %.

Tabla 11. Granulometría del suelo patrón – Muestra 3.

Tamices	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	77.00	4.75	4.75	95.25
N° 4	4.75	118.20	7.29	12.04	87.96
N° 10	2.00	102.00	6.29	18.34	81.66
N° 20	0.85	114.00	7.03	25.37	74.63

N° 40	0.43	106.00	6.54	31.91	68.09
N° 60	0.25	92.60	5.71	37.62	62.38
N° 100	0.15	97.00	5.98	43.61	56.39
N° 200	0.08	85.00	5.24	48.85	51.15
Fondo	0.00	829.00	51.15	100.00	0.00
Total		1620.80	100.00		

En la Figura 8, se presenta la curva granulométrica de la muestra 3 del suelo patrón, nuevamente se evidencia la alta cantidad de partículas de arena y finas.

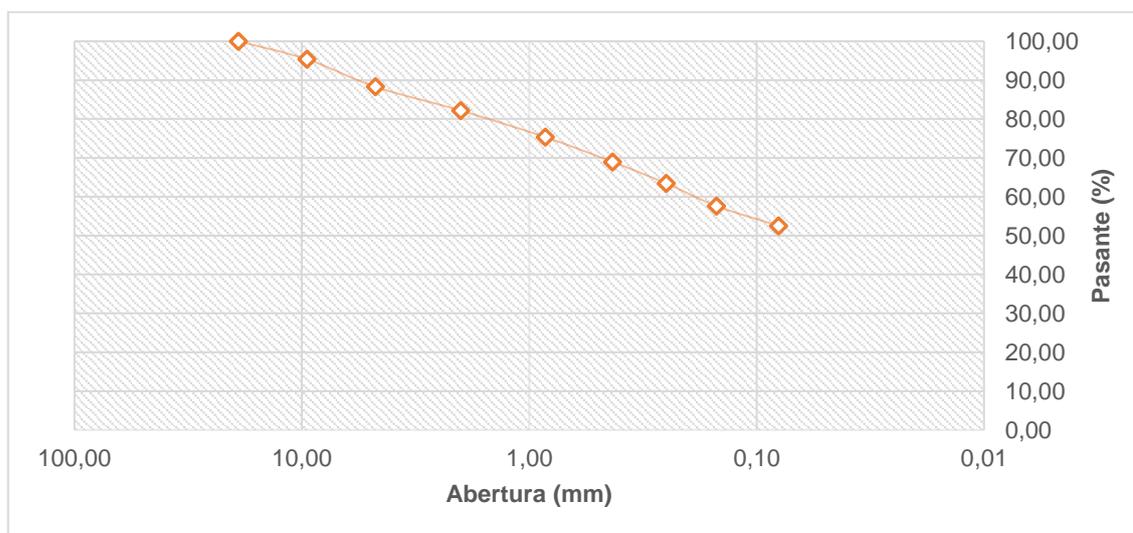


Figura 8. Curva granulométrica del suelo patrón – Muestra 3.

Suelo + 2 % de tereftalato de polietileno

En la misma línea, la Tabla 12 presenta la granulometría de la primera muestra del suelo + 2 % de tereftalato de polietileno, teniendo para los tamices con las mallas que van de 3/8" a la N° 200, porcentajes de 96.45, 89.79, 82.88, 75.58, 69.12, 63.76, 59.24, 54.78 % respectivamente.

Tabla 12. Granulometría del suelo + 2 % de tereftalato de polietileno – Muestra 1.

Tamices	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	55.00	3.55	3.55	96.45
N° 4	4.75	103.00	6.65	10.21	89.79
N° 10	2.00	107.00	6.91	17.12	82.88
N° 20	0.85	113.00	7.30	24.42	75.58
N° 40	0.43	100.00	6.46	30.88	69.12
N° 60	0.25	83.00	5.36	36.24	63.76
N° 100	0.15	70.00	4.52	40.76	59.24
N° 200	0.08	69.00	4.46	45.22	54.78
Fondo	0.00	848.00	54.78	100.00	0.00

Total	1548.00	100.00
-------	---------	--------

La curva granulométrica de estos resultados, es adjunta en la Figura 9, donde se sigue la tendencia a mostrar una gran cantidad de partículas finas.

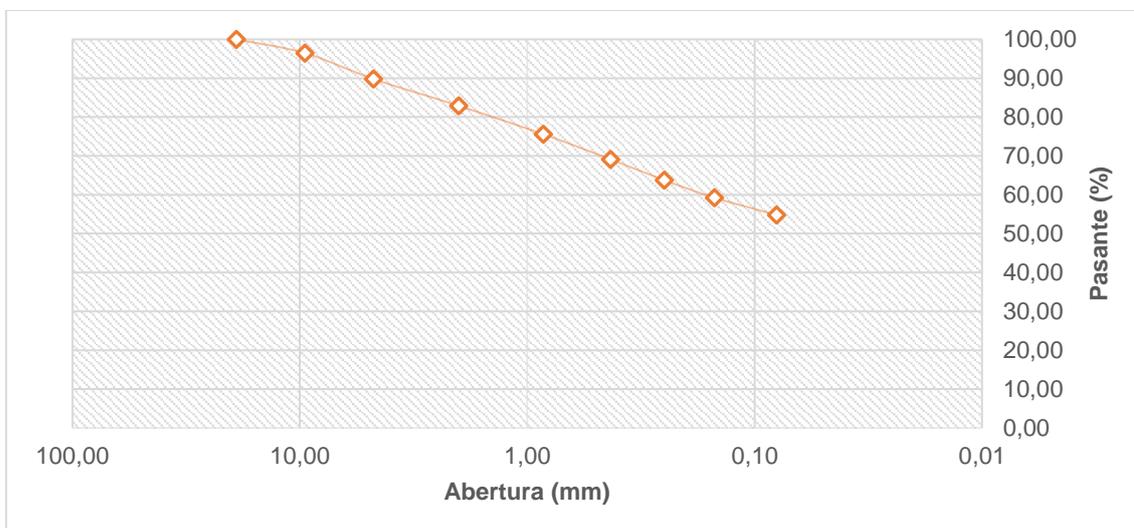


Figura 9. Curva granulométrica del suelo + 2 % de tereftalato de polietileno – Muestra 1.

La Tabla 13 muestra la granulometría de la muestra 2 de este suelo, teniendo material pasante de 93.87, 86.95, 79.72, 73.47, 67.34, 61.64, 56.62 y 51.90 % para los tamices de 3/8", N° 4, N° 10, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200 respectivamente.

Tabla 13. Granulometría del suelo + 2 % de tereftalato de polietileno – Muestra 2.

Tamices	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	100.00	6.13	6.13	93.87
N° 4	4.75	113.00	6.92	13.05	86.95
N° 10	2.00	118.00	7.23	20.28	79.72
N° 20	0.85	102.00	6.25	26.53	73.47
N° 40	0.43	100.00	6.13	32.66	67.34
N° 60	0.25	93.00	5.70	38.36	61.64
N° 100	0.15	82.00	5.02	43.38	56.62
N° 200	0.08	77.00	4.72	48.10	51.90
Fondo	0.00	847.00	51.90	100.00	0.00
Total		1632.00	100.00		

A partir de estos resultados, en la Figura 10 se presenta la curva granulométrica de esta muestra.

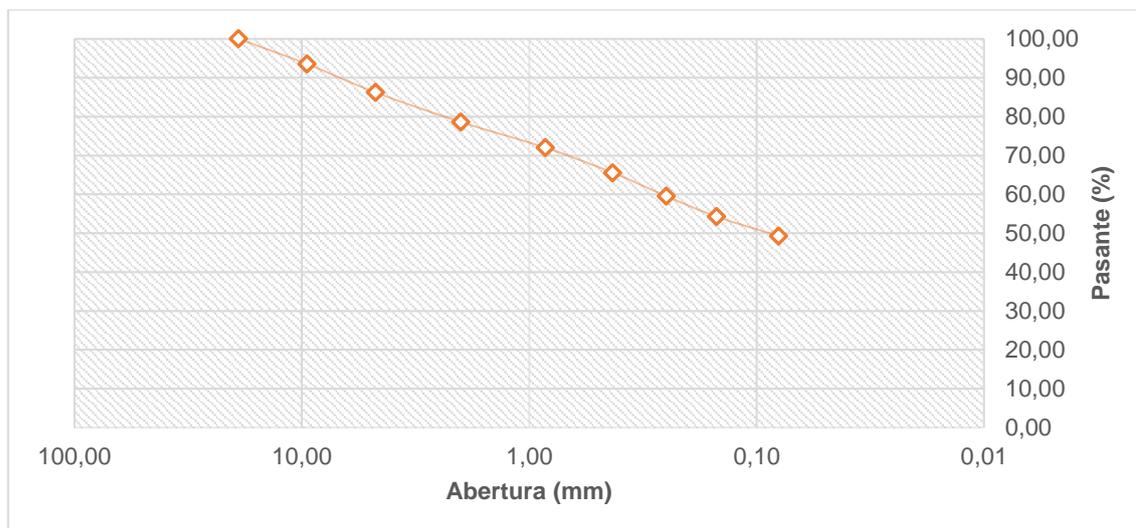


Figura 10. Curva granulométrica del suelo + 2 % de tereftalato de polietileno – Muestra 2.

Así mismo, la Tabla 14 muestra los resultados del análisis granulométrico mediante los mismos tamices estandarizados, de modo que se obtuvo pasantes de 93.33, 86.09, 78.40, 71.54, 65.58, 60.06, 55.38 y 51.15 %.

Tabla 14. Granulometría del suelo + 2 % de tereftalato de polietileno – Muestra 3.

Tamices	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	104.00	6.67	6.67	93.33
N° 4	4.75	113.00	7.24	13.91	86.09
N° 10	2.00	120.00	7.69	21.60	78.40
N° 20	0.85	107.00	6.86	28.46	71.54
N° 40	0.43	93.00	5.96	34.42	65.58
N° 60	0.25	86.00	5.51	39.94	60.06
N° 100	0.15	73.00	4.68	44.62	55.38
N° 200	0.08	66.00	4.23	48.85	51.15
Fondo	0.00	798.00	51.15	100.00	0.00
Total		1560.00	100.00		

En la Figura 11, se adjuntan la representación gráfica de los resultados en los análisis granulométricos de la tercera muestra del suelo con 2 % de tereftalato de polietileno.

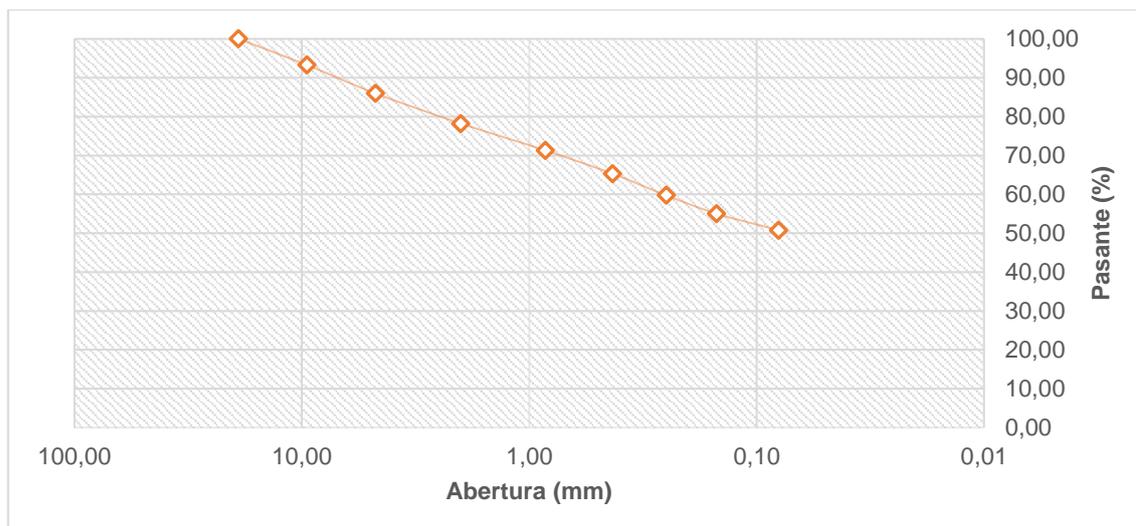


Figura 11. Curva granulométrica del suelo + 2 % de tereftalato de polietileno – Muestra 3.

Suelo + 4 % de tereftalato de polietileno

En la Tabla 15, se encuentra el resultado de la caracterización granulométrica de la primera muestra obtenida del suelo + 4 % de tereftalato de polietileno, donde para los mismos tamices de los análisis anteriores, fueron obtenidos materiales pasantes de 93.75, 87.94, 80.64, 74.64, 67.29, 62.34, 58.07 y 52.94 %.

Tabla 15. Granulometría del suelo + 4 % de tereftalato de polietileno – Muestra 1.

Tamices	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	101.00	6.25	6.25	93.75
N° 4	4.75	94.00	5.81	12.06	87.94
N° 10	2.00	118.00	7.30	19.36	80.64
N° 20	0.85	97.00	6.00	25.36	74.64
N° 40	0.43	119.00	7.36	32.71	67.29
N° 60	0.25	80.00	4.95	37.66	62.34
N° 100	0.15	69.00	4.27	41.93	58.07
N° 200	0.08	83.00	5.13	47.06	52.94
Fondo	0.00	856.00	52.94	100.00	0.00
Total		1617.00	100.00		

La Figura 12 presenta la curva granulométrica de esta muestra de suelo, evidenciando la alta presencia de partículas pequeñas pues la gran mayoría pasan la malla N° 200.

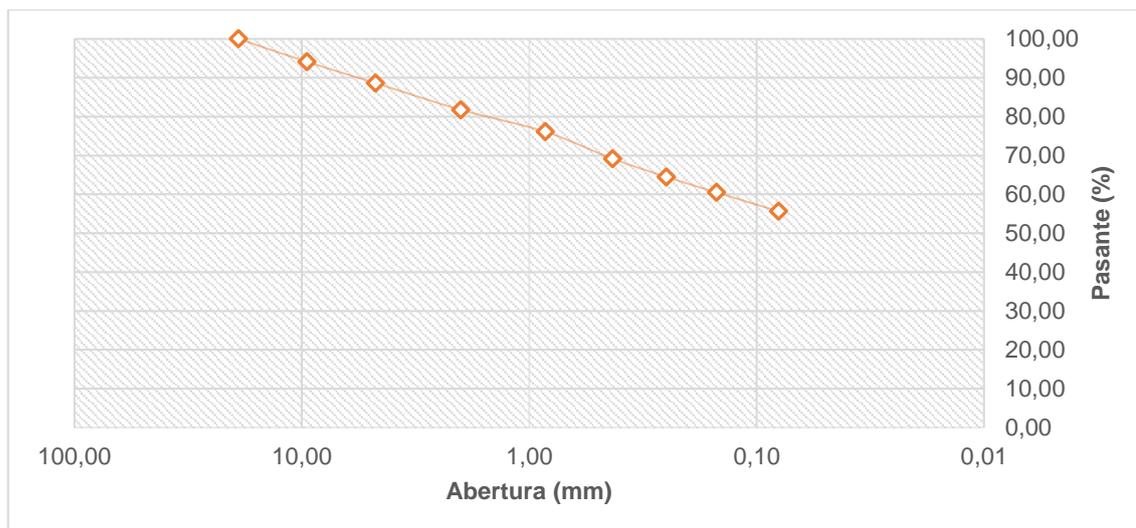


Figura 12. Curva granulométrica del suelo + 4 % de tereftalato de polietileno – Muestra 1.

En esa línea, el análisis granulométrico del suelo con 4 % de tereftalato de polietileno correspondiente a la segunda muestra está en la Tabla 16, teniendo pasantes para los mismos tamices estandarizados de 94.75, 88.82, 81.37, 74.71, 67.81, 61.45, 56.38 y 52.84 %.

Tabla 16. Granulometría del suelo + 4 % de tereftalato de polietileno – Muestra 2.

Tamices	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	86.00	5.25	5.25	94.75
N° 4	4.75	97.00	5.93	11.18	88.82
N° 10	2.00	122.00	7.45	18.63	81.37
N° 20	0.85	109.00	6.66	25.29	74.71
N° 40	0.43	113.00	6.90	32.19	67.81
N° 60	0.25	104.00	6.35	38.55	61.45
N° 100	0.15	83.00	5.07	43.62	56.38
N° 200	0.08	58.00	3.54	47.16	52.84
Fondo	0.00	865.00	52.84	100.00	0.00
Total		1637.00	100.00		

Al igual que con los demás resultados, en la Figura 13, se adjuntan la respectiva curva granulométrica de esta muestra, donde se evidencia una gran cantidad de partículas de un tamaño reducido pues se tienen más del 50 % de pasantes por la malla N° 200.

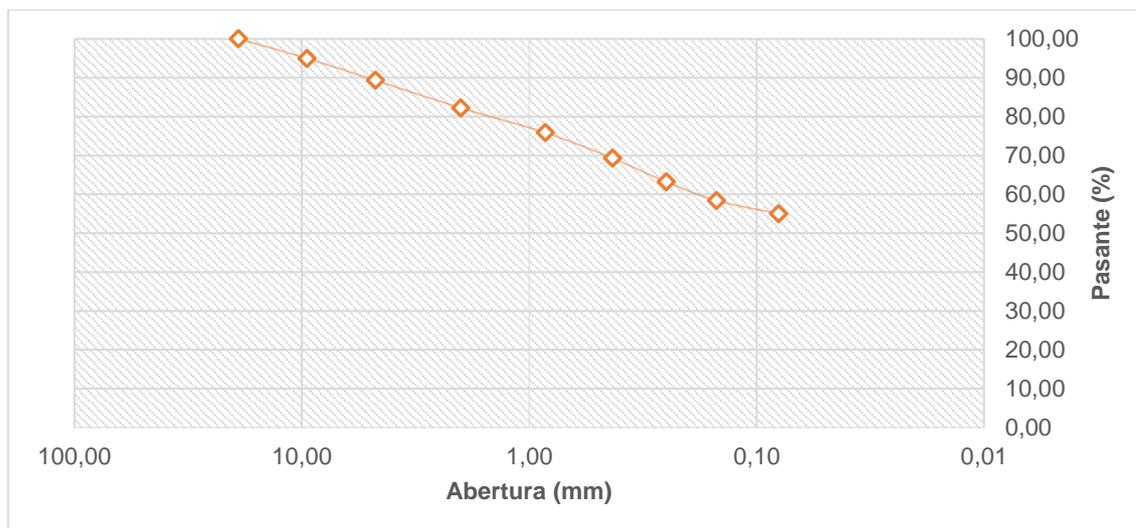


Figura 13. Curva granulométrica del suelo + 4 % de tereftalato de polietileno – Muestra 2.

En la Tabla 17, se tienen los resultados del análisis granulométrico de la tercera muestra del suelo con 4 % de tereftalato de polietileno. Donde se tienen porcentajes de material pasante de los tamices estandarizados N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200 de 89.04, 79.76, 72.19, 65.86, 60.49, 56.07 y 51.88 % respectivamente.

Tabla 17. Granulometría del suelo + 4 % de tereftalato de polietileno – Muestra 3.

Tamices	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	149.00	10.96	10.96	89.04
N° 10	2.00	126.00	9.27	20.24	79.76
N° 20	0.85	103.00	7.58	27.81	72.19
N° 40	0.43	86.00	6.33	34.14	65.86
N° 60	0.25	73.00	5.37	39.51	60.49
N° 100	0.15	60.00	4.42	43.93	56.07
N° 200	0.08	57.00	4.19	48.12	51.88
Fondo	0.00	705.00	51.88	100.00	0.00
Total		1359.00	100.00		

En este caso, se puede apreciar que al ya no tener material retenido en la malla de 3/8", cambia el comportamiento en la parte superior de la curva de esta muestra, teniendo de igual forma gran cantidad de partículas finas, tal como se plasma en la figura siguiente.

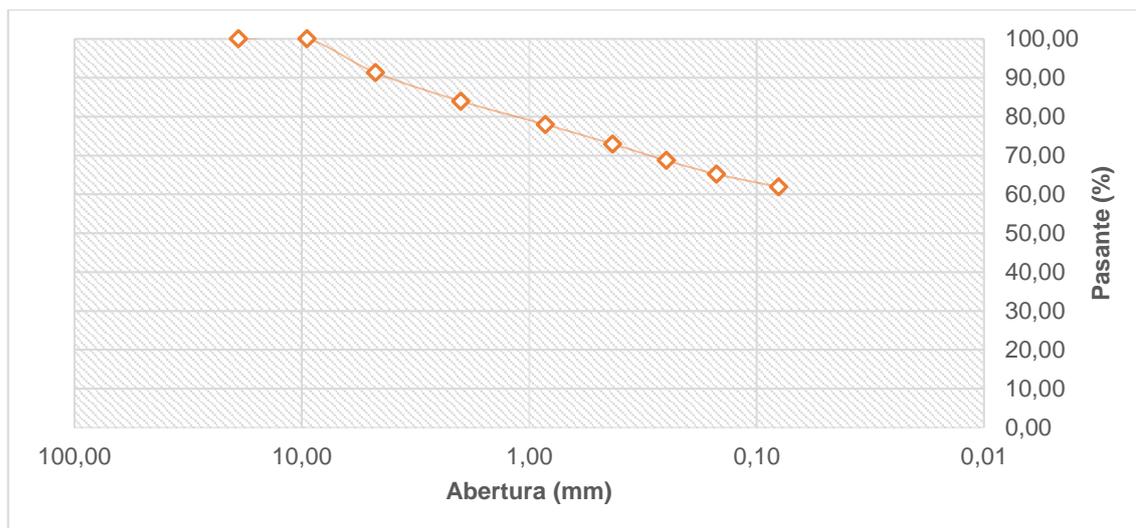


Figura 14. Curva granulométrica del suelo + 4 % de tereftalato de polietileno – Muestra 3.

Suelo + 6 % de tereftalato de polietileno

La Tabla 18 muestra los resultados del análisis granulométrico realizado sobre la primera muestra del suelo + 6 % de tereftalato de polietileno, donde se tienen pasantes de la malla 3/8", N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100 y N° 200 de 94.99, 88.05, 80.13, 73.72, 68.88, 63.64, 57.46 y 53.21 % respectivamente.

Tabla 18. Granulometría del suelo + 6 % de tereftalato de polietileno – Muestra 1.

Tamices	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	86.00	5.01	5.01	94.99
N° 4	4.75	119.00	6.93	11.95	88.05
N° 10	2.00	136.00	7.93	19.87	80.13
N° 20	0.85	110.00	6.41	26.28	73.72
N° 40	0.43	83.00	4.84	31.12	68.88
N° 60	0.25	90.00	5.24	36.36	63.64
N° 100	0.15	106.00	6.18	42.54	57.46
N° 200	0.08	73.00	4.25	46.79	53.21
Fondo	0.00	913.00	53.21	100.00	0.00
Total		1716.00	100.00		

Con estos resultados, en la Figura 15 se tiene la curva granulométrica para esta muestra de suelo, notando la gran cantidad de material fino que tiene, estando en tendencia con los suelos evaluados a lo largo de esta investigación.

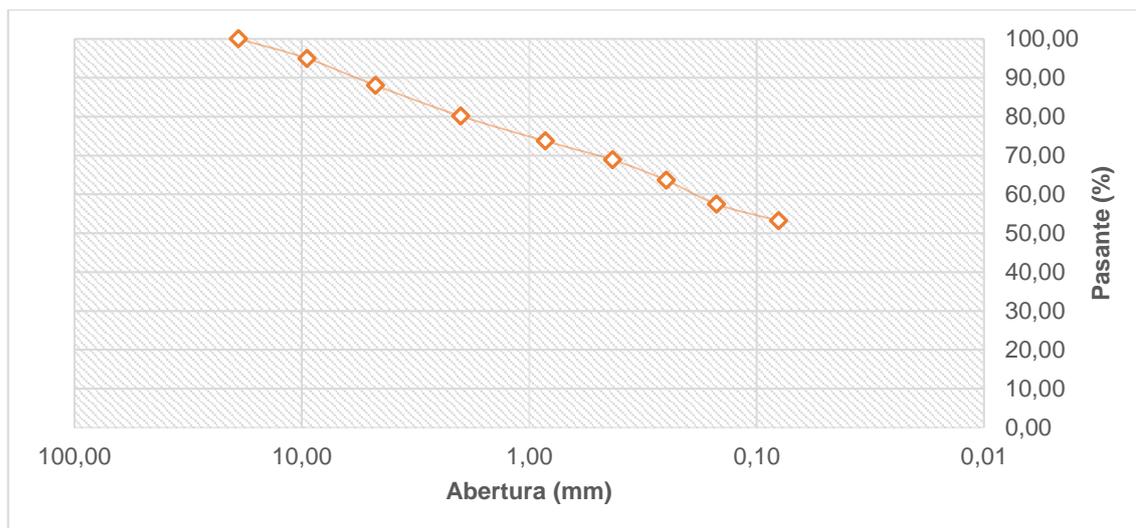


Figura 15. Curva granulométrica del suelo + 6 % de tereftalato de polietileno – Muestra 1.

En la Tabla 19, está el análisis de la granulometría del suelo + 6 % de tereftalato de polietileno, teniendo un material pasante por las mallas a partir de la N° 4 de 89.88, 82.99, 75.89, 68.92, 63.08, 57.82 y 52.36 % respectivamente.

Tabla 19. Granulometría del suelo + 6 % de tereftalato de polietileno – Muestra 2.

Tamices	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	148.20	10.12	10.12	89.88
N° 10	2.00	101.00	6.90	17.01	82.99
N° 20	0.85	104.00	7.10	24.11	75.89
N° 40	0.43	102.00	6.96	31.08	68.92
N° 60	0.25	85.60	5.84	36.92	63.08
N° 100	0.15	77.00	5.26	42.18	57.82
N° 200	0.08	80.00	5.46	47.64	52.36
Fondo	0.00	767.00	52.36	100.00	0.00
Total		1464.80	100.00		

De estos resultados, en la Figura 16 se encuentra la curva granulométrica de esta muestra de suelo, notando una pequeña diferencia con las mallas más grandes, sin embargo, sigue caracterizándose por tener a la mayoría de sus partículas como finas al pasar la malla N° 200.

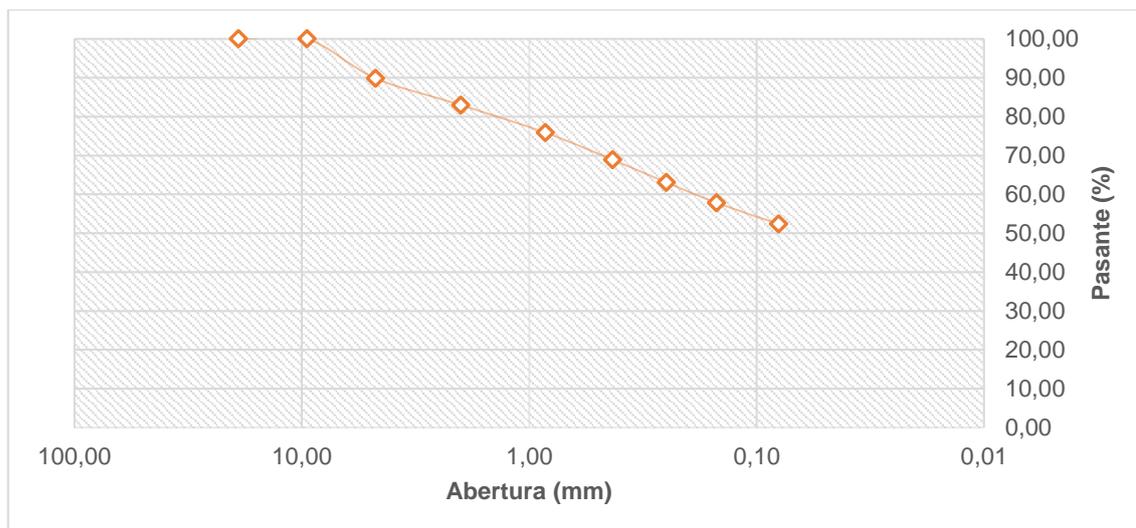


Figura 16. Curva granulométrica del suelo + 6 % de tereftalato de polietileno – Muestra 2.

Para terminar con los resultados de la caracterización granulométrica, en la Tabla 20 se presentan estos resultados correspondientes a la tercera muestra del suelo + 6 % de tereftalato de polietileno, teniendo material pasante a partir de la malla N° 4 de 91.96, 85.72, 77.95, 71.92, 64.48, 59.12 y 52.68 %.

Tabla 20. Granulometría del suelo + 6 % de tereftalato de polietileno – Muestra 3.

Tamices	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	% retenido	% retenido acumulado	% pasante acumulado
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.75	120.00	8.04	8.04	91.96
N° 10	2.00	93.00	6.23	14.28	85.72
N° 20	0.85	116.00	7.77	22.05	77.95
N° 40	0.43	90.00	6.03	28.08	71.92
N° 60	0.25	111.00	7.44	35.52	64.48
N° 100	0.15	80.00	5.36	40.88	59.12
N° 200	0.08	96.00	6.43	47.32	52.68
Fondo	0.00	786.00	52.68	100.00	0.00
Total		1492.00	100.00		

En la Figura 17 se adjunta la curva granulométrica de esta última muestra de suelo, observando que esta muestra de suelo continua con la misma tendencia de presentar una gran cantidad de partículas finas.

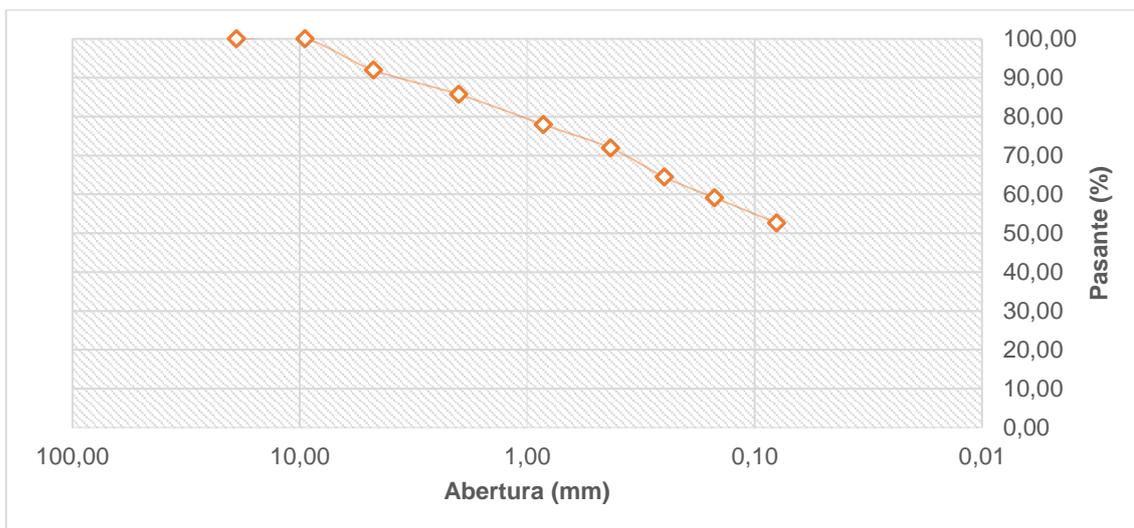


Figura 17. Curva granulométrica del suelo + 6 % de tereftalato de polietileno – Muestra 3.

En suma, de todos estos resultados, en la Tabla 21 se adjunta un resumen de estos resultados de acuerdo a la cantidad de cada tipo de partícula hallada en cada una de las muestras de suelo.

Tabla 21. Resultados de granulometría de suelos.

Muestras	Granulometría (%)		
	Grava	Arena	Finos
Suelo patrón	12.40	36.60	51.00
Suelo patrón	12.60	35.60	51.80
Suelo patrón	12.00	36.80	51.10
Suelo + 2 % tereftalato	10.20	35.00	54.80
Suelo + 2 % tereftalato	13.10	35.00	51.90
Suelo + 2 % tereftalato	13.90	34.90	51.20
Suelo + 4 % tereftalato	12.10	35.00	52.90
Suelo + 4 % tereftalato	11.20	36.00	52.80
Suelo + 4 % tereftalato	11.00	37.20	51.90
Suelo + 6 % tereftalato	11.90	34.80	53.20
Suelo + 6 % tereftalato	10.10	37.50	52.40
Suelo + 6 % tereftalato	8.00	39.30	52.70

De este modo, en la Tabla 22 se encuentra el análisis de estos resultados, respecto al promedio de cada tipo de partícula hallada en cada tipo de suelo, y su variación respecto al suelo patrón (suelo sin adición de tereftalato de polietileno).

Tabla 22. Análisis de los resultados de granulometría de los suelos.

Muestras	Desviación estándar	Grava	Variación (%)	Desviación estándar	Arena	Variación (%)	Desviación estándar	Finos	Variación (%)
Suelo patrón	0.31	12.33	0.00	15.80	36.33	0.00	0.44	51.30	0.00
Suelo + 2 % tereftalato	1.95	12.40	0.54	0.06	34.97	-3.76	1.91	52.63	2.60
Suelo + 4 % tereftalato	0.59	11.43	-7.30	1.10	36.07	-0.73	0.55	52.53	2.40
Suelo + 6 % tereftalato	1.95	10.00	-18.92	2.26	37.20	2.39	0.40	52.77	2.86

La Figura 18, representa gráficamente la cantidad de grava hallada en cada tipo de suelo, de acuerdo a la cantidad de tereftalato presente en su composición, aquí se aprecia una ligera reducción de este parámetro con los mayores aumentos de este material en el suelo, teniendo de 12.33 % en el patrón hasta 10.00 % en el suelo + 6 % de tereftalato de polietileno.

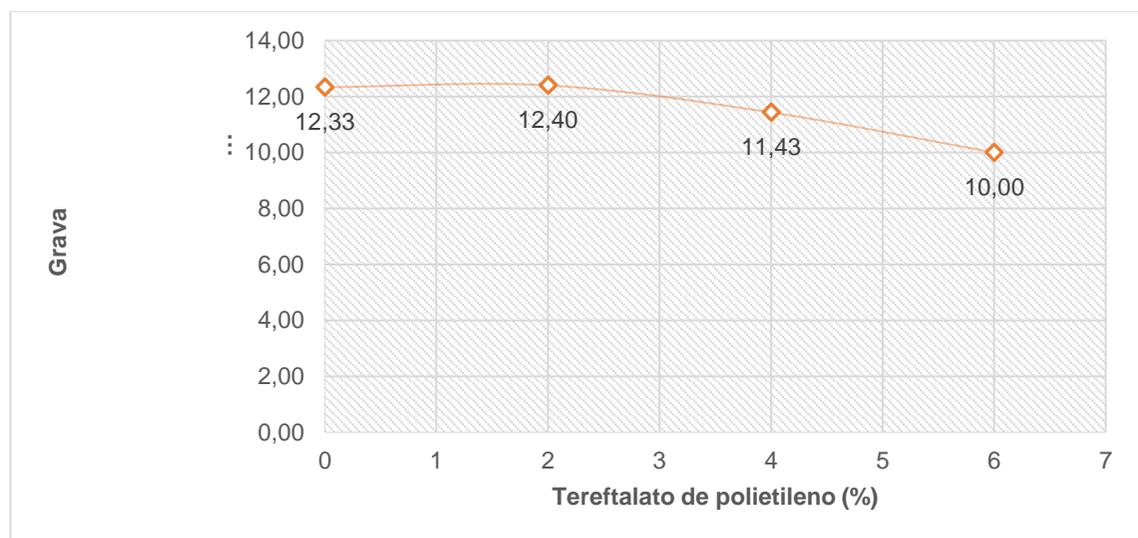


Figura 18. Resultados del contenido de grava en los suelos.

En la Figura 19 se encuentra la variación de grava respecto al suelo patrón, donde el suelo de 6 % de tereftalato se reduce en 18.92 %.

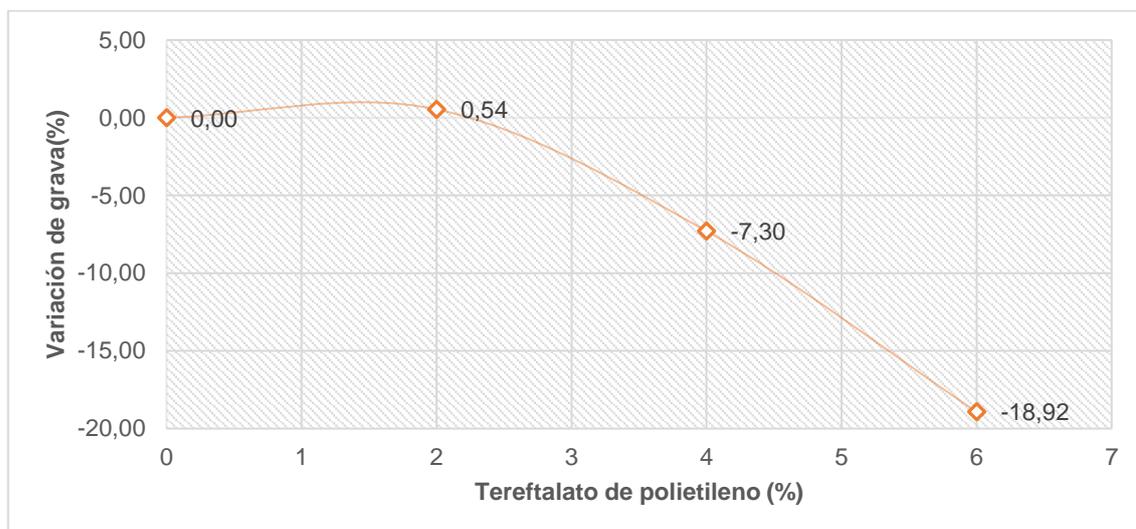


Figura 19. Variación del contenido de grava en los suelos.

Así mismo, la Figura 20 brinda los resultados de la cantidad de partículas consideradas como arenas dentro de los suelos de acuerdo al porcentaje de adición de tereftalato, de este modo se observa la reducción de este valor al añadir 2 % del material, sin embargo, esto aumenta al crecer la cantidad de tereftalato de polietileno añadido al piso.

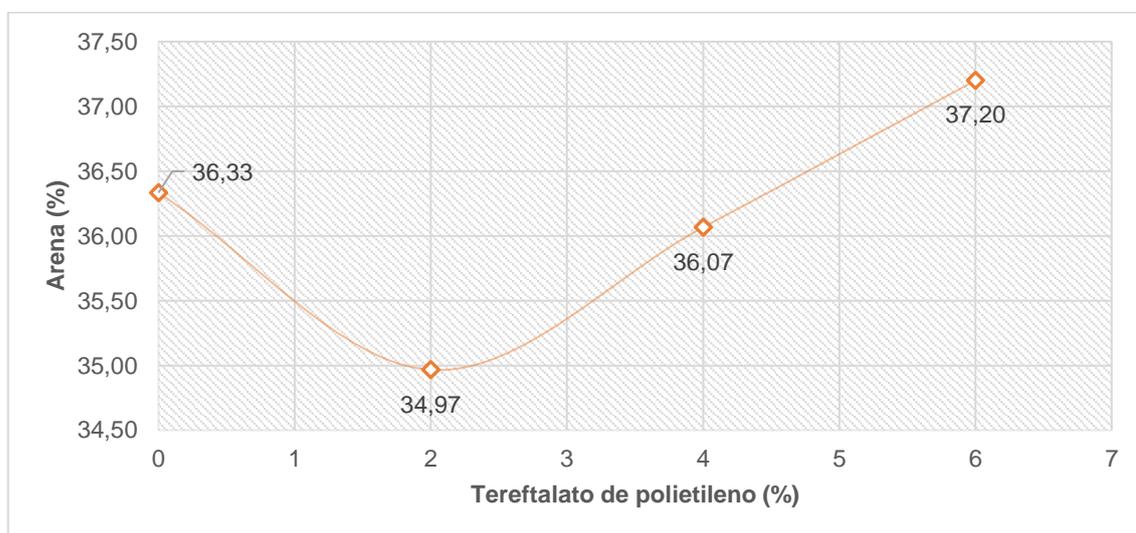


Figura 20. Resultados del contenido de arena en los suelos.

La Figura 21 presenta la variación de estos parámetros en comparación con el patrón, de este modo se observa que la mayor reducción corresponde al suelo con 2 % de tereftalato con 3.76 %, mientras que el suelo de 6 % de tereftalato aumenta la presencia de partículas de este tamaño en un 2.39 %.

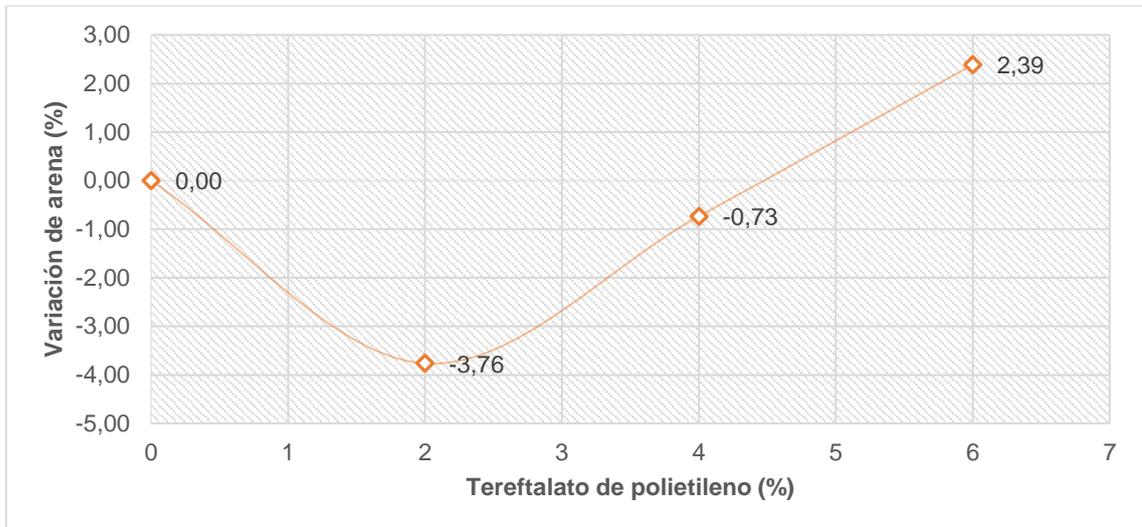


Figura 21. Variación del contenido de grava en los suelos.

La Figura 22, presenta la cantidad de material fino de cada tipo de suelo analizado, aquí se evidencia un claro aumento en la presencia de finos al realizar aumentos de la cantidad de tereftalato de polietileno, yendo de 51.30 % en el suelo patrón hasta 52.77 % en el suelo con 6 % de tereftalato de polietileno.

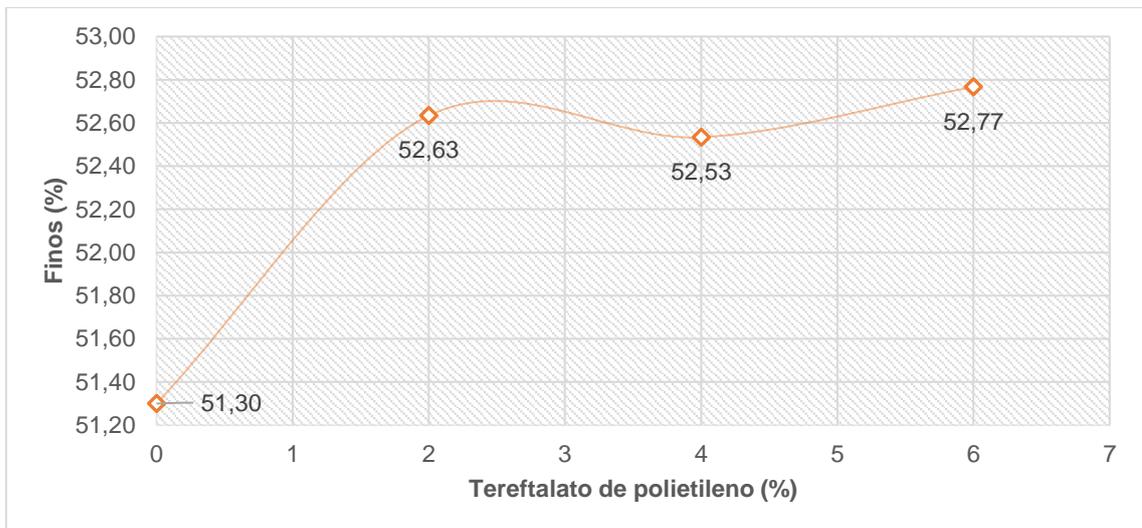


Figura 22. Resultados del contenido de finos en los suelos.

Finalmente, la Figura 23 adjunta la variación de este último parámetro correspondiente a la granulometría de suelos, donde tal como se mencionó se observa la tendencia al aumento de este material respecto al suelo patrón, teniendo un 2.86 % más de partículas finas, es decir pasantes de la malla N° 200, en comparación con los finos hallados en el suelo patrón.

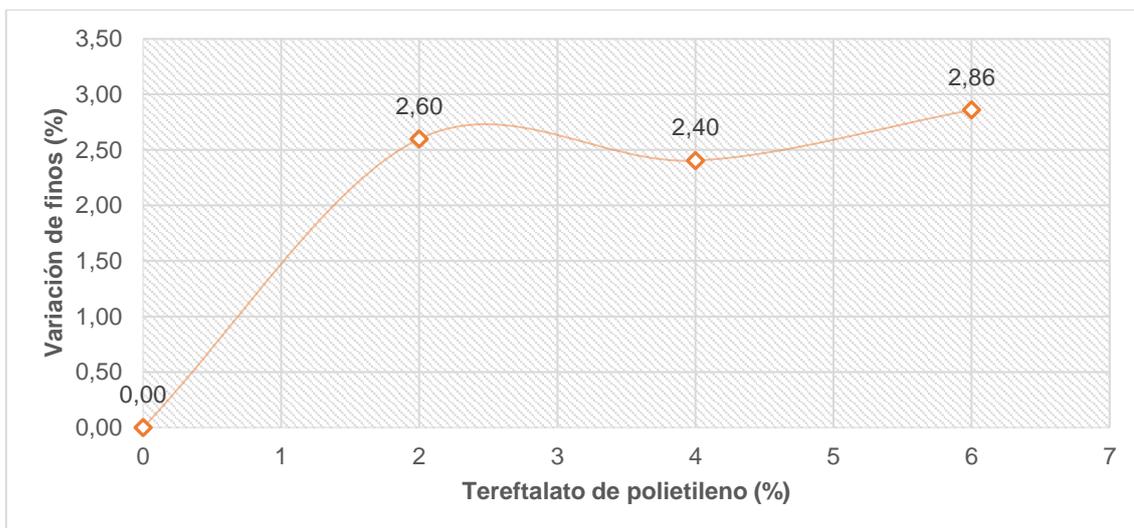


Figura 23. Variación del contenido de finos en los suelos.

Contenido de humedad

Otra propiedad física del suelo evaluada, fue el contenido de humedad del suelo, a partir de los resultados de laboratorio adjuntos en la Tabla 8, en la siguiente tabla se muestran los resultados del análisis de estos datos, teniendo para el suelo patrón un promedio de humedad de 5.83 % con una desviación estándar de 0.21 %, para el suelo + 2 % de tereftalato de polietileno el promedio es de 6.03 % con una desviación de 0.12 %, en el suelo con 4 % de material añadido el promedio es de 5.87 % y la desviación de 0.31 %, finalmente el suelo con 6 % de tereftalato tiene un promedio de 5.80 % con una desviación de 0.10 %.

Tabla 23. Análisis de los resultados de contenido de humedad en los suelos.

Muestras	Desviación estándar	Contenido de humedad (%)	Variación (%)
Suelo patrón	0.21	5.83	0.00
Suelo + 2 % tereftalato	0.12	6.03	3.43
Suelo + 4 % tereftalato	0.31	5.87	0.57
Suelo + 6 % tereftalato	0.10	5.80	-0.57

Con estos resultados, en la Figura 24 tenemos se muestra el contenido de humedad de acuerdo al contenido de tereftalato, aquí se nota que el suelo + 2 % presenta una mayor humedad y el suelo más 6 % presenta el menor contenido de humedad.

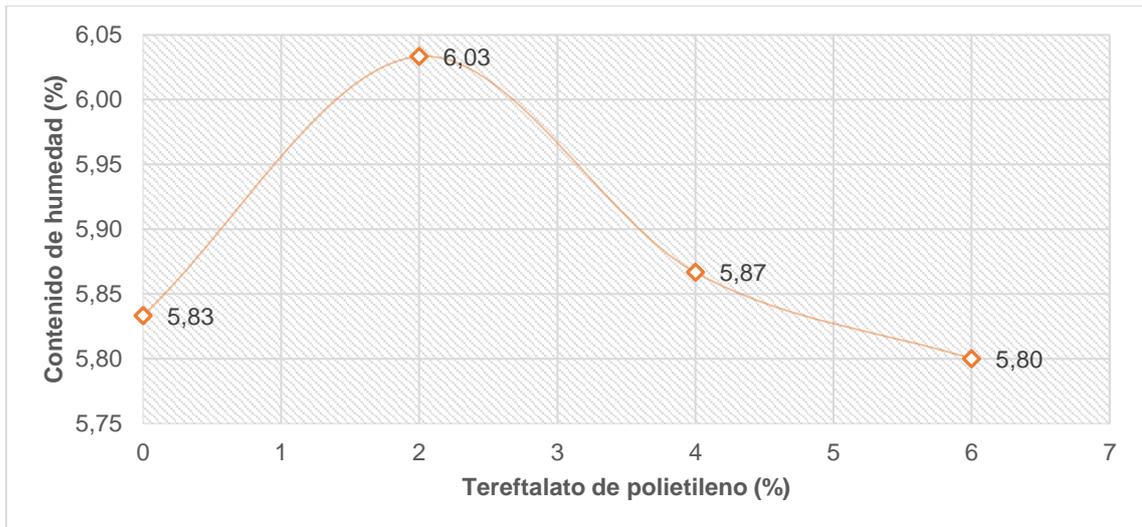


Figura 24. Resultados del contenido de humedad en los suelos.

En la Figura 25 se tiene la variación de este parámetro respecto a los resultados del suelo patrón, así se evidencia que la mayor variación obtenidas es un aumento del 3.43 % con la adición de 2 % de tereftalato de polietileno al suelo.

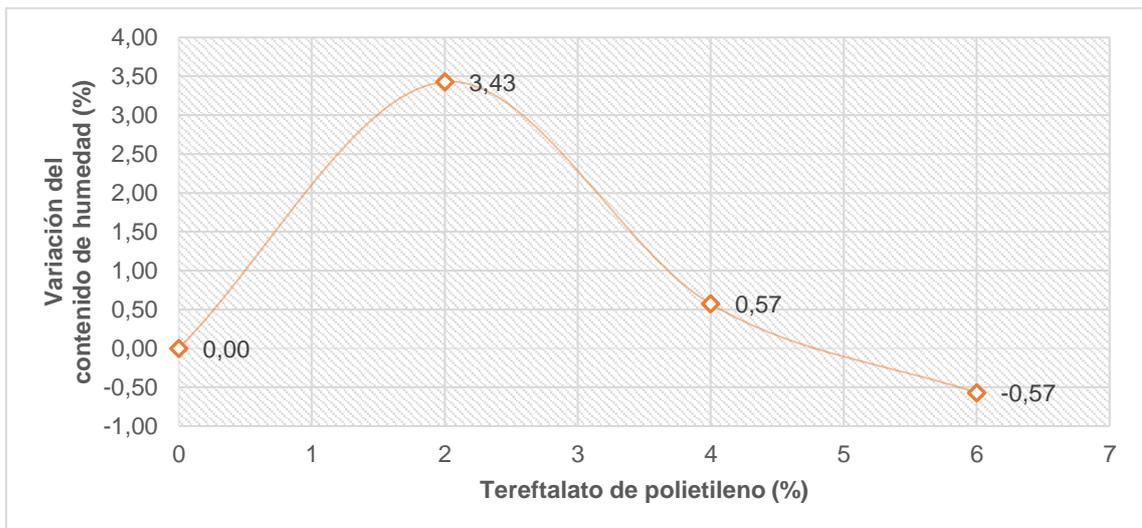


Figura 25. Variación del contenido de humedad en los suelos.

Límite líquido

La Tabla 24 presenta el análisis de los resultados del límite líquido de las muestras de suelos presentados en la tabla 8. Teniendo de este modo para el suelo patrón, suelo + 2 %, + 4 % y + 6 % de tereftalato de polietileno, promedios de 33.97 %, 33.80 %, 33.70 % y 33.93 % respectivamente, y valores desviación estándar de 0.21 %, 0.26 %, 0.10 % y 0.31 % para cada tipo de suelo.

Tabla 24. Análisis de los resultados de límite líquido en los suelos.

Muestras	Desviación estándar	Límite líquido (%)	Variación (%)
Suelo patrón	0.21	33.97	0.00
Suelo + 2 % tereftalato	0.26	33.80	-0.49
Suelo + 4 % tereftalato	0.10	33.70	-0.79
Suelo + 6 % tereftalato	0.31	33.93	-0.10

En la Figura 26 se representa gráficamente el valor del límite líquido en los suelos en concordancia con la cantidad de tereftalato de polietileno añadido, es así que, se aprecia que el mayor valor alcanzado corresponde al valor del suelo patrón con 33.97 % y el menor valor siendo de 33.70 % correspondiente al suelo + 4 % de tereftalato.

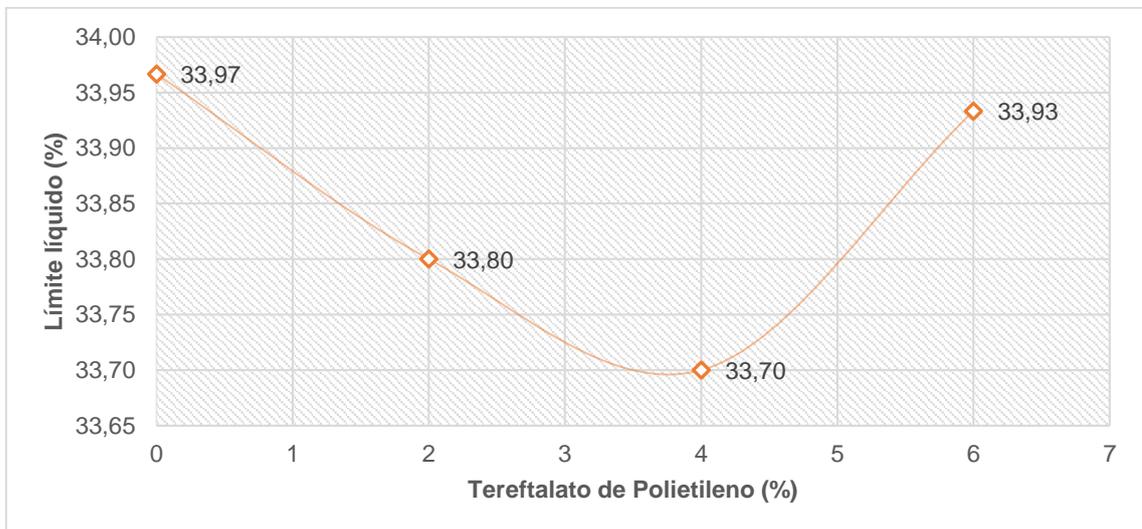


Figura 26. Resultados del límite líquido en los suelos.

En la Figura 27, se evidencia la variación de este parámetro según el tipo de suelo evaluado en este estudio, es así que la mayor variación corresponde a un descenso de este factor en 0.79 % del suelo + 4 % de tereftalato de polietileno respecto al suelo patrón.

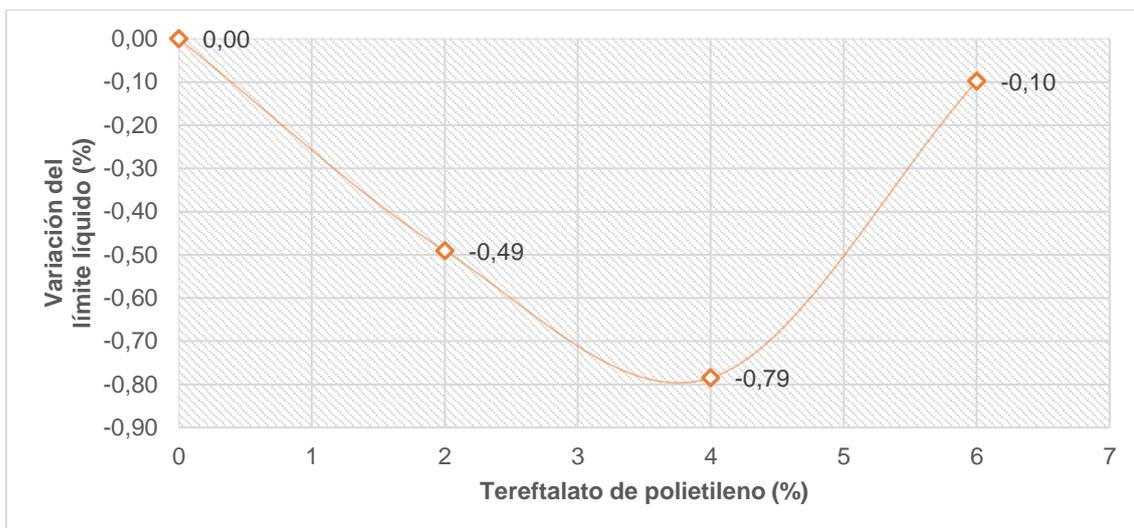


Figura 27. Variación del límite líquido en los suelos.

Límite plástico

A continuación, en la Tabla 25 se muestran los resultados del análisis de los registros del límite plástico de cada tipo de suelo, obteniendo así límites líquido promedio de 21.43 % para el suelo patrón con una desviación estándar de 0.38 %, 21.23 % para el suelo con 2 % de tereftalato de polietileno y una desviación estándar de 0.59 %, un límite plástico promedio de 21.23 % y desviación de 0.50 % para el suelo + 4 % de tereftalato y finalmente un promedio de 21.27 % con una desviación de 0.15 % para el suelo + 6 % de tereftalato.

Tabla 25. Análisis de los resultados de límite plástico en los suelos.

Muestras	Desviación estándar	Límite plástico (%)	Variación (%)
Suelo patrón	0.38	21.43	0.00
Suelo + 2 % tereftalato	0.59	21.23	-0.93
Suelo + 4 % tereftalato	0.50	21.23	-0.93
Suelo + 6 % tereftalato	0.15	21.27	-0.78

En la Figura 28, se adjuntan los límites plásticos obtenidos por el suelo con diferentes dosis de tereftalato de polietileno, donde se evidencia que el mayor límite plástico fue obtenido por el suelo patrón, y el menor por los suelos con 2 y 4 % de tereftalato de polietileno.

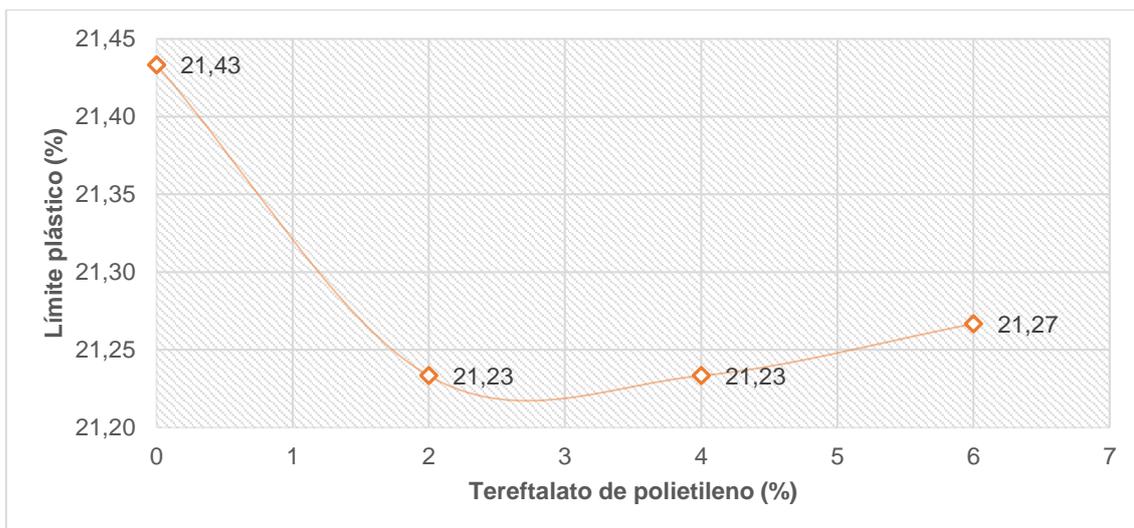


Figura 28. Resultados del límite plástico en los suelos.

En la Figura 29, se muestra la variación de esta propiedad en los suelos modificados respecto al suelo patrón. Aquí se evidencian que las variaciones son reducciones del límite plástico, las mayores pertenecen a los suelos con 2 y 4 % de tereftalato de polietileno siendo un 0,93 % menores al suelo patrón, mientras que el suelo + 6 % de tereftalato presenta un límite plástico un 0,78 % menor al límite plástico del suelo patrón.

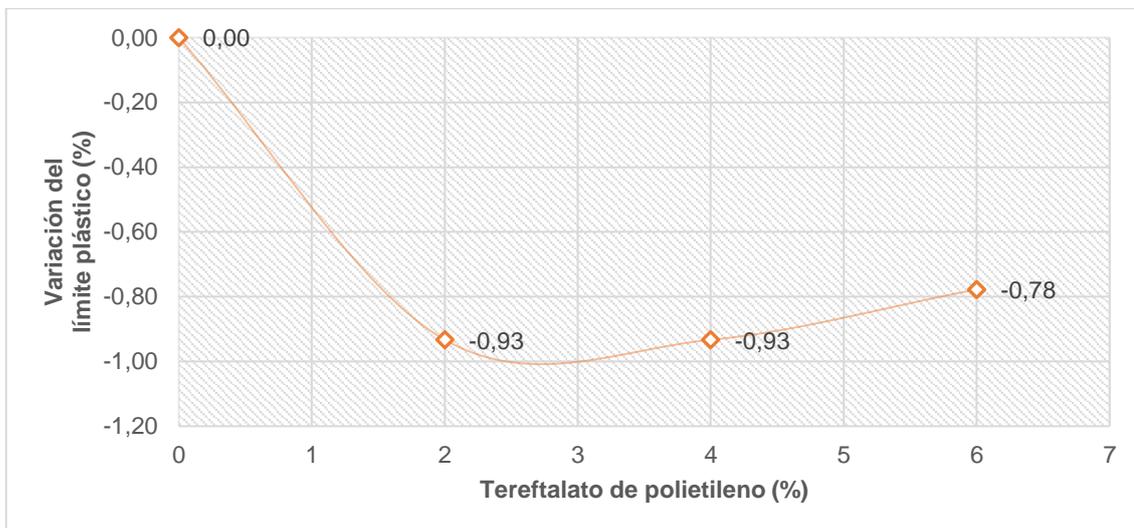


Figura 29. Variación del límite plástico en los suelos.

Índice de plasticidad

En la Tabla 26 se presenta el análisis realizado sobre los índices de plasticidad de los distintos suelos, teniendo un índice promedio de 12,53, 12,57, 12,47 y 12,67 % para los suelos patrón, con 2 %, con 4 % y con 6 %

de tereftalato añadido respectivamente, así mismo para los mismos suelos se tienen desviaciones estándar de 0.31, 0.35, 0.40 y 0.32 %.

Tabla 26. Análisis de los resultados del índice de plasticidad en los suelos.

Muestras	Desviación estándar	Índice de plasticidad (%)	Variación (%)
Suelo patrón	0.31	12.53	0.00
Suelo + 2 % tereftalato	0.35	12.57	0.27
Suelo + 4 % tereftalato	0.40	12.47	-0.53
Suelo + 6 % tereftalato	0.32	12.67	1.06

De este modo, en la Figura 30 se encuentra la representación gráfica de estos resultados, evidenciando la oscilación de este valor entre las diferentes cantidades de tereftalato en el suelo, teniendo un índice plástico mínimo de 12.47 % en el suelo + 4 % de tereftalato, y un máximo de 12.67 % en el suelo + 6 % de tereftalato, contrastando con el 12.53 % del suelo patrón.

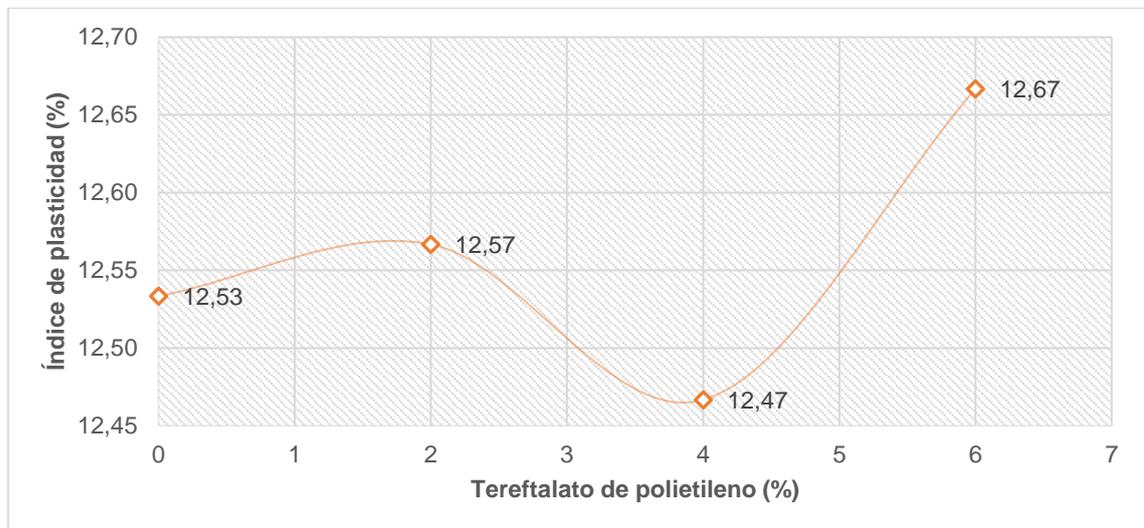


Figura 30. Resultados del índice de plasticidad en los suelos.

Para finalizar con las propiedades físicas de los suelos, en la Figura 31 se adjunta la variación del índice de plasticidad de los suelos modificados respecto al suelo patrón. Aquí se evidencia que la variación máxima corresponde al suelo + 6 % de tereftalato de polietileno con 1.06 %.

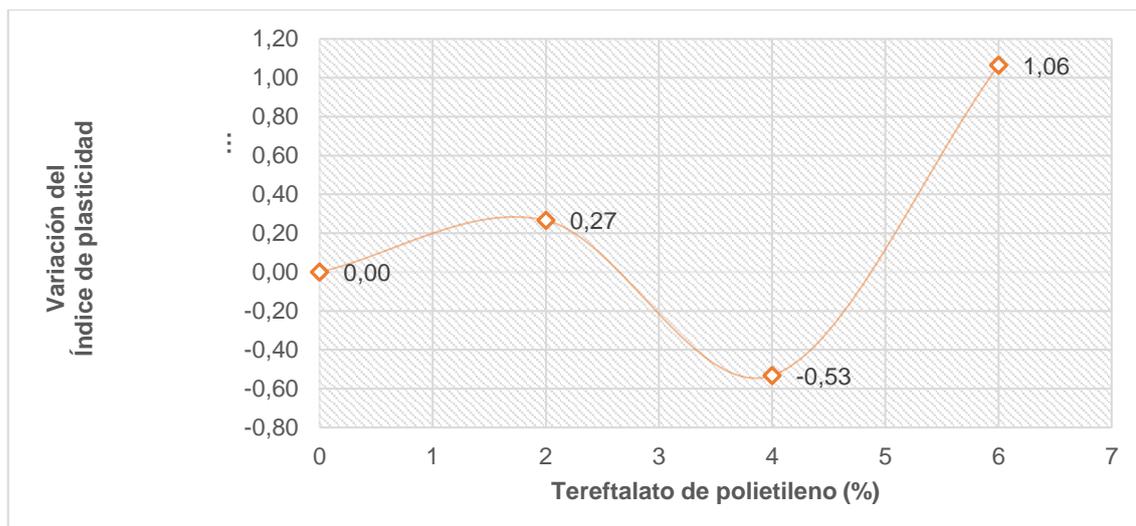


Figura 31. Variación del índice de plasticidad en los suelos.

5.1.2. Propiedades mecánicas de suelos

De igual manera que con las propiedades físicas de los suelos, fueron realizados los ensayos a fin de conocer y comparar las propiedades mecánicas tanto del suelo patrón como de los suelos modificados, de este modo en la Tabla 27 se muestran todos los resultados obtenidos de cada muestra de suelo en los ensayos de Proctor modificado y CBR.

Tabla 27. Resultados de análisis mecánicos de muestras de suelo.

Muestras	Máxima densidad seca (g/cm ³)	Óptimo contenido de humedad (%)	CBR 100 %	CBR 95 %
Suelo patrón	1.77	15.40	3.20	1.90
Suelo patrón	1.77	15.17	3.40	1.90
Suelo patrón	1.77	15.33	3.10	1.90
Suelo + 2 % tereftalato	1.80	14.64	4.80	3.20
Suelo + 2 % tereftalato	1.79	14.27	4.30	2.10
Suelo + 2 % tereftalato	1.80	14.30	4.50	2.20
Suelo + 4 % tereftalato	1.83	13.60	6.40	4.60
Suelo + 4 % tereftalato	1.83	13.49	6.60	4.20
Suelo + 4 % tereftalato	1.82	13.53	6.20	3.70
Suelo + 6 % tereftalato	1.87	12.71	8.80	6.20
Suelo + 6 % tereftalato	1.88	12.23	8.20	5.80
Suelo + 6 % tereftalato	1.87	12.48	8.70	6.40

Máxima densidad seca

En base a estos resultados, en la Tabla 28 se muestra el análisis realizado sobre los registros de la máxima densidad seca de cada tipo de suelo, resultando en desviaciones estándar de hasta 0.01 g/cm³ para todos los casos,

y en promedios de 1.77, 1.80, 1.83 y 1.87 g/cm³ para los suelos con 0, 2, 4 y 6 % de tereftalato de polietileno añadido.

Tabla 28. Análisis de los resultados de máxima densidad seca en los suelos.

Muestras	Desviación estándar	Máxima densidad seca (g/cm ³)	Variación (%)
Suelo patrón	0.00	1.77	0.00
Suelo + 2 % tereftalato	0.01	1.80	1.51
Suelo + 4 % tereftalato	0.01	1.83	3.20
Suelo + 6 % tereftalato	0.01	1.87	5.84

De este modo, en la Figura 32 se muestran las máximas densidades secas posibles de obtener por cada tipo de suelo, en este parámetro es posible notar un aumento a medida que aumenta la cantidad de tereftalato de polietileno en el suelo.



Figura 32. Resultados de la máxima densidad seca en los suelos.

En la Figura 33, se representa de forma gráfica la variación obtenida por este factor en cada muestra de suelo modificado respecto al patrón, donde nuevamente se hace clara la tendencia al aumento de la densidad seca del material ante mayores cantidades de tereftalato de polietileno, de este modo se aprecia que el suelo + 6 % de tereftalato tiene una máxima densidad seca un 5.84 % mayor a la del patrón.

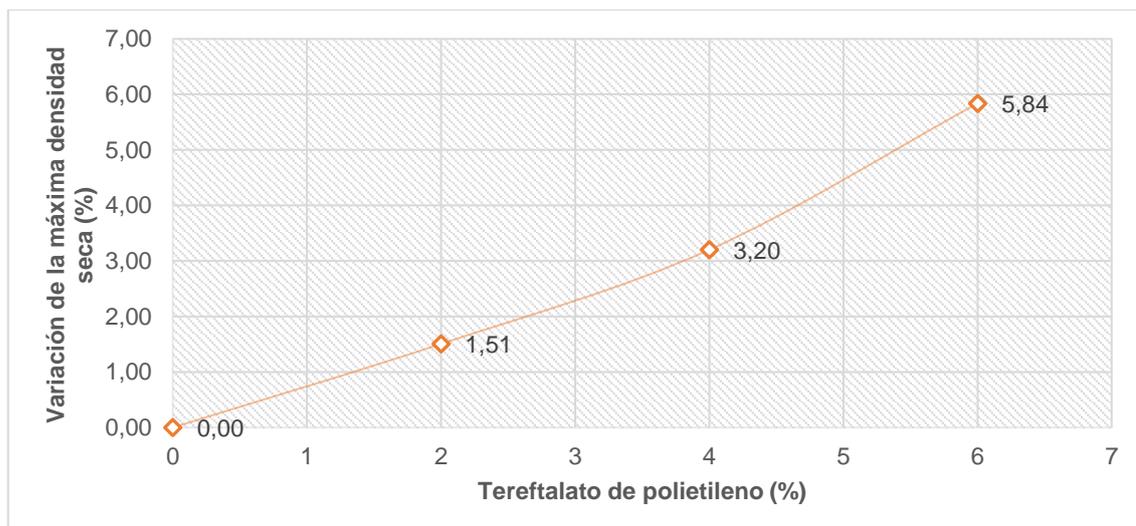


Figura 33. Variación de la máxima densidad seca en los suelos.

Óptimo contenido de humedad

En la misma línea, la prueba del Proctor modificado también dio a conocer el óptimo contenido de humedad de cada tipo de suelo, teniendo para el suelo patrón un óptimo contenido de humedad del 15.30 % y una desviación estándar de 0.12 %, para el suelo + 2 % de tereftalato fue de 14.40 % con una desviación del 0.21 %, el suelo + 4 % de tereftalato tuvo un promedio de 13.54 % y una desviación de 0.06 %, y finalmente el suelo con 6 % de tereftalato con 12.47 % y una desviación estándar de 0.24 %.

Tabla 29. Análisis de los resultados de óptimo contenido de humedad en los suelos.

Muestras	Desviación estándar	Óptimo contenido de humedad (%)	Variación (%)
Suelo patrón	0.12	15.30	0.00
Suelo + 2 % tereftalato	0.21	14.40	-5.86
Suelo + 4 % tereftalato	0.06	13.54	-11.50
Suelo + 6 % tereftalato	0.24	12.47	-18.47

La Figura 34 representa el óptimo contenido de humedad en los suelos a medida que aumenta el porcentaje de tereftalato de polietileno en su composición, aquí es posible evidenciar la reducción de este parámetro ante mayores proporciones de tereftalato.

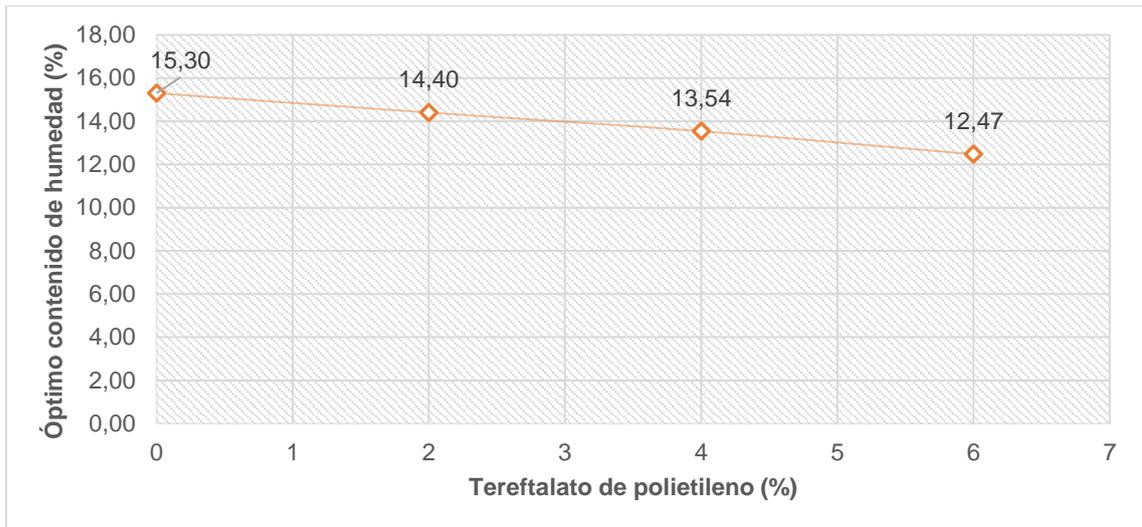


Figura 34. Resultados del óptimo contenido de humedad en los suelos.

En la Figura 35 se evidencia la variación del óptimo contenido de humedad de los suelos modificados respecto al suelo sin la adición del tereftalato de polietileno, teniendo como mayor variación una reducción de 18.47 % correspondiente al suelo + 6 % de tereftalato respecto al óptimo contenido de humedad del suelo patrón.

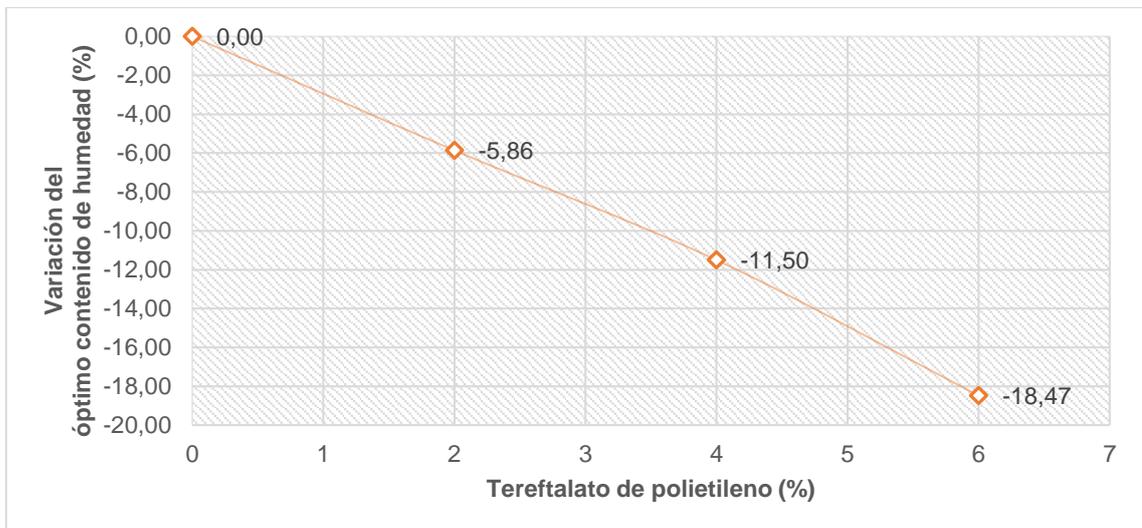


Figura 35. Variación del óptimo contenido de humedad en los suelos.

CBR al 100 % de la MDS

En la Tabla 30 se encuentra el análisis de los resultados del CBR al 100 % de la máxima densidad seca de cada suelo estudiado, en ese sentido fueron obtenidos los promedios y desviaciones estándar para cada tipo de suelo, siendo de 3.23 % con una desviación del 0.15 % para el suelo patrón, 4.53 % y desviación de 0.25 % para el suelo + 2 % de tereftalato, 6.40 % y una

desviación de 0.20 % del suelo + 4 % de tereftalato, y por último un CBR promedio de 8.57 % con una desviación estándar de 0.32 % para el suelo + 6 % de tereftalato de polietileno.

Tabla 30. Análisis de los resultados del CBR al 100 % de la MDS en los suelos.

Muestras	Desviación estándar	CBR 100 %	Variación (%)
Suelo patrón	0.15	3.23	0.00
Suelo + 2 % tereftalato	0.25	4.53	40.21
Suelo + 4 % tereftalato	0.20	6.40	97.94
Suelo + 6 % tereftalato	0.32	8.57	164.95

En la Figura 36, se presenta de forma gráfica el promedio de CBR al 100 % obtenido por cada suelo de acuerdo a la cantidad de tereftalato de polietileno añadido, de este modo, se observa una relación entre un mayor CBR a medida que aumenta el tereftalato en el suelo.

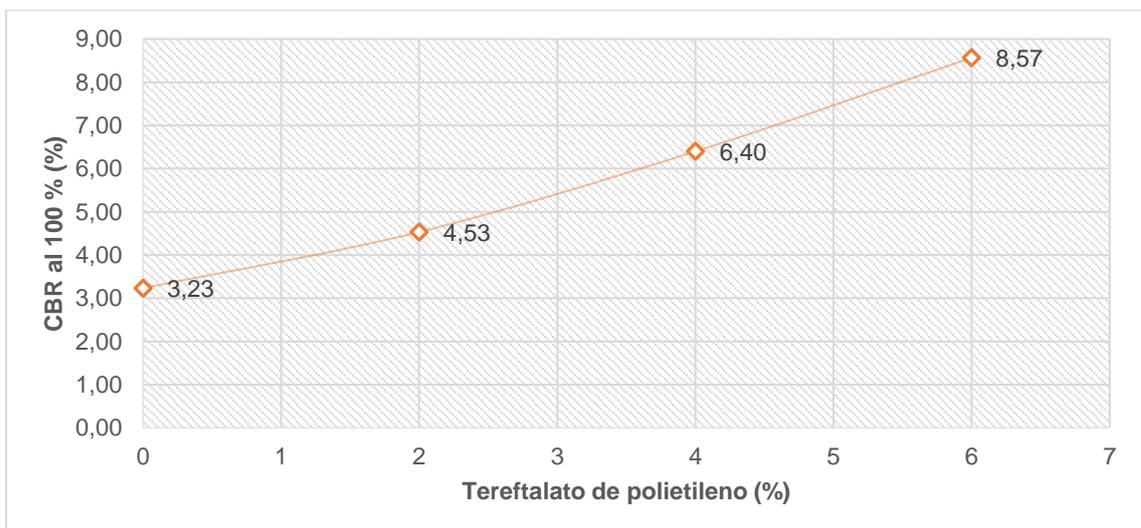


Figura 36. Resultados del CBR al 100 % de la MDS en los suelos.

Así mismo, la Figura 37 adjunta la variación del CBR del suelo de acuerdo al porcentaje de polietileno añadido respecto al CBR al 100 % de la MDS del suelo patrón, siendo evidente el cambio, pues el suelo + 6 % de tereftalato es un 164.95 % mayor al del suelo sin modificar.

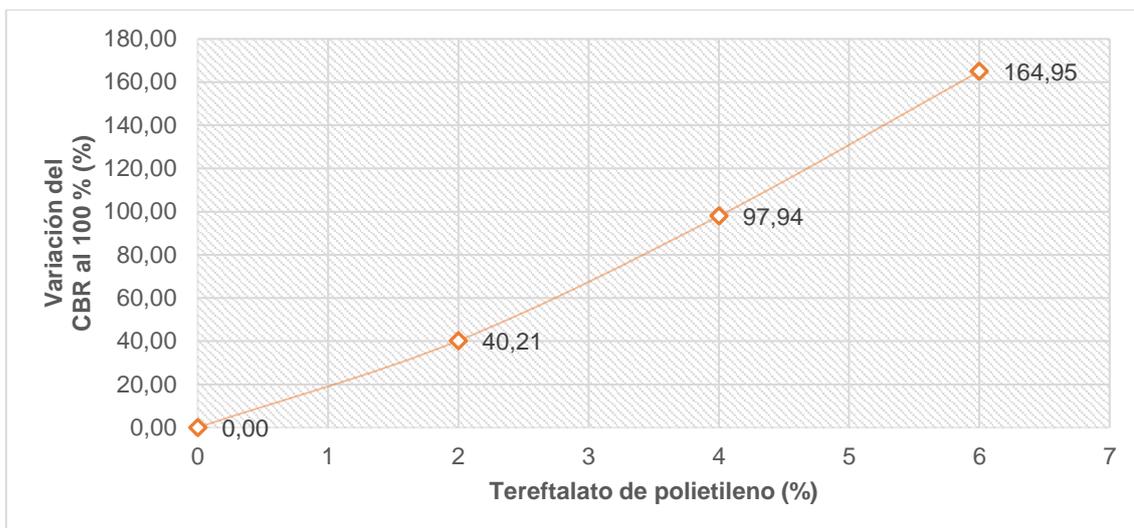


Figura 37. Variación del CBR al 100 % de la MDS en los suelos.

CBR al 95 % de la MDS

En la misma línea, la Tabla 31 presenta los resultados del análisis de los registrados del CBR al 95 % de la máxima densidad seca de los suelos que fueron presentados en la tabla 27, obteniendo de este modo los promedios, desviaciones estándar y la variación del parámetro respecto al suelo patrón, en ese sentido el suelo patrón presentó un CBR de 1.9 % con una desviación estándar de 0.00 %, el suelo + 2 % de tereftalato presentó un CBR de 2.5 % y una desviación de 0.61 %, el suelo + 4 % alcanzó un CBR de 4.17 % con una desviación estándar de 0.45 %, y el suelo + 6 % de tereftalato de polietileno llegó a un CBR promedio de 6.13 % con una desviación estándar de apenas 0.31 %.

Tabla 31. Análisis de los resultados del CBR al 95 % de la MDS en los suelos.

Muestras	Desviación estándar	CBR 95 %	Variación (%)
Suelo patrón	0.00	1.90	0.00
Suelo + 2 % tereftalato	0.61	2.50	31.58
Suelo + 4 % tereftalato	0.45	4.17	119.30
Suelo + 6 % tereftalato	0.31	6.13	222.81

La Figura 38, presenta el aumento existente del CBR al 95 % a medida que aumenta el porcentaje de tereftalato de polietileno añadido al suelo.

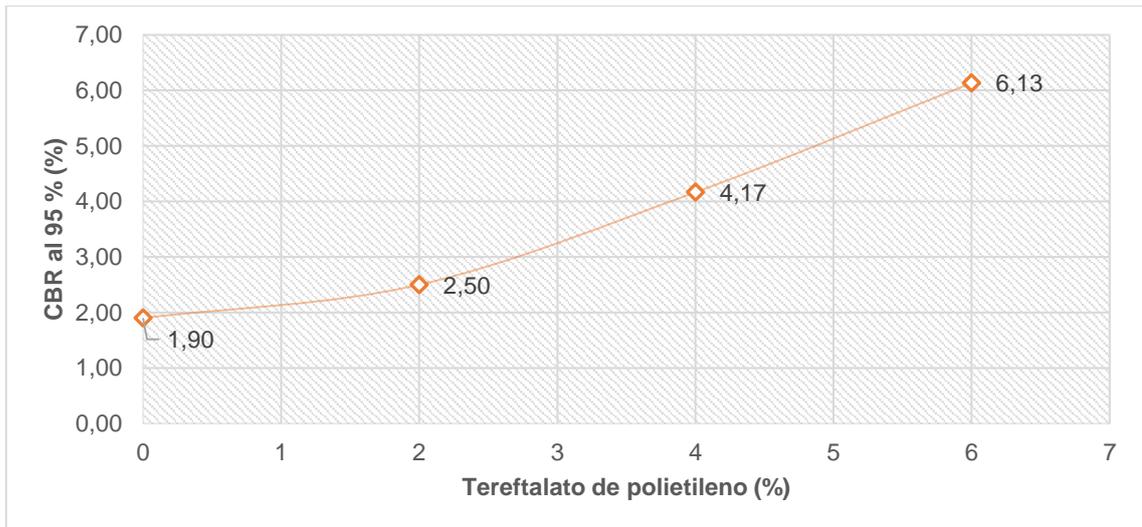


Figura 38. Resultados del CBR al 95 % de la MDS en los suelos.

Finalmente, se adjunta la Figura 39 donde se exhiben las variaciones del CBR de los suelos modificados con tereftalato de polietileno con comparación con el suelo sin modificación alguna, aquí se hace más claro lo mencionado anteriormente, mostrando un tremendo aumento de esta propiedad a mayores inclusiones de tereftalato en el suelo, haciendo que el suelo con 6 % de tereftalato tenga un CBR un 222.81 % mayor al CBR registrado por el suelo patrón.

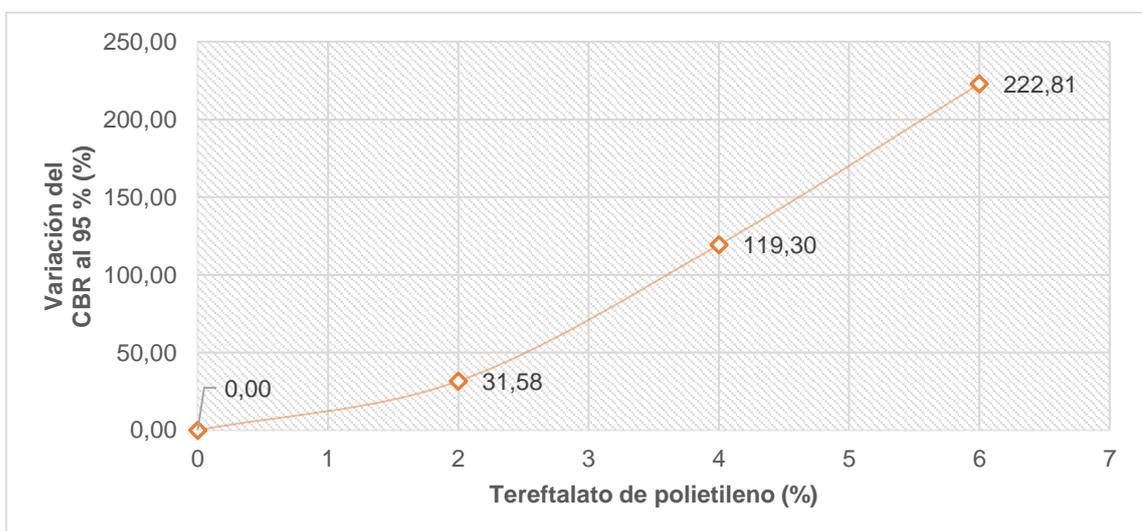


Figura 39. Variación del CBR al 95 % de la MDS en los suelos.

5.1.3. Costo del uso de PET

Para poder estimar la factibilidad del uso del PET en las diferentes proporciones obtenidas se ha estimado su costo, el cual se muestra en la siguiente figura y son complementadas en los anexos, con la determinación de sus costos unitarios.

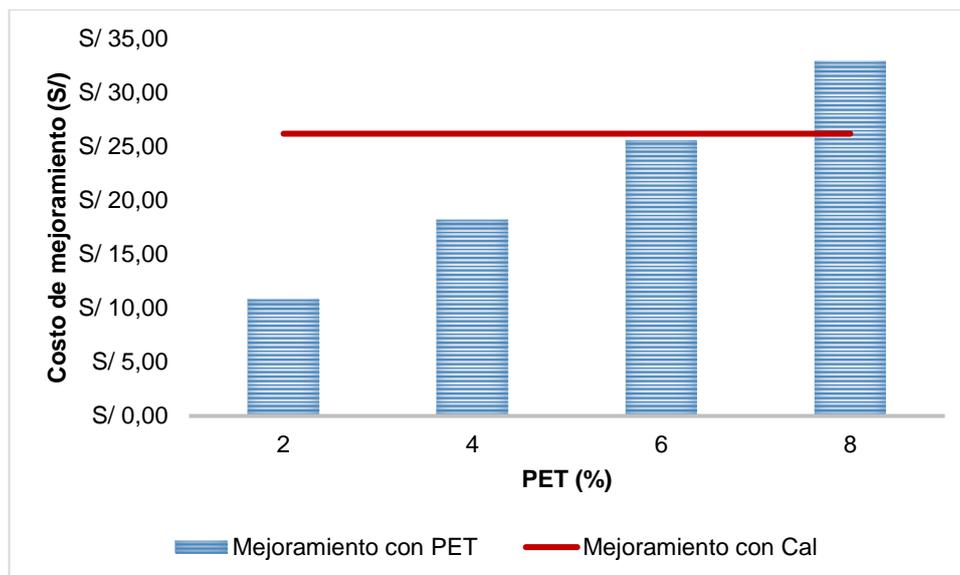


Figura 40. Comparación del costo para el mejoramiento del suelo con el uso del PET

De manera complementaria al estudio, se ha estimado el costo del uso del PET reciclado, obteniéndose de esta manera los siguientes resultados:

Tabla 32. Comparación de costos unitarios para el mejoramiento de la subrasante.

Mejoramiento	Mano de obra	Materiales	Herramientas	Total
Suelo con 6% de PET	S/ 0.64	S/ 22.08	S/ 2.85	S/ 25.57
Suelo con 10% de cemento	S/ 0.64	S/ 21.26	S/ 2.85	S/ 24.75
Suelo con 8% con cal viva	S/ 0.64	S/ 22.71	S/ 2.85	S/ 26.20

En la siguiente figura, se muestra el costo comparativo de la mano de obra, los materiales y las herramientas utilizadas, denotándose principalmente que la mayor diferencia entre los diversos tratamientos corresponde a los materiales necesarios para su aplicación.

Complementariamente, es preciso mencionar que los costos asumidos fueron determinados en función a los estimado por (Fuentes 2021) y (Yajahuanca 2021) y complementados con lo recomendado por la norma establecida por el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones 2014).

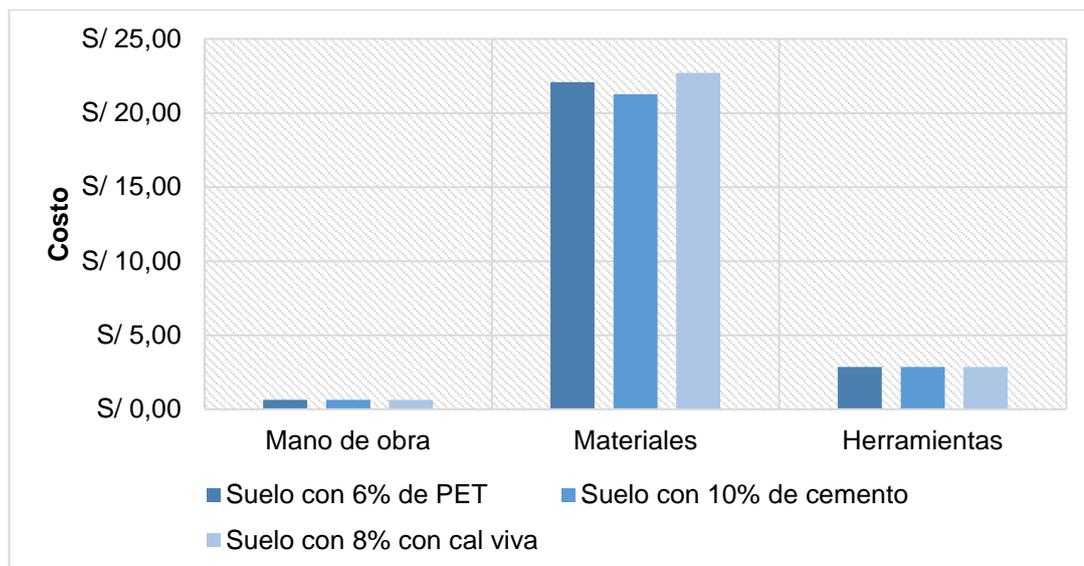


Figura 41. Comparación de mano de obra, material y herramientas.

Finalmente, el precio para el mejoramiento de subrasante con PET y otros aditivos más utilizados (cemento y cal) se muestran en la siguiente tabla, donde se puede inferir que es más económico que el uso de Cal, pero es más caro que el cemento; sin embargo, en función a sus beneficios, el PET resulta una buena alternativa de mejoramiento, especialmente en zonas de altas producciones de plástico que no poseen una adecuada disposición.

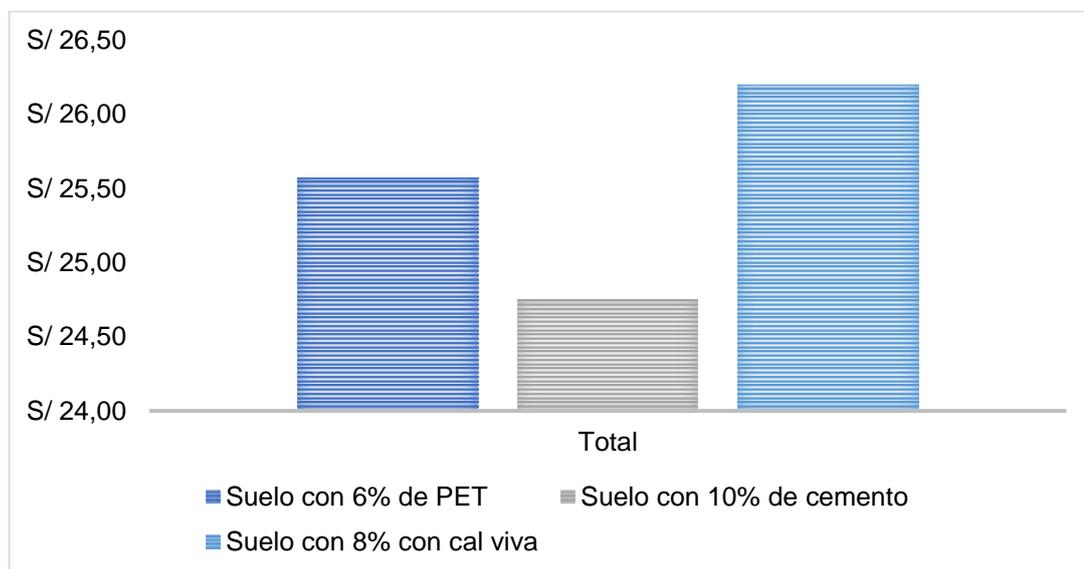


Figura 42. Comparación del precio de mejoramiento de subrasante.

5.2. Contrastación de hipótesis

Ante la necesidad de poder comprobar la verdadera influencia de la adición del tereftalato de polietileno sobre las propiedades del suelo, fue realizado el análisis

estadístico sobre todos los registros obtenidos de cada ensayo para todas las muestras de suelo. En ese sentido, se inició con las pruebas de normalidad sobre las propiedades físicas y mecánicas del suelo, a fin de determinar el tipo de distribución a los que se ajustan los datos, para proseguir con las pruebas paramétricas y no paramétricas según sea el caso.

5.2.1. Prueba de normalidad

En la Tabla 33, se adjuntan los resultados de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk aplicado sobre los registros de la tabla 8 y la tabla 21. De este modo, pudo comprobarse que los datos del contenido de arena y contenido de humedad de los suelos no se ajustan a una distribución normal debido a que presentan significancias menores a 0.05, por otro lado, los datos de las propiedades físicas de contenido de arena, contenido de finos y los límites de consistencia tienen una significancia superior al 5 % y por lo tanto tienen una distribución normal, por lo que serán analizadas con una prueba paramétrica.

Tabla 33. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para las propiedades físicas de los suelos.

Grupos		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Grava	Suelo patrón	0.96	3	0.64
	Suelo + 2 % de tereftalato	0.90	3	0.40
	Suelo + 4 % de tereftalato	0.88	3	0.33
	Suelo + 6 % de tereftalato	1.00	3	0.92
Arena	Suelo patrón	0.87	3	0.30
	Suelo + 2 % de tereftalato	0.75	3	0.00
	Suelo + 4 % de tereftalato	1.00	3	0.90
	Suelo + 6 % de tereftalato	0.99	3	0.78
Finos	Suelo patrón	0.84	3	0.22
	Suelo + 2 % de tereftalato	0.89	3	0.35
	Suelo + 4 % de tereftalato	0.82	3	0.17
	Suelo + 6 % de tereftalato	0.98	3	0.73
Contenido de humedad	Suelo patrón	0.92	3	0.46
	Suelo + 2 % de tereftalato	0.75	3	0.00
	Suelo + 4 % de tereftalato	0.96	3	0.64
	Suelo + 6 % de tereftalato	1.00	3	1.00
Límite líquido	Suelo patrón	0.92	3	0.46
	Suelo + 2 % de tereftalato	0.89	3	0.36
	Suelo + 4 % de tereftalato	1.00	3	1.00
	Suelo + 6 % de tereftalato	0.96	3	0.64
Límite plástico	Suelo patrón	0.85	3	0.25
	Suelo + 2 % de tereftalato	0.88	3	0.33
	Suelo + 4 % de tereftalato	0.99	3	0.78

	Suelo + 6 % de tereftalato	0.96	3	0.64
Índice de plasticidad	Suelo patrón	0.96	3	0.64
	Suelo + 2 % de tereftalato	0.99	3	0.84
	Suelo + 4 % de tereftalato	0.98	3	0.73
	Suelo + 6 % de tereftalato	0.87	3	0.30

De igual forma en la Tabla 34 se muestran los resultados de la prueba de normalidad realizada con los registros de las propiedades mecánicas de los suelos consignadas en la Tabla 27. Aquí se obtuvo que los datos de la máxima densidad seca y del CBR al 95 % de la MDS tienen significancias menores a 0.05 teniendo distribuciones no normales, siendo analizados mediante una prueba no paramétrica, caso contrario lo ocurrido con las propiedades del óptimo contenido de humedad y del CBR al 100 % de la MDS cuyos niveles de significancia se encontraron en rangos mayores a 0.05, ajustándose a un tipo de distribución normal, por lo que su análisis fue realizado a partir de pruebas paramétricas.

Tabla 34. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para las propiedades mecánicas de los suelos.

Grupos		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Máxima densidad seca	Suelo patrón		3	
	Suelo + 2 % de tereftalato	0.75	3	0.00
	Suelo + 4 % de tereftalato	0.75	3	0.00
	Suelo + 6 % de tereftalato	0.75	3	0.00
Óptimo contenido de humedad	Suelo patrón	0.95	3	0.58
	Suelo + 2 % de tereftalato	0.81	3	0.14
	Suelo + 4 % de tereftalato	0.98	3	0.70
	Suelo + 6 % de tereftalato	1.00	3	0.95
CBR al 100 %	Suelo patrón	0.96	3	0.64
	Suelo + 2 % de tereftalato	0.99	3	0.78
	Suelo + 4 % de tereftalato	1.00	3	1.00
	Suelo + 6 % de tereftalato	0.87	3	0.30
CBR al 95 %	Suelo patrón		3	
	Suelo + 2 % de tereftalato	0.82	3	0.16
	Suelo + 4 % de tereftalato	1.00	3	0.88
	Suelo + 6 % de tereftalato	0.96	3	0.64

5.2.2. Hipótesis específica “a”

Planteadas las hipótesis:

H_i: El tereftalato de polietileno reciclado incide significativamente en las propiedades físicas de suelos finos para subrasante.

H₀: El tereftalato de polietileno reciclado no incide significativamente en las propiedades físicas de suelos finos para subrasante.

Fue desarrollada la prueba Kruskal-Wallis para los registros de las propiedades físicas de contenido de arena y contenido de humedad, pues estos datos no se ajustaban a un tipo de distribución normal. Esto se muestra en la Tabla 35, donde además es posible apreciar que en ambos casos la significancia es mayor a 0.05, por lo que se puede decir que en ambos casos no existen diferencias significativas entre los diferentes tipos de suelos al añadir tereftalato de polietileno.

Tabla 35. Resumen de prueba Kruskal-Wallis para la hipótesis específica “a” – contenido de arena y contenido de humedad.

Propiedad	N total	Estadístico de prueba	Grado de libertad	Sig. asintótica (prueba bilateral)
Arena	12	2.72 ^a	3	0.35
Contenido de humedad	12	3.25 ^a	3	0.44

En la Tabla 36, se adjunta la comparación de grupos para las propiedades del contenido de arena y el contenido de humedad de los suelos confirmando que con significancias mayores al 5 %, no existen cambios significativos en estas propiedades debido a la adición de diferentes cantidades de tereftalato de polietileno en el suelo.

Tabla 36. Comparación de grupos para la hipótesis específica “a” – contenido de arena y contenido de humedad.

Propiedad	Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de prueba	Error estándar	Estadístico de prueba estándar	Sig.	Sig. ajust. ^a
Arena	Suelo + 6 % de tereftalato-Suelo patrón	1.00	2.91	0.34	0.73	1.00
	Suelo + 6 % de tereftalato-Suelo + 4 % de tereftalato	1.17	2.91	0.40	0.69	1.00
	Suelo + 6 % de tereftalato-Suelo + 2 % de tereftalato	4.50	2.91	1.55	0.12	0.73
	Suelo patrón-Suelo + 4 % de tereftalato	-0.17	2.91	-0.06	0.95	1.00
	Suelo patrón-Suelo + 2 % de tereftalato	-3.50	2.91	-1.20	0.23	1.00
	Suelo + 4 % de tereftalato-Suelo + 2 % de tereftalato	3.33	2.91	1.15	0.25	1.00

Contenido de humedad	Suelo + 2 % de tereftalato-Suelo + 4 % de tereftalato	-3.67	2.92	-1.25	0.21	1.00
	Suelo + 2 % de tereftalato-Suelo patrón	4.33	2.92	1.48	0.14	0.83
	Suelo + 2 % de tereftalato-Suelo + 6 % de tereftalato	-4.67	2.92	-1.60	0.11	0.66
	Suelo + 4 % de tereftalato-Suelo patrón	0.67	2.92	0.23	0.82	1.00
	Suelo + 4 % de tereftalato-Suelo + 6 % de tereftalato	-1.00	2.92	-0.34	0.73	1.00
	Suelo patrón-Suelo + 6 % de tereftalato	-0.33	2.92	-0.11	0.91	1.00

En la Tabla 37 se muestran los resultados de la prueba paramétrica ANOVA de un factor para las propiedades físicas evaluadas y cuyos datos se ajustan a una distribución normal, tal como fue determinado en la Tabla 33. En este caso, también se aprecia que las significancias son mayores al 5 %, por lo que la adición de tereftalato de polietileno no tiene influencia sobre los pequeños cambios obtenidos en estas propiedades.

Tabla 37. ANOVA de un factor para la hipótesis específica “a” – contenido de grava y finos, y límites de consistencia.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Grava	Entre grupos	11.26	3.00	3.75	1.87	0.21
	Dentro de grupos	16.07	8.00	2.01		
	Total	27.33	11.00			
Finos	Entre grupos	4.15	3.00	1.38	1.29	0.34
	Dentro de grupos	8.60	8.00	1.08		
	Total	12.75	11.00			
Límite líquido	Entre grupos	0.14	3.00	0.05	0.84	0.51
	Dentro de grupos	0.43	8.00	0.05		
	Total	0.57	11.00			
Límite plástico	Entre grupos	0.08	3.00	0.03	0.14	0.93
	Dentro de grupos	1.53	8.00	0.19		
	Total	1.61	11.00			
Índice de plasticidad	Entre grupos	0.06	3.00	0.02	0.17	0.91
	Dentro de grupos	0.97	8.00	0.12		
	Total	1.03	11.00			

Para comprobar lo obtenido en la tabla anterior, en la Tabla 38 se adjuntan los resultados de la prueba Tukey comparando los resultados obtenidos de cada suelo modificado con el suelo patrón en las propiedades de distribución

normal. En ese sentido se comprueba lo mencionado anteriormente, pues a pesar de existir ligeros cambios en las propiedades físicas de los suelos al añadir tereftalato de polietileno, estos cambios ejercen una verdadera influencia sobre estos, en otras palabras, el añadir tereftalato de polietileno al suelo no incide en el cambio de estas propiedades.

Tabla 38. Prueba Tukey para la hipótesis específica “a” – contenido de grava y finos, y límites de consistencia.

Variable dependiente	I	J	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Grava	Suelo patrón	Suelo + 2 % de tereftalato	-0.07	1.16	1.00	-3.77	3.64
		Suelo + 4 % de tereftalato	0.90	1.16	0.86	-2.81	4.61
		Suelo + 6 % de tereftalato	2.33	1.16	0.26	-1.37	6.04
Finos	Suelo patrón	Suelo + 2 % de tereftalato	-1.33	0.85	0.44	-4.04	1.38
		Suelo + 4 % de tereftalato	-1.23	0.85	0.50	-3.94	1.48
		Suelo + 6 % de tereftalato	-1.47	0.85	0.37	-4.18	1.24
Límite líquido	Suelo patrón	Suelo + 2 % de tereftalato	0.17	0.19	0.82	-0.44	0.78
		Suelo + 4 % de tereftalato	0.27	0.19	0.53	-0.34	0.88
		Suelo + 6 % de tereftalato	0.03	0.19	1.00	-0.58	0.64
Límite plástico	Suelo patrón	Suelo + 2 % de tereftalato	0.20	0.36	0.94	-0.94	1.34
		Suelo + 4 % de tereftalato	0.20	0.36	0.94	-0.94	1.34
		Suelo + 6 % de tereftalato	0.17	0.36	0.96	-0.98	1.31
índice de plasticidad	Suelo patrón	Suelo + 2 % de tereftalato	-0.03	0.28	1.00	-0.94	0.88
		Suelo + 4 % de tereftalato	0.07	0.28	1.00	-0.84	0.98
		Suelo + 6 % de tereftalato	-0.13	0.28	0.96	-1.04	0.78

En la Tabla 39, se adjunta un solo subconjunto homogéneo del contenido de grava, pues no hay cambios entre cada tipo de suelo.

Tabla 39. Subconjuntos homogéneos para el contenido de grava.

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo + 6 % de tereftalato	3	10.00
Suelo + 4 % de tereftalato	3	11.43
Suelo patrón	3	12.33
Suelo + 2 % de tereftalato	3	12.40
Sig.		0.24

De igual forma en Tabla 40, al no existir diferencias entre los grupos de cada tipo de suelo solo se presenta un solo subconjunto homogéneo sobre el contenido de finos.

Tabla 40. Subconjuntos homogéneos para el contenido de finos.

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo patrón	3	51.30
Suelo + 4 % de tereftalato	3	52.53
Suelo + 2 % de tereftalato	3	52.63
Suelo + 6 % de tereftalato	3	52.77
Sig.		0.37

Siguiendo esta tendencia, en la Tabla 41 se muestra un solo subconjunto homogéneos del límite líquido.

Tabla 41. Subconjuntos homogéneos para el límite líquido.

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo + 4 % de tereftalato	3	33.70
Suelo + 2 % de tereftalato	3	33.80
Suelo + 6 % de tereftalato	3	33.93
Suelo patrón	3	33.97
Sig.		0.53

Los mismo en la Tabla 42, con un solo subconjunto para el límite plástico, ya que tampoco existen cambios significativos de esta propiedad al añadir distintas dosis de tereftalato de polietileno al suelo.

Tabla 42. Subconjuntos homogéneos para el límite plástico.

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo + 2 % de tereftalato	3	21.23
Suelo + 4 % de tereftalato	3	21.23
Suelo + 6 % de tereftalato	3	21.27
Suelo patrón	3	21.43
Sig.		0.94

Por último, en la Tabla 43 también se apreciará tan solo un subconjunto homogéneo respecto al índice de plasticidad al no hallarse cambios significativos influenciados por la adición de tereftalato de polietileno al suelo.

Tabla 43. Subconjuntos homogéneos para el índice de plasticidad.

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05
		1
Suelo + 4 % de tereftalato	3	12.47
Suelo patrón	3	12.53
Suelo + 2 % de tereftalato	3	12.57
Suelo + 6 % de tereftalato	3	12.67
Sig.		0.89

En línea con los resultados obtenidos es que se rechaza la hipótesis alterna H_1 y se acepta la hipótesis nula H_0 que dice: El tereftalato de polietileno reciclado no incide significativamente en las propiedades físicas de suelos finos para subrasante. Debido a que en ningún caso las pruebas paramétricas y no paramétricas dieron resultados con niveles de significancia inferiores a 0.05, por lo que no fue encontrada una incidencia significativa de la adición del tereftalato de polietileno al suelo sobre sus propiedades físicas.

5.2.3. Hipótesis específica “b”

Planteadas las hipótesis:

H_1 : El tereftalato de polietileno reciclado modifica significativamente las propiedades mecánicas de suelos finos para subrasante.

H_0 : El tereftalato de polietileno reciclado no modifica significativamente las propiedades mecánicas de suelos finos para subrasante.

Fue realizada la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis para los registros de los datos que no se ajustan a una distribución normal tal como fue mostrado en la Tabla 34. En ese sentido en la Tabla 44 se adjuntan los resultados sobre las propiedades mecánicas de máxima densidad seca y CBR al 95 % de la máxima densidad seca, donde se obtuvo una significancia de 0.01 en ambos casos lo que significa que la adición de tereftalato de polietileno influye en el suelo modifica significativamente ambas propiedades.

Tabla 44. Resumen de prueba Kruskal-Wallis para la hipótesis específica “b” – máxima densidad seca y CBR al 95 % de la MDS.

Propiedad	N total	Estadístico de prueba	Grado de libertad	Sig. asintótica (prueba bilateral)
Máxima densidad seca	12	10.65 ^a	3	0.01
CBR al 95 % de la MDS	12	10.53 ^a	3	0.01

Para comprobar cuales son las dosis de tereftalato que influyen en estas propiedades, en la Tabla 45 se presenta la comparación de grupos. Aquí se puede observar que, para ambas propiedades, las mayores dosis, es decir 4 y 6 % de tereftalato de polietileno, son las que modifican significativamente estas propiedades en comparación con el suelo patrón, pues en ambos casos obtienen significancias menores al 5 %.

Tabla 45. Comparación de grupos para la hipótesis específica “b” – máxima densidad seca y CBR al 95 % de la MDS.

Propiedad	Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de prueba	Error estándar	Estadístico de prueba estándar	Sig.	Sig. ajust. ^a
Máxima densidad seca	Suelo patrón-Suelo + 2 % de tereftalato	-3.00	2.91	-1.03	0.30	1.00
	Suelo patrón-Suelo + 4 % de tereftalato	-6.00	2.91	-2.06	0.04	0.23
	Suelo patrón-Suelo + 6 % de tereftalato	-9.00	2.91	-3.10	0.00	0.01
	Suelo + 2 % de tereftalato-Suelo + 4 % de tereftalato	-3.00	2.91	-1.03	0.30	1.00
	Suelo + 2 % de tereftalato-Suelo + 6 % de tereftalato	-6.00	2.91	-2.06	0.04	0.23
	Suelo + 4 % de tereftalato-Suelo + 6 % de tereftalato	-3.00	2.91	-1.03	0.30	1.00
CBR al 95 % de la MDS	Suelo patrón-Suelo + 2 % de tereftalato	-3.00	2.92	-1.03	0.30	1.00
	Suelo patrón-Suelo + 4 % de tereftalato	-6.00	2.92	-2.05	0.04	0.24
	Suelo patrón-Suelo + 6 % de tereftalato	-9.00	2.92	-3.08	0.00	0.01
	Suelo + 2 % de tereftalato-Suelo + 4 % de tereftalato	-3.00	2.92	-1.03	0.30	1.00
	Suelo + 2 % de tereftalato-Suelo + 6 % de tereftalato	-6.00	2.92	-2.05	0.04	0.24

	Suelo + 4 % de tereftalato-Suelo + 6 % de tereftalato	-3.00	2.92	-1.03	0.30	1.00
--	---	-------	------	-------	------	------

A continuación, en la Tabla 46 se presentan los resultados de la prueba paramétrica ANOVA de un factor, realizada sobre las propiedades de óptimo contenido de humedad y CBR al 100 % de la MDS, pues sus datos se ajustan a una distribución normal. Al igual que con las otras propiedades mecánicas evaluadas en la presente investigación, estas también presentan niveles de significancia menores al 5 %, siendo estas del 0 %, por lo que se comprueba que la inclusión de tereftalato de polietileno en el suelo de alto contenido de finos modifica de forma significativa a ambas propiedades.

Tabla 46. ANOVA de un factor para la hipótesis específica “b” – óptimo contenido de humedad y CBR al 100 % de la MDS.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Óptimo contenido de humedad	Entre grupos	13.12	3.00	4.37	149.74	0.00
	Dentro de grupos	0.23	8.00	0.03		
	Total	13.36	11.00			
CBR al 100 %	Entre grupos	48.46	3.00	16.15	280.91	0.00
	Dentro de grupos	0.46	8.00	0.06		
	Total	48.92	11.00			

Para reconocer apropiadamente las dosis con las que se obtienen las modificaciones significativas, en la Tabla 47 se exponen los resultados de la prueba Tukey realizada con los registros de las propiedades mecánicas de óptimo contenido de humedad y CBR al 100 % de la MDS. En esta tabla se puede observar que con todas las dosis utilizadas se obtienen niveles de significancia de 0.00, y al ser menores a 0.05, se puede decir que todas influyen en la reducción del óptimo contenido de humedad y el aumento de CBR tal como muestran las diferencias de medias.

Tabla 47. Prueba Tukey para la hipótesis específica “b” – óptimo contenido de humedad y CBR al 100 % de la MDS.

Variable dependiente	I	J	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
	Suelo patrón	Suelo + 2 % de tereftalato	0.90*	0.14	0.00	0.45	1.34

Óptimo contenido de humedad		Suelo + 4 % de tereftalato	1.76*	0.14	0.00	1.31	2.21
		Suelo + 6 % de tereftalato	2.83*	0.14	0.00	2.38	3.27
CBR al 100 %	Suelo patrón	Suelo + 2 % de tereftalato	-1.30*	0.20	0.00	-1.93	-0.67
		Suelo + 4 % de tereftalato	-3.17*	0.20	0.00	-3.79	-2.54
		Suelo + 6 % de tereftalato	-5.33*	0.20	0.00	-5.96	-4.71

En ese sentido, en la Tabla 48 se presentan los subconjuntos homogéneos del óptimo contenido de humedad. En este caso se presentan cuatro subgrupos, uno por cada tipo de suelo, es decir que la adición de una dosis diferente de tereftalato hace que el óptimo contenido de humedad obtenido sea significativamente distinto a otro.

Tabla 48. Subconjuntos homogéneos para el óptimo contenido de humedad.

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Suelo + 6 % de tereftalato	3	12.47			
Suelo + 4 % de tereftalato	3		13.54		
Suelo + 2 % de tereftalato	3			14.40	
Suelo patrón	3				15.30
Sig.		1.00	1.00	1.00	1.00

Finalmente, en la Tabla 49, también se presentan cuatro subconjuntos homogéneos del CBR al 100 % de la MDS, esto quiere decir de igual manera que con el óptimo contenido de humedad, que cada dosis de tereftalato de polietileno sobre el suelo obtiene un CBR distinto, evidenciándose mucho más la influencia del material sobre el CBR al 100 % de cada suelo.

Tabla 49. Subconjuntos homogéneos para el CBR al 100 % de la MDS.

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Suelo patrón	3	3.23			
Suelo + 2 % de tereftalato	3		4.53		
Suelo + 4 % de tereftalato	3			6.40	
Suelo + 6 % de tereftalato	3				8.57
Sig.		1.00	1.00	1.00	1.00

En base a los resultados de la prueba estadística, es que se acepta la hipótesis alterna H_1 que dice: El tereftalato de polietileno reciclado modifica significativamente las propiedades mecánicas de suelos finos para subrasante. Ya que se observaron reducciones significativas del óptimo contenido de humedad y aumentos significativos de la máxima densidad seca y los CBR al 95 y 100 % de la MDS. En otras palabras, la adición de tereftalato de polietileno en el suelo modifica estas propiedades, mejorando la calidad del suelo.

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Propiedades físicas de suelos

La granulometría del suelo, es un aspecto relevante para obtener la clasificación del suelo y con la que se puede inferir algunas de las propiedades mecánicas. Los resultados obtenidos en laboratorio mostraron que la muestra patrón presentó un 12.33 % de gravas, la cual se redujo hasta 18.92 %, mientras que la cantidad de gravas presentó un ligero incremento de 2.39 %, al igual que la cantidad de finos donde se observó el incremento de 51.30 % a 52.77 %. Los valores determinados muestran que el uso del PET tiene un mayor efecto en las gravas, reduciendo su cantidad, lo cual puede ser perjudicial, pues el MTC (2014) establece que el suelo presenta mejores comportamientos mecánicos cuando posee material granular en su composición.

Estadísticamente, el análisis mostró que la cantidad de gravas, arena y finos no presentaron variaciones significativas pues el valor de “p” fue mayor a 0.05. Este comportamiento concuerda con lo estimado por Marquez (2019), que en su investigación menciona que el uso del PET en el suelo, no modifica la cantidad de grava, arena y finos del suelo, y por ende la clasificación, además es preciso mencionar que la mayoría de los antecedentes no establecen un comportamiento claro del suelo con adiciones de PET en su composición, dejando el estudio de la granulometría como parte del procedimiento de clasificación del suelo patrón.

Los límites de consistencia tienen gran importancia para la estimación del índice de plasticidad, pues es un indicador para la clasificación del suelo, además de ser un indicador de la plasticidad de los suelos. Los resultados obtenidos en laboratorio y que se describen en la Tabla 24 muestran una tendencia negativa, en la cual se reduce hasta en 0.79 % respecto al valor patrón, dicho comportamiento fue similar a lo obtenido en el límite plástico, pero difiere con lo estimado en el índice de plasticidad, en el que la tendencia negativa no es constante. Si bien se puede denotar cambios entre el valor del índice de plasticidad, dichos valores no pueden interpretarse como adecuados, pues de acuerdo a la clasificación establecida por el

MTC (2014), su valor inicial y final, se interpreta como de “baja plasticidad”, ya que suelos ideales deben poseer un valor del IP menor a 7.

Estadísticamente el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad no presentan variaciones significativas, tal como se muestra en la Tabla 37, lo cual implica que el uso del PET en el suelo no presenta efectos adversos en las propiedades del suelo. Dicho comportamiento concuerda con lo establecido por Marquez (2019), quien determinó que el uso del PET no modifica los valores de los principales límites de consistencia del suelo.

En consecuencia, los resultados descritos dan a conocer que el uso del PET no tiene efectos significativos en las propiedades físicas de suelos finos, por lo que el uso del PET en el suelo es factible desde un punto de vista estadístico y técnico.

6.2. Propiedades mecánicas de suelos

Las propiedades mecánicas de los suelos finos para el uso en subrasantes son importantes, tal como menciona Hernández (2008) respecto a la compactación que incrementa la resistencia a corte el mismo que se ve reflejado en el índice de CBR, mejorando la estabilidad y la capacidad de carga en el pavimento, asimismo, reduce la permeabilidad por la reducción de vacíos y la potencialidad frente a acciones de contracción o expansión que se produzca por el descongelamiento.

Ante ello, en la presente investigación se procedió a evaluar dentro de las propiedades mecánicas a la máxima densidad seca que va ligado a la máxima densidad seca y el CBR tanto al 95 % y 100 % de la MDS. Respecto a la MDS se encontró que al adicionar 2, 4 y 6 % de tereftalato de polietileno, tiende a incrementarse en hasta 5.84 % lo cual se ve reflejado en la reducción del óptimo contenido de humedad en hasta 18.47 %; por el ende el CBR al 95 % de la MDS logró incrementarse hasta alcanzar un 222.81 % más de lo obtenido para el suelo patrón, siendo apto actuar como subrasante, pues según el MTC (2014) el CBR mínimo deberá ser de 6 %.

Del análisis estadístico se encontró que los cambios presentados en la máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad y el CBR tanto al 95 % y 100 % fueron significativos estadísticos con una significancia de 0.00 pues ello resultó menor a 0.05 que representa una 0.95 de confiabilidad. Asimismo, en la comparación de

grupos se encontró que en la máxima densidad seca, CBR al 95 % y 100 % de la MDS los incrementos fueron estadísticamente significativos con 2 % y 4 % de tereftalato de polietileno, a diferencia del óptimo contenido de humedad cuyas reducciones fueron significativas con cada una de las dosificaciones realizadas.

En relación con los antecedentes nacionales de la investigación se tiene a Capia (2020) que al considerar PET reciclado en relación al peso de la muestra logró incrementar la resistencia del suelo, mientras que la densidad tendió a reducirse; asimismo, Márquez (2019) también concuerda con lo señalado pues encontró incrementos del CBR con la adición de PET. En cuanto a Quispe y Sañac (2019) al incluir PET lograron incrementar el CBR en hasta 129 % lo cual trajo consigo la reducción de la expansión del suelo.

Mientras que, con los antecedentes internacionales se encontró que Carvajal y Garzón (2019) incrementaron el CBR del suelo al adicionar fibras de PET lo cual resulta similar a lo obtenido, asimismo, Muñoz y Aponte (2019) determinó que el emplear fibras de PET incrementa la resistencia de suelos finos.

Por lo tanto, se tiene que la adición de tereftalato de polietileno al suelo fino mejora significativamente las propiedades mecánicas de los mismos, lo cual lo hace factible como estabilizador de suelo de subrasante.

CONCLUSIONES

1. El 6 % de tereftalato de polietileno reciclado mejora las propiedades mecánicas de suelos finos del tipo A – 6 (3) para su uso en subrasantes incrementando su capacidad de soporte, pues se incrementó de 1.90 % a 6.13 % en comparación de la muestra patrón, mientras que las propiedades físicas se mantuvieron relativamente constantes pues se denotó un ligero incremento del índice de plasticidad de 1.06 %; además es importante resaltar que el costo de otras adiciones como el 8% de tereftalato de polietileno resulta más elevado que otras, como la cal.
2. El tereftalato de polietileno reciclado reduce las propiedades físicas de suelos finos para subrasante, esto a pesar de que se redujo el contenido de gravas al emplear 6 % de tereftalato de polietileno en 18.92 %, se incrementa el contenido de arenas y finos en 2.39 % y 2.86 %. En cuanto a la humedad del suelo de subrasante llegó a incrementarse en hasta 0.57 %. Respecto al límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se redujeron mínimamente en hasta 0.79 %, 0.93 % y 0.53 %.
3. El tereftalato de polietileno reciclado incrementa las propiedades mecánicas de suelos finos para subrasante, pues al emplear 6% de tereftalato de polietileno aumentó la máxima densidad seca en 5.84 % y reducción del óptimo contenido de humedad en 18.47 %. Respecto a la capacidad de soporte del suelo representado por el CBR al 95 % y 100 % de la máxima densidad seca presentó un incremento de 222.81 % y 164.95 % en comparación de lo encontrado para el suelo natural con un CBR inicial de 1.90 %, lo cual llegó a alcanzar un CBR al 95 % de 6.13 % lográndose una subrasante apta.

RECOMENDACIONES

1. La dosificación óptima es 6 % de tereftalato de polietileno, por lo tanto, se recomienda tal valor para mejorar las propiedades del suelo que será empleado en subrasante, específicamente un tipo A – 6 (3), además que con este porcentaje, se determinó un valor más económico en comparación a la cal o un 8 % de PET.
2. Es dable el empleo de 6 % de tereftalato de polietileno en el suelo porque al no variarse las propiedades físicas el material no se alteró.
3. Para lograr un material apto para subrasante cuando este sea del tipo A – 6 (3) se recomienda emplear 6 % de tereftalato de polietileno, con lo cual se asegurará incrementar el CBR del suelo en hasta 222.81 % más en relación de lo encontrado para un suelo sin mejoramiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARBELÁEZ, J. y GÓNGORA, D., 2019. *Refuerzo de estructuras terreas utilizando tereftalato de polietileno (PET)*. Ibagué: Universidad de Ibagué.
2. BAÑÓN, L. y BEVIÁ, J., 2000. *Manual de carreteras Volumen II*. Ortiz e hi. España: Universidad de Alicante.
3. BERNAL, C., 2006. *Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Segunda. México: Pearson Educación. ISBN 9702606454.
4. BRAJA, M.D., 2014. *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Cuarta edi. México: s.n.
5. CAPIA, C., 2020. *Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera Juliaca - Caminaca, 2019*. Juliaca: Universidad Peruana Unión.
6. CARVAJAL, A. y GARZÓN, R., 2019. *Evaluación de la resistencia de un suelo areno arcilloso con refuerzos de fibras PET*. Cundinamarca: Universidad Piloto de Colombia.
7. DEL CID, A., MENDEZ, R. y SANDOVAL, F., 2007. *Investigación. Fundamentos y metodología*. Primera. México: Pearson Educación. ISBN 9789702610755.
8. FUENTES, J., 2021. *Análisis comparativo en el mejoramiento de subrasante e impermeabilización entre el uso del aditivo iónico Proes y la cal viva en zonas urbanas no pavimentadas de la ensenada VII del distrito de Pimental, 2019*. S.l.: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
9. HERNÁNDEZ, J., 2008. *Características físicas y propiedades mecánicas de los suelos y sus métodos de medición*. S.l.: Universidad San Carlos de Guatemala.
10. HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación*. 5°. México D.F.: s.n. ISBN 9786071502919.
11. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA, 2014. Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2013. *INEI*, pp. 1-639.
12. INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SANTO DOMINGO, 2012. Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón. *Ciencia y Sociedad*, vol. 37, no. 3, pp. 293-334. ISSN 0378-7680. DOI 10.22206/cys. 2012.v37i3.pp293-334.
13. MARIA TSAKONA, ELAINE BAKER, ROSENDAHL APPELQUIST, MILES MACMILLAN-LAWLER, RAUBENHEIMER, ROMAIN LANGEARD

- WOODALL, JOST DITTKRIST y TINA SCHOOLMEESTER, 2021. *Marine Litter and Plastic Waste Vital Graphics*. S.l.: s.n. ISBN 978-92-807-3888-9.
14. MARQUEZ, D., 2019. *Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, provincia de Morropón - Piura 2019*. Piura: Universidad Nacional de Piura.
 15. MTC, 2014. *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. 2014. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
 16. MUÑOZ, F. y APONTE, G., 2019. *Evaluación del comportamiento físico de un suelo fino con adición de fibras de polietileno de tereftalato (PET)*. Ibagué: Universidad de Ibagué.
 17. OPINIÓN, 2019. El 80 por ciento de las vías están en mal estado. *Diario Opinión*. Bolivia, mayo 2019. pp. 3.
 18. PALELLA, S. y MARTINS, F., 2012. *Metodología de la investigación cuantitativa*. Tercera. Caracas - Venezuela: FEDUPEL. ISBN 9802734454.
 19. PONCE, D., 2018. *Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha-Puyhuan Grande-Huancavelica*. S.l.: Universidad Nacional de Huancavelica.
 20. QUISPE, E. y SAÑAC, M., 2019. *Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018*. Abancay: Universidad Tecnológica de los Andes.
 21. YAJAHUANCA, V., 2021. *Análisis comparativo de costo unitario entre el pavimento rígido convencional y el pavimento de base estabilizada con suelo-cemento, Cajamarca*. S.l.: Universidad Privada del Norte.

ANEXOS

Anexo N° 01: matriz de consistencia

Tesis: “Efectos del tereftalato de polietileno reciclado en las propiedades de suelos finos para su uso en subrasantes”						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general: ¿Cuál es el efecto del tereftalato de polietileno reciclado en las propiedades de suelos finos para su uso en subrasantes?</p> <p>Problemas específicos: a) ¿Cómo incide el tereftalato de polietileno reciclado en las propiedades físicas de suelos finos para su uso en subrasantes? b) ¿En qué medida el tereftalato de polietileno reciclado modifica las propiedades mecánicas de suelos finos para su uso en subrasantes?</p>	<p>Objetivo general: Evaluar el efecto del tereftalato de polietileno reciclado en las propiedades de suelos finos para su uso en subrasantes.</p> <p>Objetivos específicos: a) Analizar cómo incide el tereftalato de polietileno reciclado en las propiedades físicas de los suelos finos para su uso en subrasantes. b) Establecer cómo el tereftalato de polietileno reciclado modifica las propiedades mecánicas de los suelos finos para su uso en subrasantes.</p>	<p>Hipótesis general: El tereftalato de polietileno reciclado mejora las propiedades físicas y mecánicas de suelos para subrasante.</p> <p>Hipótesis específicas: a) El tereftalato de polietileno reciclado incide significativamente en las propiedades físicas de suelos finos para subrasante. b) El tereftalato de polietileno reciclado modifica significativamente las propiedades mecánicas de suelos finos para subrasante.</p>	<p>Variable independiente (X): Tereftalato de polietileno reciclado. – Se utilizaron dosificaciones del 0 % (patrón), 2 %, 4 % y 6 % de PET respecto al peso seco del suelo</p> <p>Variable dependiente (Y): Propiedades de Suelos finos. – Se determinaron de acuerdo los siguientes ensayos: Granulometría, Límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, contenido de humedad, equivalente de arena, CBR y Proctor modificado.</p>	<p>- Porcentaje de adición</p> <p>- Propiedades físicas</p> <p>- Propiedades mecánicas</p>	<p>- Peso del PET</p> <p>- Límite líquido - Límite plástico - Granulometría - Índice de plasticidad - Contenido de humedad</p> <p>- CBR - Óptimo contenido de humedad - Máxima densidad seca</p>	<p>Método de investigación: En la investigación se aplicó el método científico.</p> <p>Tipo de investigación: La investigación fue del tipo aplicada.</p> <p>Nivel de investigación: El nivel de la presente investigación fue explicativo.</p> <p>Diseño de investigación: La presente investigación consideró el diseño experimental.</p> <p>Población: La población correspondió al suelo fino de la calle Áncash del asentamiento humano “San Gabriel” en el distrito de Comas, provincia y departamento de Lima</p> <p>Muestra: La muestra considerada en la presente investigación fue la misma de que la descrita en la población; debido a que se consideró un tipo de muestreo censal.</p>

Anexo N° 02: comparación del análisis de costos unitarios

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1101002 EFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES**
 Subpresupuesto **002 COMPARACIÓN DEL COSTO CON PET** Fecha presupuesto **29/11/2022**

Partida **01.01 MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE CON EL USO DE PET (2 %) e=0.20 m**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **1,300.0000** EQ. **1,300.0000** Costo unitario directo por : m2 **10.85**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0062	24.22	0.15
0101010004	OFICIAL	hh	0.5000	0.0031	19.12	0.06
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0246	17.28	0.43
0.64						
Materiales						
02621400010026	PET RECICLADO	kg		6.4000	1.15	7.36
7.36						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.64	0.03
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton	hm	1.0000	0.0062	130.00	0.81
03012000010003	MOTONIVELADORA CAT 120B	hm	1.0000	0.0062	228.04	1.41
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	0.9000	0.0055	108.53	0.60
2.85						

Partida **01.02 MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE CON EL USO DE PET (4 %) e=0.20 m**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **1,300.0000** EQ. **1,300.0000** Costo unitario directo por : m2 **18.21**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0062	24.22	0.15
0101010004	OFICIAL	hh	0.5000	0.0031	19.12	0.06
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0246	17.28	0.43
0.64						
Materiales						
02621400010026	PET RECICLADO	kg		12.8000	1.15	14.72
14.72						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.64	0.03
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton	hm	1.0000	0.0062	130.00	0.81
03012000010003	MOTONIVELADORA CAT 120B	hm	1.0000	0.0062	228.04	1.41
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	0.9000	0.0055	108.53	0.60
2.85						

Partida **01.03 MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE CON EL USO DE PET (6%) e=20 cm**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **1,300.0000** EQ. **1,300.0000** Costo unitario directo por : m2 **25.57**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0062	24.22	0.15
0101010004	OFICIAL	hh	0.5000	0.0031	19.12	0.06
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0246	17.28	0.43
0.64						
Materiales						
02621400010026	PET RECICLADO	kg		19.2000	1.15	22.08
22.08						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.64	0.03
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton	hm	1.0000	0.0062	130.00	0.81
03012000010003	MOTONIVELADORA CAT 120B	hm	1.0000	0.0062	228.04	1.41
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	0.9000	0.0055	108.53	0.60
2.85						

Fecha : 21/12/2022 10:25:41

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1101002 EFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES**

Subpresupuesto **002 COMPARACIÓN DEL COSTO CON PET**

Fecha presupuesto **29/11/2022**

Partida **01.04 MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE CON EL USO DE PET (8 %) e=0.20 m**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **1,300.0000** EQ. **1,300.0000** Costo unitario directo por : m2 **32.93**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0062	24.22	0.15
0101010004	OFICIAL	hh	0.5000	0.0031	19.12	0.06
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0246	17.28	0.43
0.64						
Materiales						
02621400010026	PET RECICLADO	kg		25.6000	1.15	29.44
29.44						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.64	0.03
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton	hm	1.0000	0.0062	130.00	0.81
03012000010003	MOTONIVELADORA CAT 120B	hm	1.0000	0.0062	228.04	1.41
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	0.9000	0.0055	108.53	0.60
2.85						

Fecha : 21/12/2022 10:25:41

Análisis de precios unitarios

Presupuesto **1101002 EFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES**
 Subpresupuesto **001 TRATAMIENTOS DE SUELOS** Fecha presupuesto **29/11/2022**

Partida **01.01 MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE CON EL USO DE PET (6%) e=20 cm**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **1,300.0000** EQ. **1,300.0000** Costo unitario directo por : m2 **25.57**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0062	24.22	0.15
0101010004	OFICIAL	hh	0.5000	0.0031	19.12	0.06
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0246	17.28	0.43
0.64						
Materiales						
02621400010026	PET RECICLADO	kg		19.2000	1.15	22.08
22.08						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.64	0.03
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton	hm	1.0000	0.0062	130.00	0.81
03012000010003	MOTONIVELADORA CAT 120B	hm	1.0000	0.0062	228.04	1.41
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	0.9000	0.0055	108.53	0.60
2.85						

Partida **01.02 MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE CON CEMENTO (10%), e=20 cm**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **1,300.0000** EQ. **1,300.0000** Costo unitario directo por : m2 **24.75**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0062	24.22	0.15
0101010004	OFICIAL	hh	0.5000	0.0031	19.12	0.06
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0246	17.28	0.43
0.64						
Materiales						
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.7875	27.00	21.26
21.26						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.64	0.03
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton	hm	1.0000	0.0062	130.00	0.81
03012000010003	MOTONIVELADORA CAT 120B	hm	1.0000	0.0062	228.04	1.41
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	0.9000	0.0055	108.53	0.60
2.85						

Partida **01.03 MEJORAMIENTO DE LA SUB-RASANTE CON CAL VIVA (8%), e=20 cm**

Rendimiento **m2/DIA** MO. **1,300.0000** EQ. **1,300.0000** Costo unitario directo por : m2 **26.20**

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0062	24.22	0.15
0101010004	OFICIAL	hh	0.5000	0.0031	19.12	0.06
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0246	17.28	0.43
0.64						
Materiales						
02130200020006	CAL HIDRATADA BOLSA 20 kg	bol		1.3440	16.90	22.71
22.71						
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.64	0.03
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7- 9 ton	hm	1.0000	0.0062	130.00	0.81
03012000010003	MOTONIVELADORA CAT 120B	hm	1.0000	0.0062	228.04	1.41
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	0.9000	0.0055	108.53	0.60
2.85						

Fecha : 02/12/2022 12:28:30

Anexo N° 03: certificados de ensayos

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-01	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGÚN NORMA ASTM D6913/D6913M-17
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19
CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 288.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278262.7 N.8677047.5
Identificación de muestra : Muestra Patrón

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

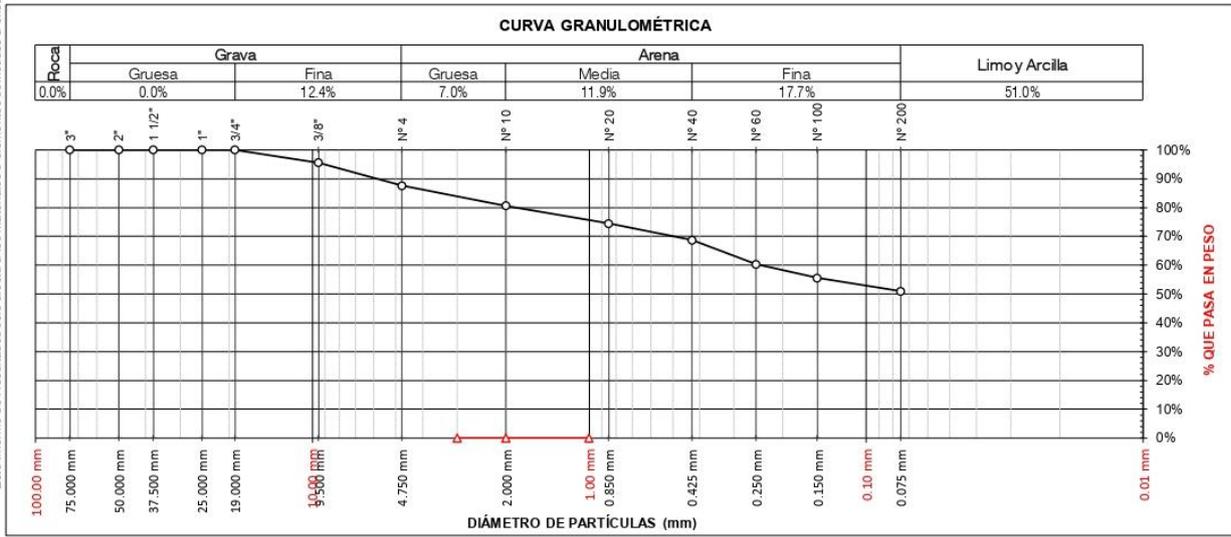
Análisis Granulométrico ASTM D6913/D6913M-17				
Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
2"	50.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1"	25.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/4"	19.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/8"	9.50 mm	73.00 g	4.4%	95.6%
N° 4	4.75 mm	134.00 g	12.4%	87.6%
N° 10	2.00 mm	116.00 g	19.4%	80.6%
N° 20	0.85 mm	102.00 g	25.5%	74.5%
N° 40	0.43 mm	97.00 g	31.3%	68.7%
N° 60	0.25 mm	139.00 g	39.7%	60.3%
N° 100	0.15 mm	80.00 g	44.5%	55.5%
N° 200	0.08 mm	76.00 g	49.0%	51.0%
PASA		850.00 g	100.0%	0.0%
		1667.00 g	100.0%	100%

Contenido de Humedad según ASTM D2216-19			
Variables	Nro		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	---	---	N° 01
(A) Peso de Contenedor Vacío	M _C	(g)	376.00
(B) Peso de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHS}	(g)	3382.00
(C) Peso de Contenedor & Suelo Seco	M _{CHS}	(g)	3223.00
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	2847.00
(E) Peso de Agua (B-C)	M _W	(g)	159.00
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	5.60%
Requisitos mínimos de especimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total		Método A = Humedad Recomendada ± 1% Tamaño máximo partícula % que pasa, tamiz N° 4 Masa mínima recomendada - especimen = 20 g	

Clasificación de Suelos
SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Resultados de la Granulometría		
Grava [N° 4 < φ < 3"]		12.40%
Arena [N° 200 < φ < N° 4]		36.60%
Finos [φ < N° 200]		51.00%

Coeficientes / Finos ≤ 12% (ASTM D2487-17)		
D ₁₀ =	D ₃₀ =	D ₆₀ =
$C_u = D_{60} / D_{10}$		
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$		



Todos los valores observados y calculados se ajustarán a ladirectrices para dígitos significativos y redondeo establecidas en la Práctica ASTM D6026,

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 01]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-01	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

LIMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17^{e1}
CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

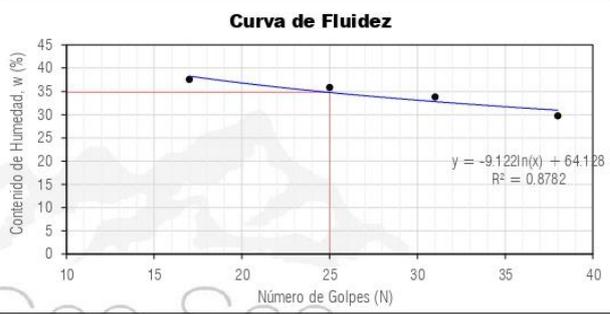
Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 288.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278262.7 N.8677047.5
Identificación de muestra : Muestra Patrón

Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Límite Líquido (Método Multipunto)

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio Silver Geo Sac

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Numero de Golpes	N	Golpes	17	25	31	38
Recipiente N°	---	---	N° 17	N° 18	N° 19	N° 20
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHMS}	(g)	41.80	66.00	42.60	50.80
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{CHSS}	(g)	36.40	54.40	37.40	44.20
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	14.40	32.40	15.40	22.20
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	5.40	11.60	5.20	6.60
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	37.50	35.80	33.77	29.73



Límite Plástico (Método Manual)

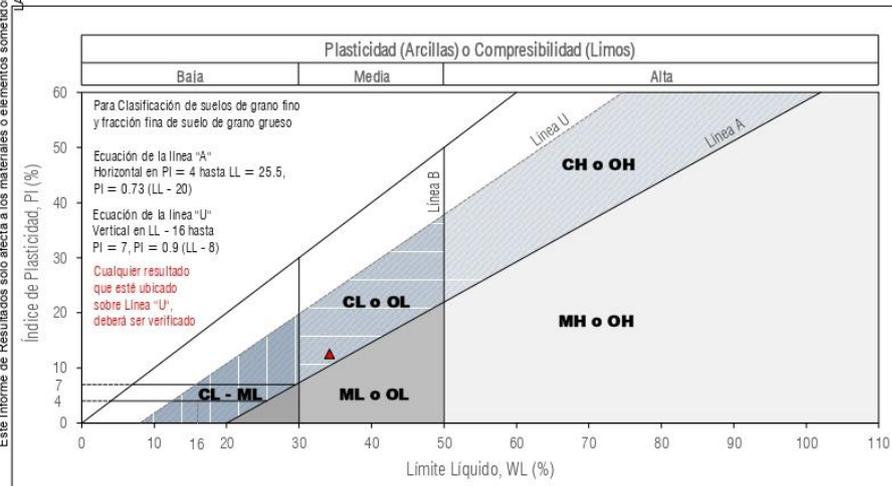
Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 21	N° 22	N° 23	N° 24
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHMS}	(g)	54.80	46.90	50.00	48.90
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{CHSS}	(g)	49.00	42.60	45.00	44.00
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	27.00	20.60	23.00	22.00
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	5.80	4.30	5.00	4.90
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	21.48	20.87	21.74	22.27

Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Liquid Limit (LL_w) : 34.2% Plastic Limit (PL_w) : 21.6% Plasticity Index (PI) : 12.6%

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.



LEYENDA

- Suelo sin cohesión
- Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
- Limos inorgánicos de baja compresibilidad
- Arcillas inorgánicas de media plasticidad
- Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
- Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.
- Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204282

RUC: 20601685524
[Pág. 02]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-01	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGÚN NORMA ASTM D6913/D6913M-17
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19
CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 288.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278262.7 N.8677047.5
Identificación de muestra : Adición 2%

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

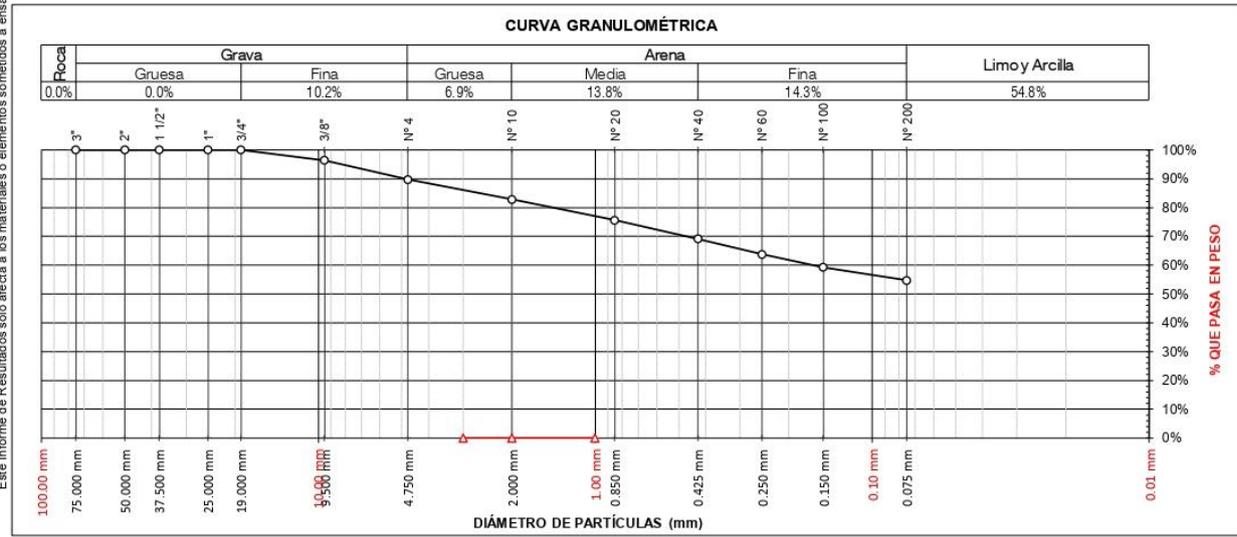
Análisis Granulométrico ASTM D6913/D6913M-17				
Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
2"	50.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1"	25.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/4"	19.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/8"	9.50 mm	55.00 g	3.6%	96.4%
N° 4	4.75 mm	103.00 g	10.2%	89.8%
N° 10	2.00 mm	107.00 g	17.1%	82.9%
N° 20	0.85 mm	113.00 g	24.4%	75.6%
N° 40	0.43 mm	100.00 g	30.9%	69.1%
N° 60	0.25 mm	83.00 g	36.2%	63.8%
N° 100	0.15 mm	70.00 g	40.8%	59.2%
N° 200	0.08 mm	69.00 g	45.2%	54.8%
PASA		848.00 g	100.0%	0.0%
		1548.00 g	100.0%	100%

Contenido de Humedad según ASTM D2216-19			
Variables	Nro		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	---	---	N° 04
(A) Peso de Contenedor Vacío	M _C	(g)	370.00
(B) Peso de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHS}	(g)	3139.00
(C) Peso de Contenedor & Suelo Seco	M _{CSS}	(g)	2984.00
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	2614.00
(E) Peso de Agua (B-C)	M _W	(g)	155.00
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	5.90%
Requisitos mínimos de especimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total		Método A = Humedad Recomendada ± 1% Tamaño máximo partícula % que pasa, tamiz N° 4 Masa mínima recomendada - especimen = 20 g	

Clasificación de Suelos
SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (4)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Resultados de la Granulometría		
Grava [N° 4 < φ < 3"]		10.20%
Arena [N° 200 < φ < N° 4]		35.00%
Finos [φ < N° 200]		54.80%

Coeficientes / Finos ≤ 12% (ASTM D2487-17)		
D ₁₀ =	D ₃₀ =	D ₆₀ =
$C_u = D_{60} / D_{10}$		
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$		



Todos los valores observados y calculados se ajustarán a ladirectrices para dígitos significativos y redondeo establecidas en la Práctica ASTM D6026,

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johny R. O.

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 2043352

RUC: 20601685524
[Pág. 03]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-01	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECLICADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

LIMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17^{e1}
CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

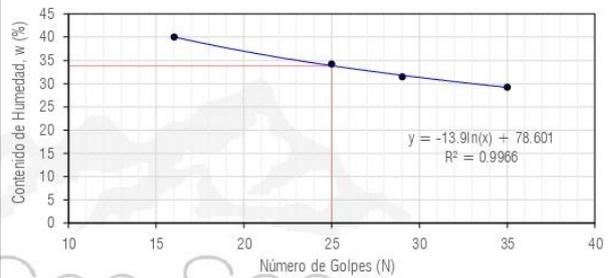
Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 288.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278262.7 N.8677047.5
Identificación de muestra : Adición 2%

Limites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Límite Líquido (Método Multipunto)

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Numero de Golpes	N	Golpes	16	25	29	35
Recipiente N°	---	---	N° 16	N° 26	N° 27	N° 28
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	21.50	22.20	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{COMS}	(g)	44.40	42.30	43.50	44.10
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{COS}	(g)	38.00	37.00	38.40	39.10
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	16.00	15.50	16.20	17.10
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	6.40	5.30	5.10	5.00
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	40.00	34.19	31.48	29.24

Curva de Fluidez



Límite Plástico (Método Manual)

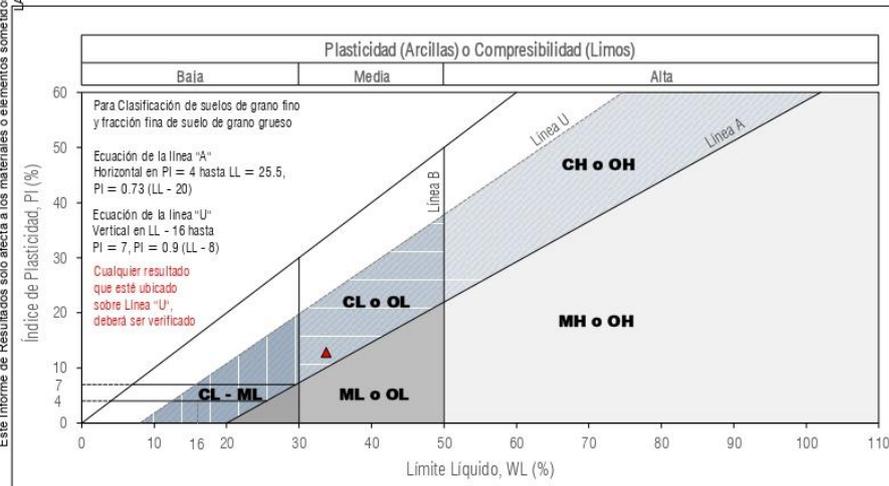
Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 29	N° 30	N° 31	N° 32
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	21.54	21.74	21.65	21.87
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{COMS}	(g)	33.20	30.50	32.00	31.00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{COS}	(g)	31.10	29.00	30.20	29.50
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	9.56	7.26	8.55	7.63
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	2.10	1.50	1.80	1.50
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	21.97	20.66	21.05	19.66

Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Liquid Limit (LL_p, w_L) : 33.7% Plastic Limit (PL_p, w_p) : 20.8% Plasticity Index (PI) : 12.9%

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (4)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.



LEYENDA

- Suelo sin cohesión
- Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
- Limos inorgánicos de baja compresibilidad
- Arcillas inorgánicas de media plasticidad
- Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
- Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.
- Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A

Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204282

RUC: 20601685524
[Pág. 04]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-01	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGÚN NORMA ASTM D6913/D6913M-17
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19
CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 288.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278262.7 N.8677047.5
Identificación de muestra : Adición 4%

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

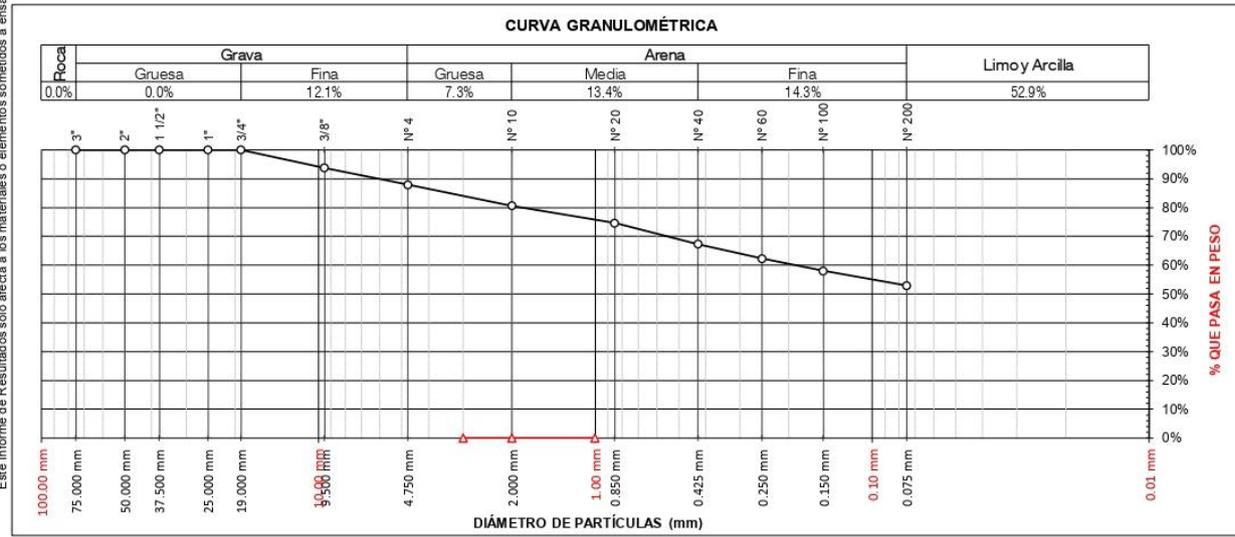
Análisis Granulométrico ASTM D6913/D6913M-17				
Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
2"	50.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1"	25.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/4"	19.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/8"	9.50 mm	101.00 g	6.2%	93.8%
N° 4	4.75 mm	94.00 g	12.1%	87.9%
N° 10	2.00 mm	118.00 g	19.4%	80.6%
N° 20	0.85 mm	97.00 g	25.4%	74.6%
N° 40	0.43 mm	119.00 g	32.7%	67.3%
N° 60	0.25 mm	80.00 g	37.7%	62.3%
N° 100	0.15 mm	69.00 g	41.9%	58.1%
N° 200	0.08 mm	83.00 g	47.1%	52.9%
PASA		856.00 g	100.0%	0.0%
		1617.00 g	100.0%	100%

Contenido de Humedad según ASTM D2216-19			
Variables	Nro		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	---	---	N° 07
(A) Peso de Contenedor Vacío	M _C	(g)	376.00
(B) Peso de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHS}	(g)	3337.00
(C) Peso de Contenedor & Suelo Seco	M _{CSS}	(g)	3165.00
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	2789.00
(E) Peso de Agua (B-C)	M _W	(g)	172.00
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	6.20%
Requisitos mínimos de especimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total		Método A = Humedad Recomendada ± 1% Tamaño máximo partícula % que pasa, tamiz N° 4 Masa mínima recomendada - especimen = 20 g	

Clasificación de Suelos
SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Resultados de la Granulometría		
Grava [N° 4 < φ < 3"]		12.10%
Arena [N° 200 < φ < N° 4]		35.00%
Finos [φ < N° 200]		52.90%

Coeficientes / Finos ≤ 12% (ASTM D2487-17)		
D ₁₀ =	D ₃₀ =	D ₆₀ =
$C_u = D_{60} / D_{10}$		
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$		



Todos los valores observados y calculados se ajustarán a ladirectrices para dígitos significativos y redondeo establecidas en la Práctica ASTM D6026,

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 05]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-01	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

LIMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17^{e1}
CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 288.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278262.7 N.8677047.5
Identificación de muestra : Adición 4%

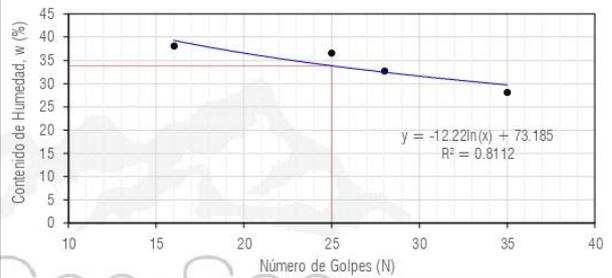
Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Límite Líquido (Método Multipunto)

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio Silver Geo Sac

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Numero de Golpes	N	Golpes	16	25	28	35
Recipiente N°	---	---	N° 16	N° 34	N° 35	N° 36
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{COMS}	(g)	62.60	56.40	53.30	55.30
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{COS}	(g)	51.40	47.20	45.60	48.00
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	29.40	25.20	23.60	26.00
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	11.20	9.20	7.70	7.30
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	38.10	36.51	32.63	28.08

Curva de Fluidez



Límite Plástico (Método Manual)

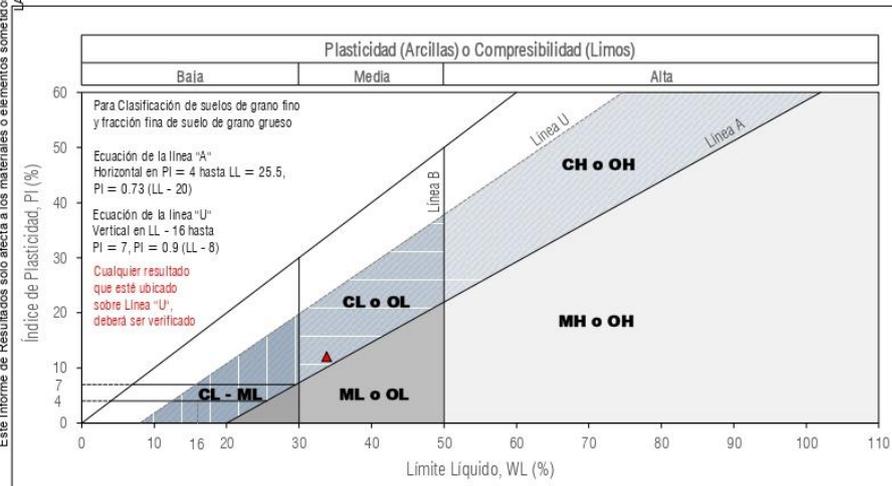
Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 37	N° 38	N° 39	N° 40
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{COMS}	(g)	38.20	40.40	41.30	40.00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{COS}	(g)	35.20	37.10	38.00	36.80
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	13.20	15.10	16.00	14.80
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	3.00	3.30	3.30	3.20
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	22.73	21.85	20.63	21.62

Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Liquid Limit (LL_p, w_L) : 33.8% Plastic Limit (PL_p, w_p) : 21.7% Plasticity Index (PI) : 12.1%

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.



LEYENDA

- Suelo sin cohesión
- Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
- Limos inorgánicos de baja compresibilidad
- Arcillas inorgánicas de media plasticidad
- Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
- Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.
- Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A

Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204282

RUC: 20601685524
[Pág. 06]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-01	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGÚN NORMA ASTM D6913/D6913M-17
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19
CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 288.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278262.7 N.8677047.5
Identificación de muestra : Adición 6%

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

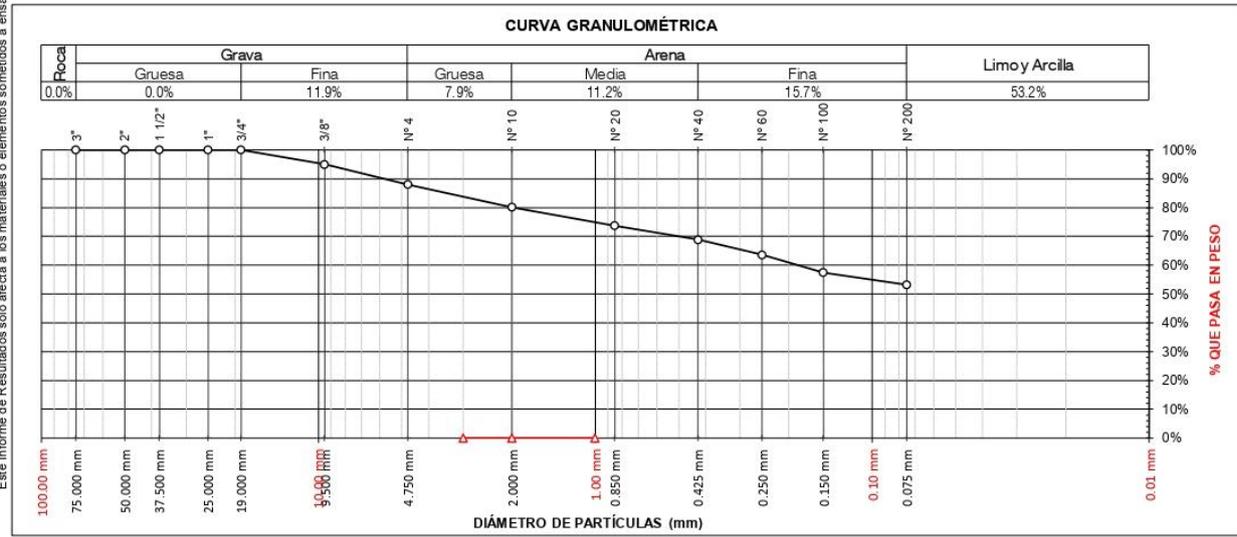
Análisis Granulométrico ASTM D6913/D6913M-17				
Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
2"	50.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1"	25.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/4"	19.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/8"	9.50 mm	86.00 g	5.0%	95.0%
N° 4	4.75 mm	119.00 g	11.9%	88.1%
N° 10	2.00 mm	136.00 g	19.9%	80.1%
N° 20	0.85 mm	110.00 g	26.3%	73.7%
N° 40	0.43 mm	83.00 g	31.1%	68.9%
N° 60	0.25 mm	90.00 g	36.4%	63.6%
N° 100	0.15 mm	106.00 g	42.5%	57.5%
N° 200	0.08 mm	73.00 g	46.8%	53.2%
PASA		913.00 g	100.0%	0.0%
		1716.00 g	100.0%	100%

Contenido de Humedad según ASTM D2216-19			
Variables	Nro		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	---	---	N° 10
(A) Peso de Contenedor Vacío	M _C	(g)	380.00
(B) Peso de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHS}	(g)	3444.00
(C) Peso de Contenedor & Suelo Seco	M _{CSS}	(g)	3280.00
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	2900.00
(E) Peso de Agua (B-C)	M _W	(g)	164.00
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	5.70%
Requisitos mínimos de especimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total		Método A = Humedad Recomendada ± 1% Tamaño máximo partícula % que pasa, tamiz N° 4 Masa mínima recomendada - especimen = 20 g	

Clasificación de Suelos	
SUCS (ASTM D2487-17) : CL	AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.	

Resultados de la Granulometría		
Grava [N° 4 < φ < 3"]		11.90%
Arena [N° 200 < φ < N° 4]		34.80%
Finos [φ < N° 200]		53.20%

Coeficientes / Finos ≤ 12% (ASTM D2487-17)		
D ₁₀ =	D ₃₀ =	D ₆₀ =
$C_u = D_{60} / D_{10}$		
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$		



Todos los valores observados y calculados se ajustarán a ladirectrices para dígitos significativos y redondeo establecidas en la Práctica ASTM D6026,

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 07]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-01	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

LIMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17^{e1}
CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

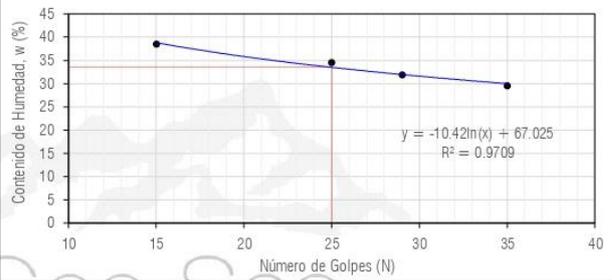
Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 288.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278262.7 N.8677047.5
Identificación de muestra : Adición 6%

Limites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Límite Líquido (Método Multipunto)

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Numero de Golpes	N	Golpes	15	25	29	35
Recipiente N°	---	---	N° 15	N° 42	N° 43	N° 44
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{COMS}	(g)	52.60	58.30	67.10	52.30
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{COSS}	(g)	44.10	49.00	56.20	45.40
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	22.10	27.00	34.20	23.40
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	8.50	9.30	10.90	6.90
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	38.46	34.44	31.87	29.49

Curva de Fluidez



Límite Plástico (Método Manual)

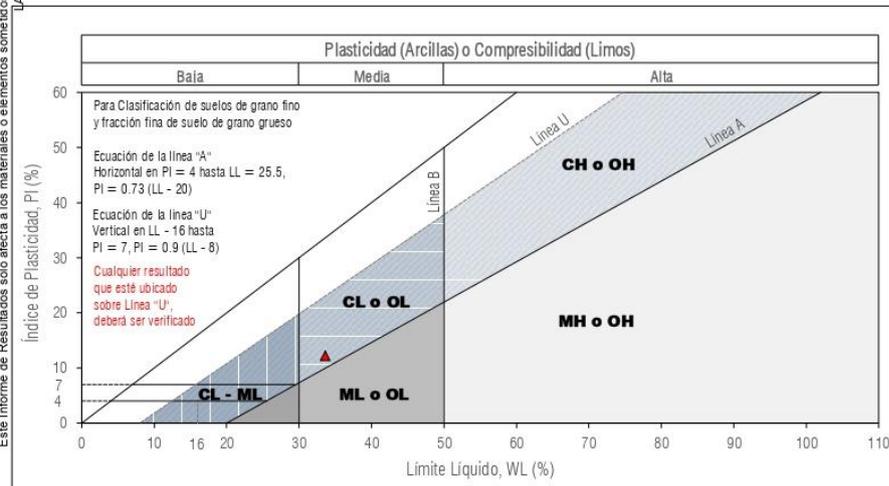
Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 45	N° 46	N° 47	N° 48
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	21.54	21.74	21.65	21.87
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{COMS}	(g)	30.20	32.00	31.00	35.00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{COSS}	(g)	28.70	30.20	29.40	32.60
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	7.16	8.46	7.75	10.73
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	1.50	1.80	1.60	2.40
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	20.95	21.28	20.65	22.37

Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Liquid Limit (LL_p, w_L) : 33.6% Plastic Limit (PL_p, w_p) : 21.3% Plasticity Index (PI) : 12.3%

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.



LEYENDA

-  Suelo sin cohesión
-  Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
-  Limos inorgánicos de baja compresibilidad
-  Arcillas inorgánicas de media plasticidad
-  Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
-  Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.
-  Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A

Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204282

RUC: 20601685524
[Pág. 08]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-02	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGÚN NORMA ASTM D6913/D6913M-17
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19
CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 284.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278332.4 N.8677083.6
Identificación de muestra : Muestra Patrón

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

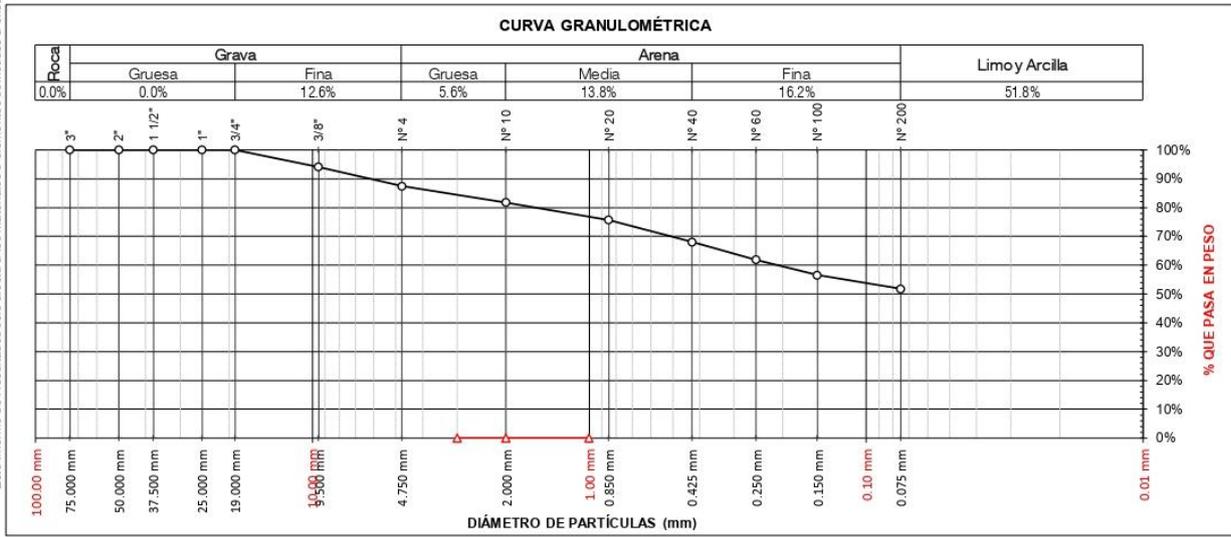
Análisis Granulométrico ASTM D6913/D6913M-17				
Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
2"	50.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1"	25.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/4"	19.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/8"	9.50 mm	102.00 g	5.9%	94.1%
N° 4	4.75 mm	116.00 g	12.6%	87.4%
N° 10	2.00 mm	97.00 g	18.2%	81.8%
N° 20	0.85 mm	106.00 g	24.3%	75.7%
N° 40	0.43 mm	133.00 g	32.0%	68.0%
N° 60	0.25 mm	107.00 g	38.1%	61.9%
N° 100	0.15 mm	92.00 g	43.5%	56.5%
N° 200	0.08 mm	82.00 g	48.2%	51.8%
PASA		898.00 g	100.0%	0.0%
		1733.00 g	100.0%	100%

Contenido de Humedad según ASTM D2216-19			
Variables	Nro		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	---	---	N° 13
(A) Peso de Contenedor Vacío	M _C	(g)	366.00
(B) Peso de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHS}	(g)	2849.00
(C) Peso de Contenedor & Suelo Seco	M _{CSS}	(g)	2709.00
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	2343.00
(E) Peso de Agua (B-C)	M _W	(g)	140.00
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	6.00%
Requisitos mínimos de especimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total		Método A = Humedad Recomendada ± 1% Tamaño máximo partícula % que pasa, tamiz N° 4 Masa mínima recomendada - especimen = 20 g	

Clasificación de Suelos
SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Resultados de la Granulometría		
Grava [N° 4 < φ < 3"]		12.60%
Arena [N° 200 < φ < N° 4]		35.60%
Finos [φ < N° 200]		51.80%

Coeficientes / Finos ≤ 12% (ASTM D2487-17)		
D ₁₀ =	D ₃₀ =	D ₆₀ =
$C_u = D_{60} / D_{10}$		
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$		



Todos los valores observados y calculados se ajustarán a ladirectrices para dígitos significativos y redondeo establecidas en la Práctica ASTM D6026,

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johny R. O.

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 09]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-02	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECLICADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

LIMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17^{e1}
CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

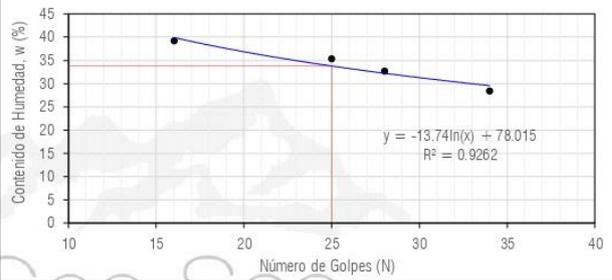
Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 284.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278332.4 N.8677083.6
Identificación de muestra : Muestra Patrón

Limites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Límite Líquido (Método Multipunto)

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Numero de Golpes	N	Golpes	16	25	28	34
Recipiente N°	---	---	N° 16	N° 50	N° 51	N° 52
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CMHS}	(g)	45.80	69.50	67.90	52.80
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{CDSS}	(g)	39.10	57.10	56.60	46.00
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	17.10	35.10	34.60	24.00
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	6.70	12.40	11.30	6.80
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	39.18	35.33	32.66	28.33

Curva de Fluidez



Límite Plástico (Método Manual)

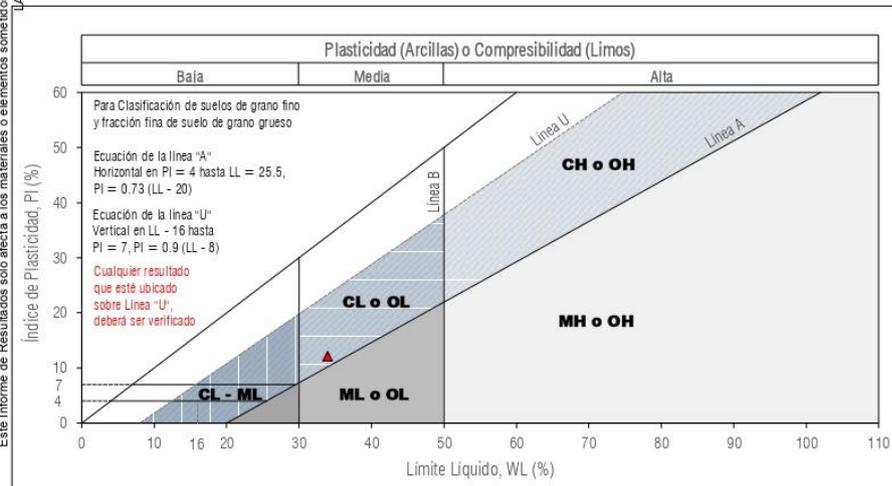
Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 53	N° 54	N° 55	N° 56
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CMHS}	(g)	37.00	39.10	40.20	39.00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{CDSS}	(g)	34.30	36.00	37.00	36.00
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	12.30	14.00	15.00	14.00
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	2.70	3.10	3.20	3.00
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	21.95	22.14	21.33	21.43

Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Liquid Limit (LL_p, w_L) : 33.9% Plastic Limit (PL_p, w_p) : 21.7% Plasticity Index (PI) : 12.2%

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.



LEYENDA

-  Suelo sin cohesión
-  Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
-  Limos inorgánicos de baja compresibilidad
-  Arcillas inorgánicas de media plasticidad
-  Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
-  Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.
-  Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A

Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204282

RUC: 20601685524
[Pág. 10]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-02	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGÚN NORMA ASTM D6913/D6913M-17
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19
CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 284.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278332.4 N.8677083.6
Identificación de muestra : Adición 2%

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

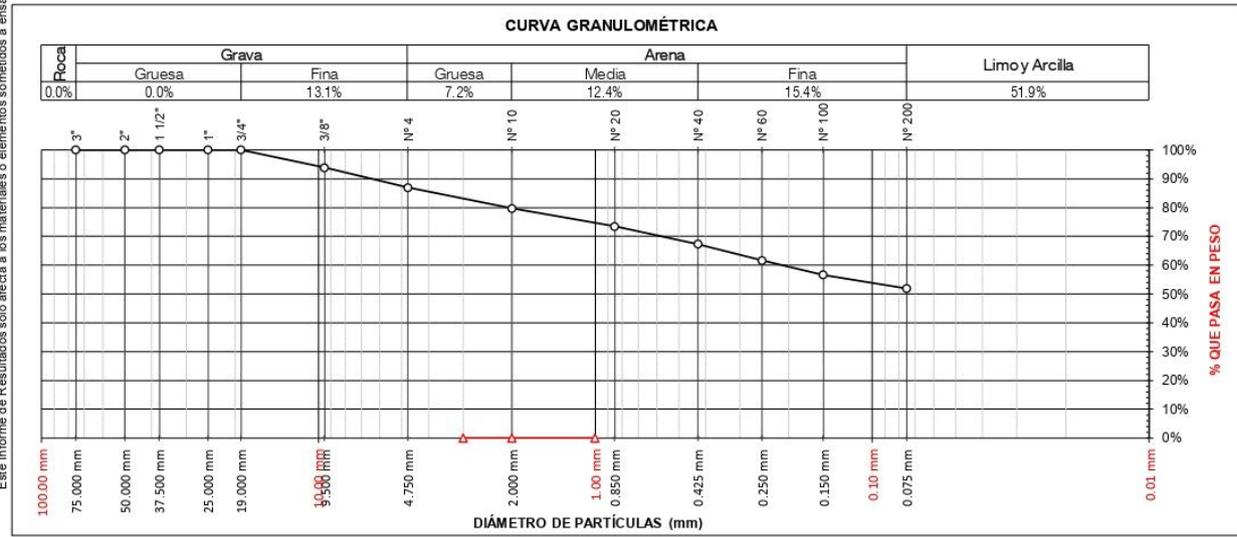
Análisis Granulométrico ASTM D6913/D6913M-17				
Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
2"	50.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1"	25.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/4"	19.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/8"	9.50 mm	100.00 g	6.1%	93.9%
N° 4	4.75 mm	113.00 g	13.1%	86.9%
N° 10	2.00 mm	118.00 g	20.3%	79.7%
N° 20	0.85 mm	102.00 g	26.5%	73.5%
N° 40	0.43 mm	100.00 g	32.7%	67.3%
N° 60	0.25 mm	93.00 g	38.4%	61.6%
N° 100	0.15 mm	82.00 g	43.4%	56.6%
N° 200	0.08 mm	77.00 g	48.1%	51.9%
PASA		847.00 g	100.0%	0.0%
		1632.00 g	100.0%	100%

Contenido de Humedad según ASTM D2216-19			
Variables	Nro		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	---	---	N° 16
(A) Peso de Contenedor Vacío	M _C	(g)	381.00
(B) Peso de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHS}	(g)	2998.00
(C) Peso de Contenedor & Suelo Seco	M _{CSS}	(g)	2847.00
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	2466.00
(E) Peso de Agua (B-C)	M _W	(g)	151.00
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	6.10%
Requisitos mínimos de especimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total		Método A = Humedad Recomendada ± 1% Tamaño máximo partícula % que pasa, tamiz N° 4 Masa mínima recomendada - especimen = 20 g	

Clasificación de Suelos	
SUCS (ASTM D2487-17) : CL	AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.	

Resultados de la Granulometría		
Grava [N° 4 < φ < 3"]		13.10%
Arena [N° 200 < φ < N° 4]		35.00%
Finos [φ < N° 200]		51.90%

Coeficientes / Finos ≤ 12% (ASTM D2487-17)		
D ₁₀ =	D ₃₀ =	D ₆₀ =
$C_u = D_{60} / D_{10}$		
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$		



Todos los valores observados y calculados se ajustarán a ladirectrices para dígitos significativos y redondeo establecidas en la Práctica ASTM D6026,

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 2043352

RUC: 20601685524
[Pág. 11]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-02	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

LIMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17^{e1}
CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 284.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278332.4 N.8677083.6
Identificación de muestra : Adición 2%

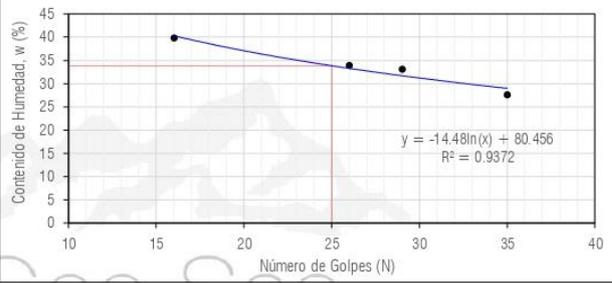
Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Límite Líquido (Método Multipunto)

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio Silver Geo Sac

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Numero de Golpes	N	Golpes	16	26	29	35
Recipiente N°	---	---	N° 16	N° 58	N° 59	N° 60
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHS}	(g)	43.80	63.50	40.90	48.40
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{CHS}	(g)	37.60	53.00	36.20	42.70
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	15.60	31.00	14.20	20.70
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	6.20	10.50	4.70	5.70
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	39.74	33.87	33.10	27.54

Curva de Fluidez



Límite Plástico (Método Manual)

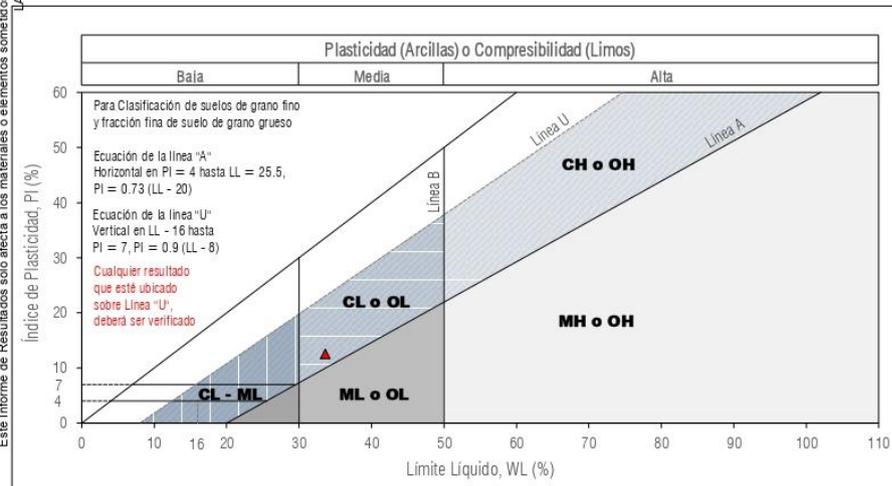
Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 61	N° 62	N° 63	N° 64
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHS}	(g)	41.30	39.00	35.00	30.80
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{CHS}	(g)	38.00	36.10	32.65	29.30
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	18.00	14.10	10.65	7.30
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	3.30	2.90	2.35	1.50
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	20.63	20.57	22.07	20.55

Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Liquid Limit (LL_w) : 33.6% Plastic Limit (PL_w) : 21.0% Plasticity Index (PI) : 12.6%

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.



LEYENDA

-  Suelo sin cohesión
-  Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
-  Limos inorgánicos de baja compresibilidad
-  Arcillas inorgánicas de media plasticidad
-  Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
-  Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.
-  Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" *Sobre A*

Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204282

RUC: 20601685524
[Pág. 12]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-02	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGÚN NORMA ASTM D6913/D6913M-17
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19
CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 284.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278332.4 N.8677083.6
Identificación de muestra : Adición 4%

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

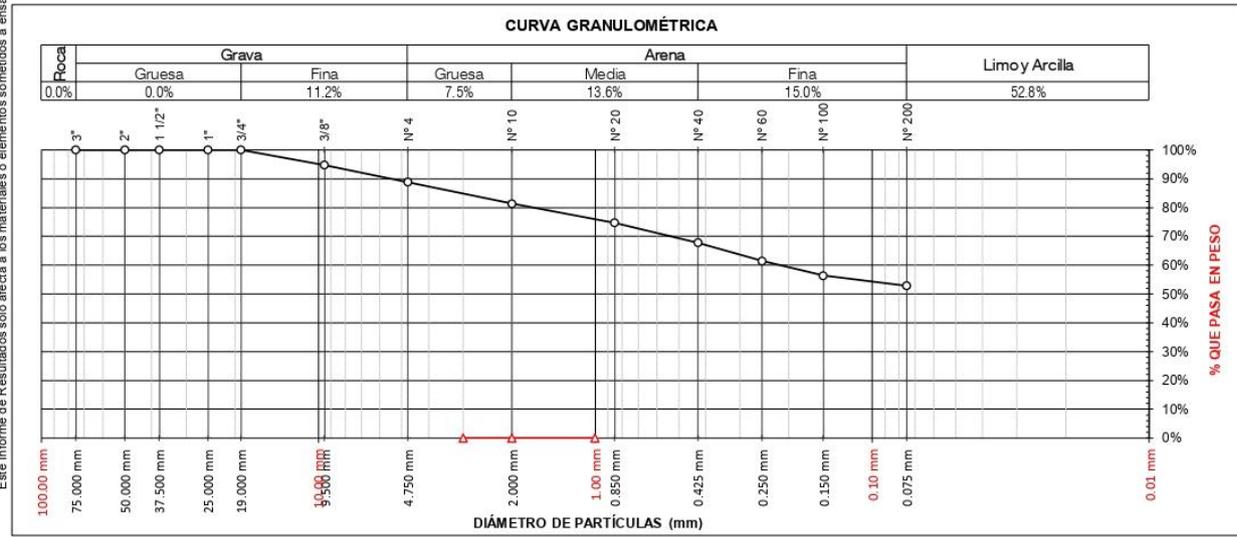
Análisis Granulométrico ASTM D6913/D6913M-17				
Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
2"	50.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1"	25.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/4"	19.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/8"	9.50 mm	86.00 g	5.3%	94.7%
N° 4	4.75 mm	97.00 g	11.2%	88.8%
N° 10	2.00 mm	122.00 g	18.6%	81.4%
N° 20	0.85 mm	109.00 g	25.3%	74.7%
N° 40	0.43 mm	113.00 g	32.2%	67.8%
N° 60	0.25 mm	104.00 g	38.5%	61.5%
N° 100	0.15 mm	83.00 g	43.6%	56.4%
N° 200	0.08 mm	58.00 g	47.2%	52.8%
PASA		865.00 g	100.0%	0.0%
		1637.00 g	100.0%	100%

Contenido de Humedad según ASTM D2216-19			
Variables	Nro		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	---	---	N° 19
(A) Peso de Contenedor Vacío	M _C	(g)	387.00
(B) Peso de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHS}	(g)	2529.00
(C) Peso de Contenedor & Suelo Seco	M _{CSS}	(g)	2416.00
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	2029.00
(E) Peso de Agua (B-C)	M _W	(g)	113.00
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	5.60%
Requisitos mínimos de especimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total		Método A = Humedad Recomendada ± 1% Tamaño máximo partícula % que pasa, tamiz N° 4 Masa mínima recomendada - especimen = 20 g	

Clasificación de Suelos
SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Resultados de la Granulometría		
Grava [N° 4 < φ < 3"]		11.20%
Arena [N° 200 < φ < N° 4]		36.00%
Finos [φ < N° 200]		52.80%

Coeficientes / Finos ≤ 12% (ASTM D2487-17)		
D ₁₀ =	D ₃₀ =	D ₆₀ =
$C_u = D_{60} / D_{10}$		
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$		



Todos los valores observados y calculados se ajustarán a ladirectrices para dígitos significativos y redondeo establecidas en la Práctica ASTM D6026,

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 13]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-02	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

LIMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17^{e1}
CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

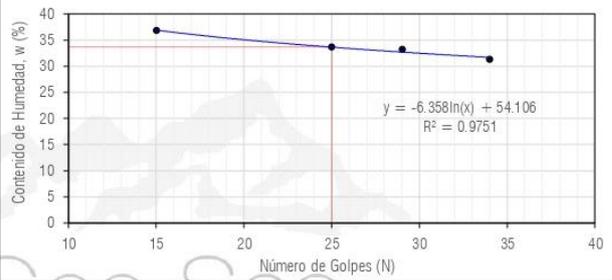
Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 284.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278332.4 N.8677083.6
Identificación de muestra : Adición 4%

Limites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Límite Líquido (Método Multipunto)

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Numero de Golpes	N	Golpes	15	25	29	34
Recipiente N°	---	---	N° 15	N° 66	N° 67	N° 68
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHMS}	(g)	56.20	53.00	51.30	52.20
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{CHSS}	(g)	47.00	45.20	44.00	45.00
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	25.00	23.20	22.00	23.00
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	9.20	7.80	7.30	7.20
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	36.80	33.62	33.18	31.30

Curva de Fluidez



Límite Plástico (Método Manual)

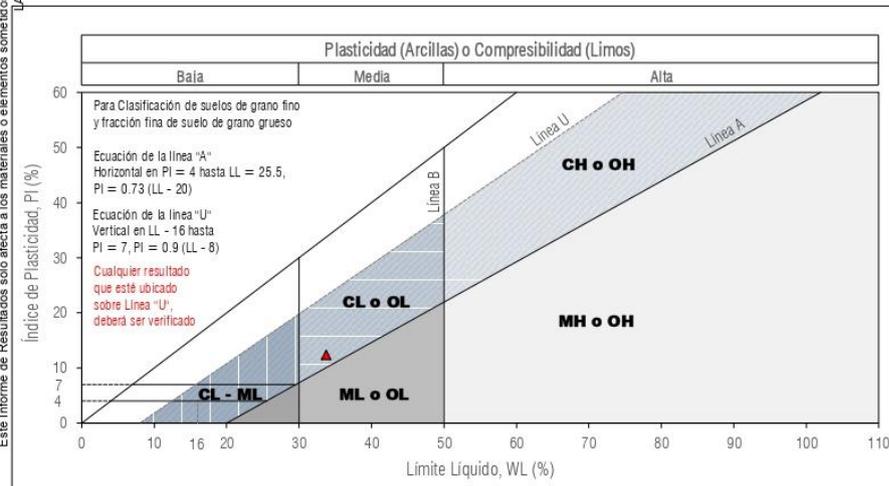
Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 69	N° 70	N° 71	N° 72
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHMS}	(g)	48.10	47.90	52.30	44.00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{CHSS}	(g)	43.30	43.40	47.10	40.20
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	21.30	21.40	25.10	18.20
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	4.80	4.50	5.20	3.80
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	22.54	21.03	20.72	20.88

Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Liquid Limit (LL_p, w_L) : 33.7% Plastic Limit (PL_p, w_p) : 21.3% Plasticity Index (PI) : 12.4%

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.



LEYENDA

-  Suelo sin cohesión
-  Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
-  Limos inorgánicos de baja compresibilidad
-  Arcillas inorgánicas de media plasticidad
-  Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
-  Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.
-  Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition
OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204282

RUC: 20601685524
[Pág. 14]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-02	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGÚN NORMA ASTM D6913/D6913M-17
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19
CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 284.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278332.4 N.8677083.6
Identificación de muestra : Adición 6%

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

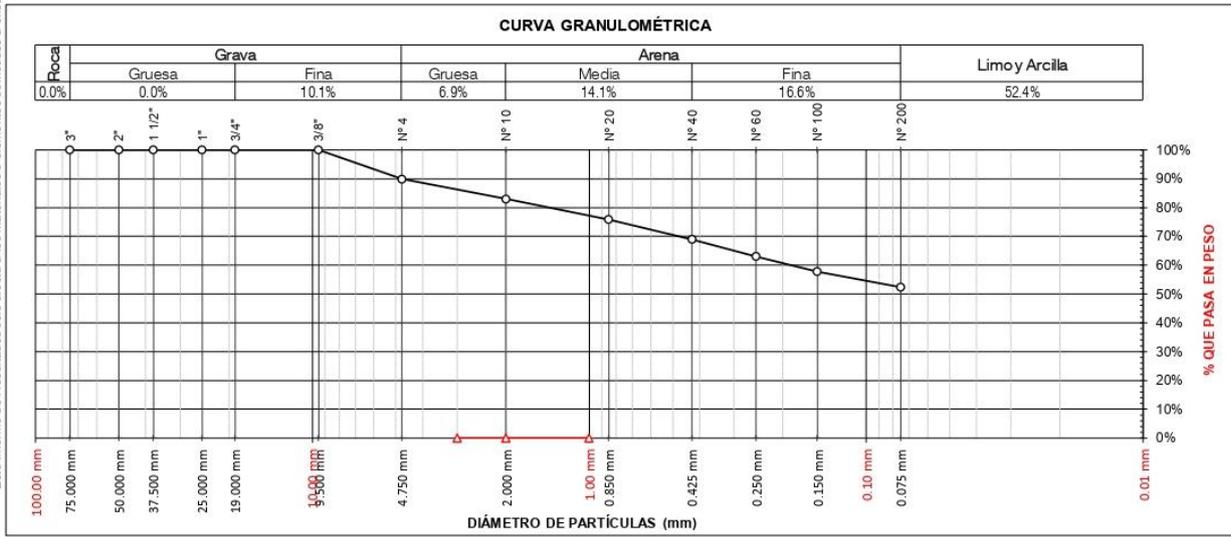
Análisis Granulométrico ASTM D6913/D6913M-17				
Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
2"	50.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1"	25.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/4"	19.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/8"	9.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
N° 4	4.75 mm	148.20 g	10.1%	89.9%
N° 10	2.00 mm	101.00 g	17.0%	83.0%
N° 20	0.85 mm	104.00 g	24.1%	75.9%
N° 40	0.43 mm	102.00 g	31.1%	68.9%
N° 60	0.25 mm	85.60 g	36.9%	63.1%
N° 100	0.15 mm	77.00 g	42.2%	57.8%
N° 200	0.08 mm	80.00 g	47.6%	52.4%
PASA		767.00 g	100.0%	0.0%
		1464.80 g	100.0%	100%

Contenido de Humedad según ASTM D2216-19			
Variables	Nro		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	---	---	N° 22
(A) Peso de Contenedor Vacío	M _C	(g)	425.00
(B) Peso de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHS}	(g)	2714.00
(C) Peso de Contenedor & Suelo Seco	M _{CHS}	(g)	2588.00
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	2163.00
(E) Peso de Agua (B-C)	M _W	(g)	126.00
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	5.80%
Requisitos mínimos de especimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total		Método A = Humedad Recomendada ± 1% Tamaño máximo partícula % que pasa, tamiz N° 4 Masa mínima recomendada - especimen = 20 g	

Clasificación de Suelos	
SUCS (ASTM D2487-17) : CL	AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.	

Resultados de la Granulometría		
Grava [N° 4 < φ < 3"]		10.10%
Arena [N° 200 < φ < N° 4]		37.50%
Finos [φ < N° 200]		52.40%

Coeficientes / Finos ≤ 12% (ASTM D2487-17)		
D ₁₀ =	D ₃₀ =	D ₆₀ =
$C_u = D_{60} / D_{10}$		
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$		



Todos los valores observados y calculados se ajustarán a ladirectrices para dígitos significativos y redondeo establecidas en la Práctica ASTM D6026,

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 15]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-02	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECLICADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

LIMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17^{e1}
CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

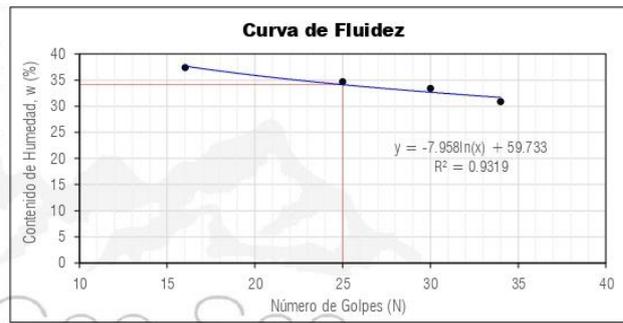
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 284.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278332.4 N.8677083.6
Identificación de muestra : Adición 6%

Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Límite Líquido (Método Multipunto)

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Numero de Golpes	N	Golpes	16	25	30	34
Recipiente N°	---	---	N° 16	N° 74	N° 75	N° 76
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{COMS}	(g)	69.80	43.00	54.80	60.20
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{COS}	(g)	56.80	37.60	46.60	51.20
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	34.80	15.60	24.60	29.20
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	13.00	5.40	8.20	9.00
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	37.36	34.62	33.33	30.82



Límite Plástico (Método Manual)

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 77	N° 78	N° 79	N° 80
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{COMS}	(g)	43.30	42.00	52.00	48.00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{COS}	(g)	39.60	38.50	46.70	43.55
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	17.60	16.50	24.70	21.55
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	3.70	3.50	5.30	4.45
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	21.02	21.21	21.46	20.65

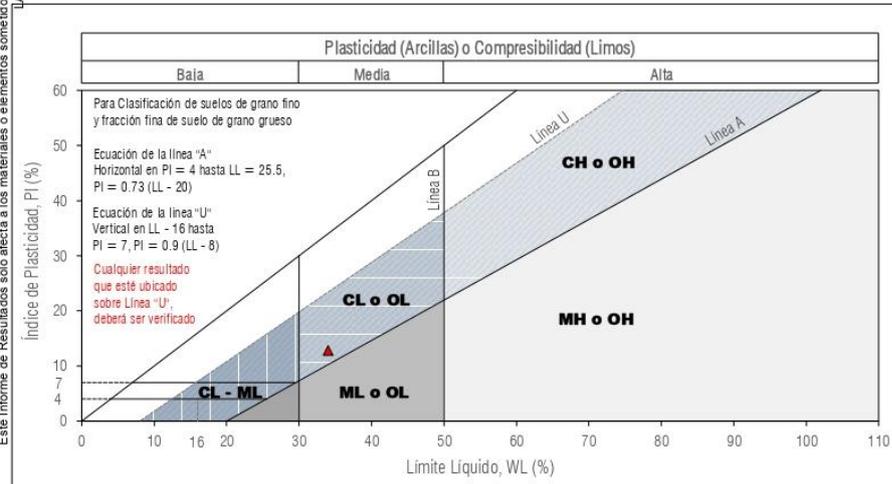
Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Liquid Limit (LL _w) : 34.0%	Plastic Limit (PL _w) : 21.1%	Plasticity Index (PI) : 12.9%
---	--	-------------------------------

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17) : CL	AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
---------------------------	----------------------------------

Arcilla arenosa de baja plasticidad.



Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204282

RUC: 20601685524
[Pág. 16]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-03	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGÚN NORMA ASTM D6913/D6913M-17
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19
CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 298.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278411 N.8677151
Identificación de muestra : Muestra Patrón

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

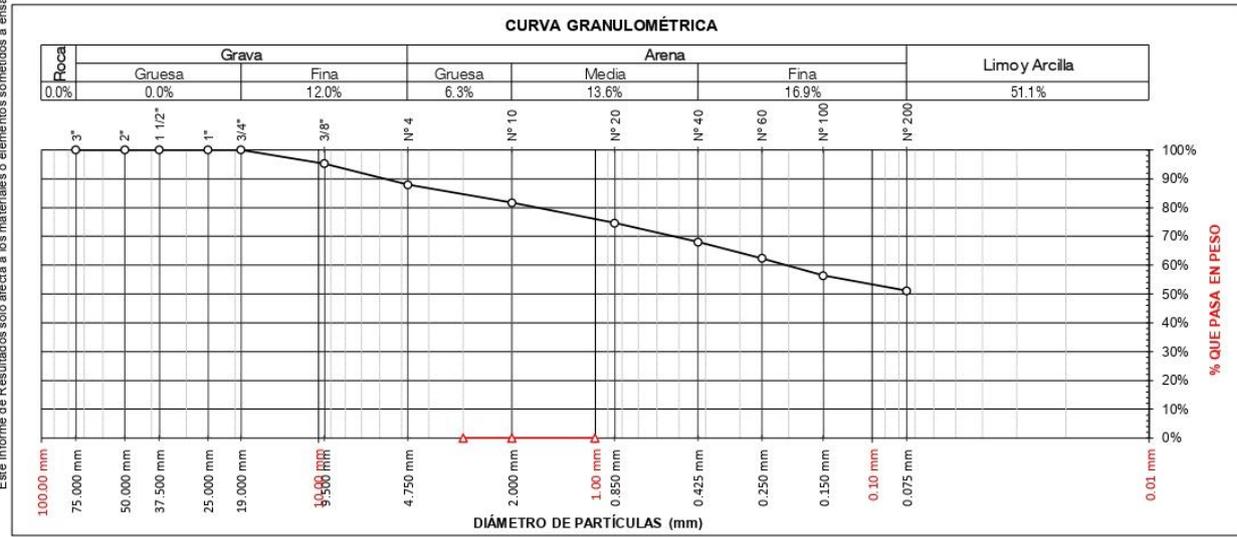
Análisis Granulométrico ASTM D6913/D6913M-17				
Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
2"	50.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1"	25.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/4"	19.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/8"	9.50 mm	77.00 g	4.8%	95.2%
N° 4	4.75 mm	118.20 g	12.0%	88.0%
N° 10	2.00 mm	102.00 g	18.3%	81.7%
N° 20	0.85 mm	114.00 g	25.4%	74.6%
N° 40	0.43 mm	106.00 g	31.9%	68.1%
N° 60	0.25 mm	92.60 g	37.6%	62.4%
N° 100	0.15 mm	97.00 g	43.6%	56.4%
N° 200	0.08 mm	85.00 g	48.9%	51.1%
PASA		829.00 g	100.0%	0.0%
		1620.80 g	100.0%	100%

Contenido de Humedad según ASTM D2216-19			
Variables	Nro		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	---	---	N° 25
(A) Peso de Contenedor Vacío	M _C	(g)	377.00
(B) Peso de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHS}	(g)	2203.00
(C) Peso de Contenedor & Suelo Seco	M _{CSS}	(g)	2101.00
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	1724.00
(E) Peso de Agua (B-C)	M _W	(g)	102.00
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	5.90%
Requisitos mínimos de especimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total		Método A = Humedad Recomendada ± 1% Tamaño máximo partícula % que pasa, tamiz N° 4 Masa mínima recomendada - especimen = 20 g	

Clasificación de Suelos
SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Resultados de la Granulometría		
Grava [N° 4 < φ < 3"]		12.00%
Arena [N° 200 < φ < N° 4]		36.80%
Finos [φ < N° 200]		51.10%

Coeficientes / Finos ≤ 12% (ASTM D2487-17)		
D ₁₀ =	D ₃₀ =	D ₆₀ =
$C_u = D_{60} / D_{10}$		
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$		



Todos los valores observados y calculados se ajustarán a ladirectrices para dígitos significativos y redondeo establecidas en la Práctica ASTM D6026,

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 17]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-03	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

LIMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17^{e1}
CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 298.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278411 N.8677151
Identificación de muestra : Muestra Patrón

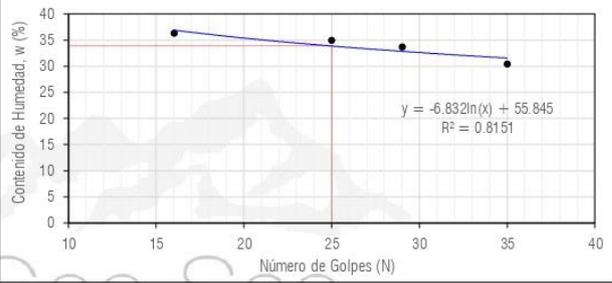
Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Límite Líquido (Método Multipunto)

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio Silver Geo Sac

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Numero de Golpes	N	Golpes	16	25	29	35
Recipiente N°	---	---	N° 16	N° 82	N° 83	N° 84
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHMS}	(g)	46.80	50.60	53.40	54.20
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{CHSS}	(g)	40.20	43.20	45.50	46.70
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	18.20	21.20	23.50	24.70
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	6.60	7.40	7.90	7.50
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	36.26	34.91	33.62	30.36

Curva de Fluidéz



Límite Plástico (Método Manual)

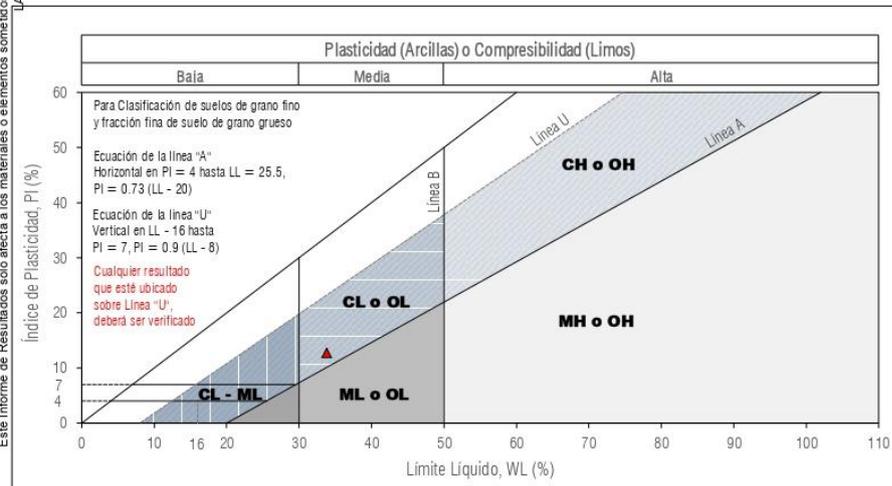
Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 85	N° 86	N° 87	N° 88
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	21.54	21.74	21.65	21.87
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHMS}	(g)	29.50	31.70	33.00	31.70
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{CHSS}	(g)	28.05	30.00	31.10	30.00
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	6.51	8.26	9.45	8.13
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	1.45	1.70	1.90	1.70
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	22.27	20.58	20.11	20.91

Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Liquid Limit (LL_p, w_L) : 33.8% Plastic Limit (PL_p, w_p) : 21.0% Plasticity Index (PI) : 12.8%

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.



LEYENDA

-  Suelo sin cohesión
-  Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
-  Limos inorgánicos de baja compresibilidad
-  Arcillas inorgánicas de media plasticidad
-  Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
-  Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.
-  Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A

Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204282

RUC: 20601685524
[Pág. 18]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-03	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGÚN NORMA ASTM D6913/D6913M-17
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19
CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 298.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freatica : N.P. Coordenadas UTM : E.278411 N.8677151
Identificación de muestra : Adición 2%

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

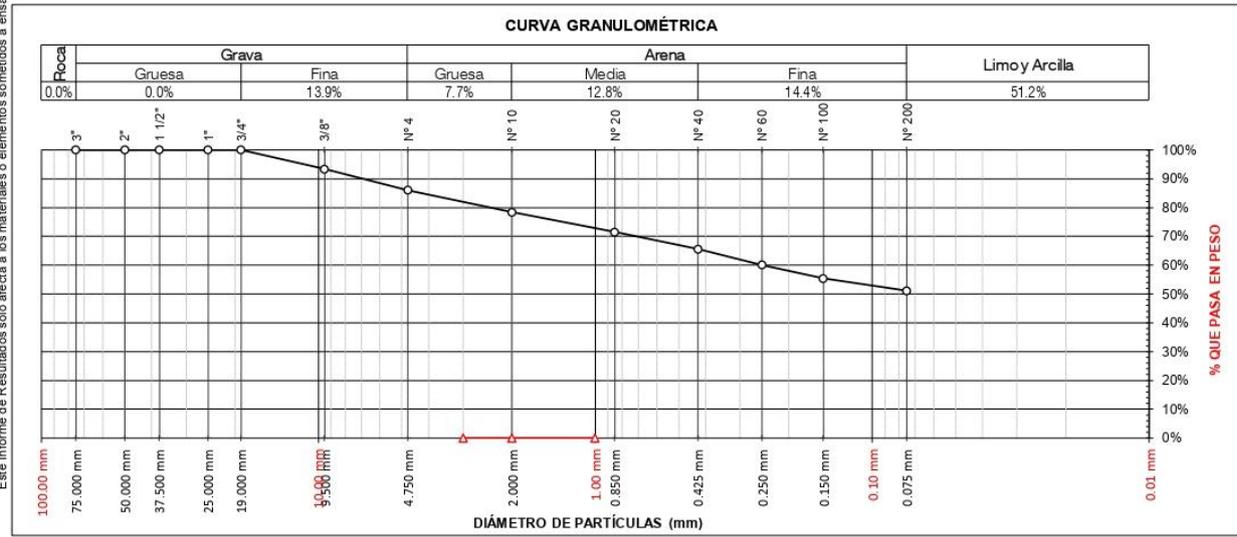
Análisis Granulométrico ASTM D6913/D6913M-17				
Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
2"	50.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1"	25.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/4"	19.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/8"	9.50 mm	104.00 g	6.7%	93.3%
N° 4	4.75 mm	113.00 g	13.9%	86.1%
N° 10	2.00 mm	120.00 g	21.6%	78.4%
N° 20	0.85 mm	107.00 g	28.5%	71.5%
N° 40	0.43 mm	93.00 g	34.4%	65.6%
N° 60	0.25 mm	86.00 g	39.9%	60.1%
N° 100	0.15 mm	73.00 g	44.6%	55.4%
N° 200	0.08 mm	66.00 g	48.8%	51.2%
PASA		798.00 g	100.0%	0.0%
		1560.00 g	100.0%	100%

Contenido de Humedad según ASTM D2216-19			
Variables	Nro		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	---	---	N° 28
(A) Peso de Contenedor Vacío	M _C	(g)	382.00
(B) Peso de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHS}	(g)	2408.00
(C) Peso de Contenedor & Suelo Seco	M _{CSS}	(g)	2292.00
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	1910.00
(E) Peso de Agua (B-C)	M _W	(g)	116.00
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	6.10%
Requisitos mínimos de especimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total		Método A = Humedad Recomendada ± 1% Tamaño máximo partícula % que pasa, tamiz N° 4 Masa mínima recomendada - especimen = 20 g	

Clasificación de Suelos	
SUCS (ASTM D2487-17) : CL	AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.	

Resultados de la Granulometría		
Grava [N° 4 < φ < 3"]		13.90%
Arena [N° 200 < φ < N° 4]		34.90%
Finos [φ < N° 200]		51.20%

Coeficientes / Finos ≤ 12% (ASTM D2487-17)		
D ₁₀ =	D ₃₀ =	D ₆₀ =
$C_u = D_{60} / D_{10}$		
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$		



Todos los valores observados y calculados se ajustarán a ladirectrices para dígitos significativos y redondeo establecidas en la Práctica ASTM D6026,

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Institución Científica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 19]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-03	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

LIMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17^{e1}
CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

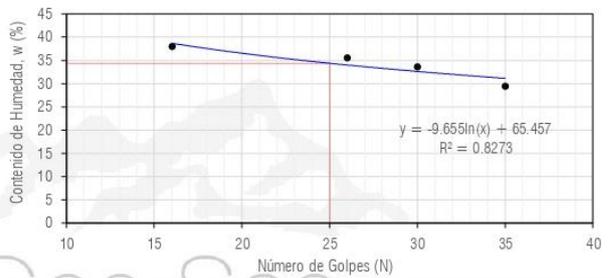
Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 298.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278411 N.8677151
Identificación de muestra : Adición 2%

Limites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Límite Líquido (Método Multipunto)

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Numero de Golpes	N	Golpes	16	26	30	35
Recipiente N°	---	---	N° 16	N° 90	N° 91	N° 92
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{COMS}	(g)	66.00	60.00	53.00	55.00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{COSS}	(g)	53.90	50.05	45.20	47.50
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	31.90	28.05	23.20	25.50
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	12.10	9.95	7.80	7.50
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	37.93	35.47	33.62	29.41

Curva de Fluidez



Límite Plástico (Método Manual)

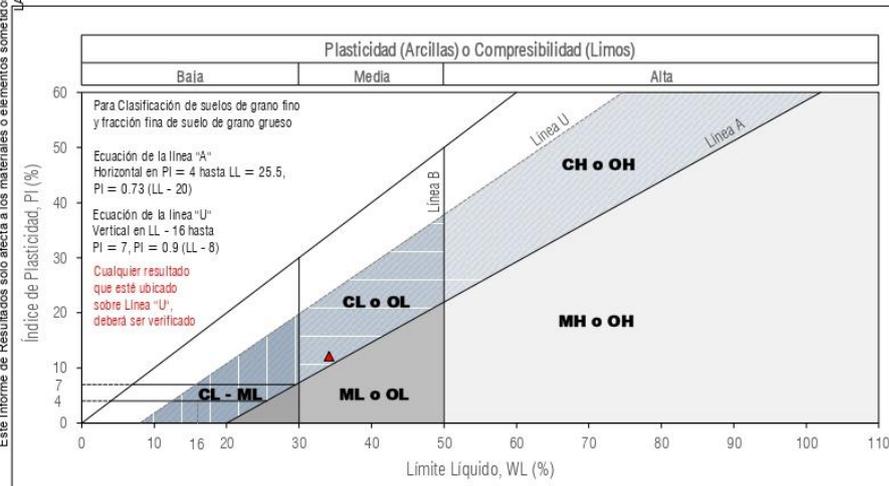
Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 93	N° 94	N° 95	N° 96
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{COMS}	(g)	37.00	39.10	40.20	39.00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{COSS}	(g)	34.40	36.10	37.00	35.70
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	12.40	14.10	15.00	13.70
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	2.60	3.00	3.20	3.30
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	20.97	21.28	21.38	24.09

Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Liquid Limit (LL_p, w_L) : 34.1% Plastic Limit (PL_p, w_p) : 21.0% Plasticity Index (PI) : 12.2%

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.



LEYENDA

-  Suelo sin cohesión
-  Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
-  Limos inorgánicos de baja compresibilidad
-  Arcillas inorgánicas de media plasticidad
-  Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
-  Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.
-  Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A

Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204282

RUC: 20601685524
[Pág. 20]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-03	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFTALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGÚN NORMA ASTM D6913/D6913M-17
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19
CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 298.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freatica : N.P. Coordenadas UTM : E.278411 N.8677151
Identificación de muestra : Adición 4%

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

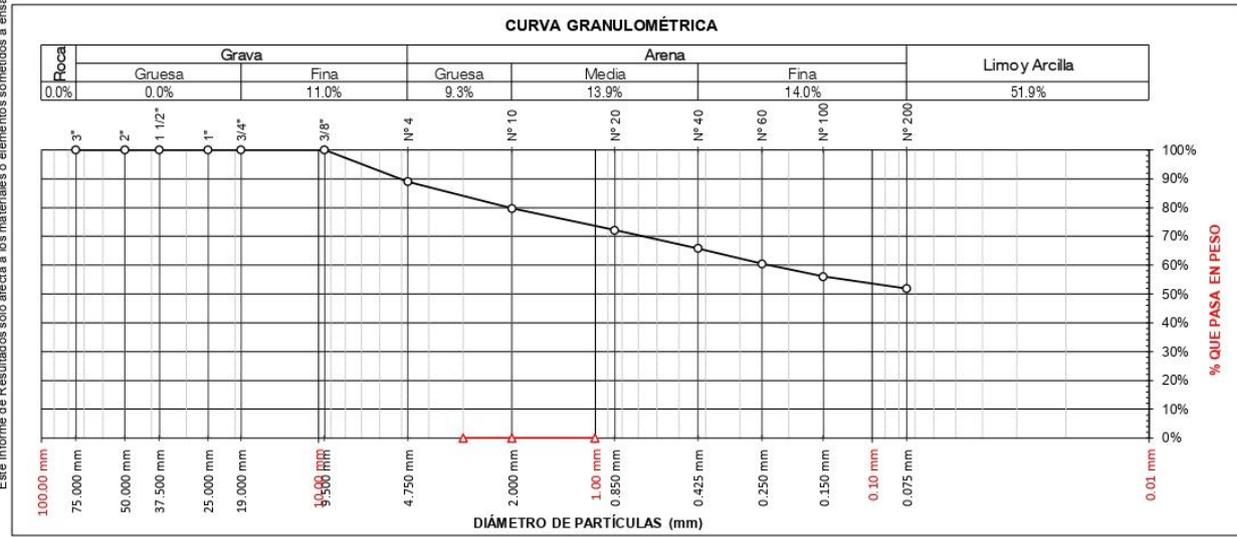
Análisis Granulométrico ASTM D6913/D6913M-17				
Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
2"	50.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1"	25.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/4"	19.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/8"	9.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
N° 4	4.75 mm	149.00 g	11.0%	89.0%
N° 10	2.00 mm	126.00 g	20.2%	79.8%
N° 20	0.85 mm	103.00 g	27.8%	72.2%
N° 40	0.43 mm	86.00 g	34.1%	65.9%
N° 60	0.25 mm	73.00 g	39.5%	60.5%
N° 100	0.15 mm	60.00 g	43.9%	56.1%
N° 200	0.08 mm	57.00 g	48.1%	51.9%
PASA		705.00 g	100.0%	0.0%
		1359.00 g	100.0%	100%

Contenido de Humedad según ASTM D2216-19			
Variables	Nro		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	---	---	N° 31
(A) Peso de Contenedor Vacío	M _C	(g)	406.00
(B) Peso de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHS}	(g)	2355.00
(C) Peso de Contenedor & Suelo Seco	M _{CSS}	(g)	2249.00
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	1843.00
(E) Peso de Agua (B-C)	M _W	(g)	106.00
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	5.80%
Requisitos mínimos de especimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total		Método A = Humedad Recomendada ± 1% Tamaño máximo partícula % que pasa, tamiz N° 4 Masa mínima recomendada - especimen = 20 g	

Clasificación de Suelos
SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Resultados de la Granulometría		
Grava [N° 4 < φ < 3"]		11.00%
Arena [N° 200 < φ < N° 4]		37.20%
Finos [φ < N° 200]		51.90%

Coeficientes / Finos ≤ 12% (ASTM D2487-17)		
D ₁₀ =	D ₃₀ =	D ₆₀ =
$C_u = D_{60} / D_{10}$		
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$		



Todos los valores observados y calculados se ajustarán a ladirectrices para dígitos significativos y redondeo establecidas en la Práctica ASTM D6026,

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johny R. O.

SILVER GEO SAC.
Calle Huancayo 122-152
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 21]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-03	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

LIMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17^{e1}
CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

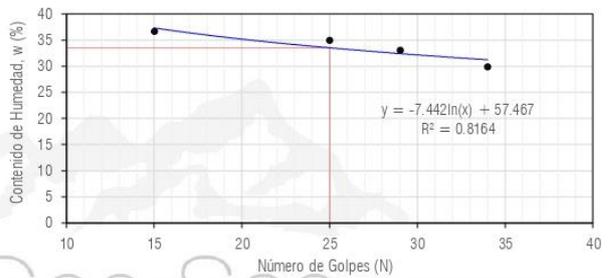
Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 298.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278411 N.8677151
Identificación de muestra : Adición 4%

Limites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Límite Líquido (Método Multipunto)

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Numero de Golpes	N	Golpes	15	25	29	34
Recipiente N°	---	---	N° 15	N° 98	N° 99	N° 100
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CMHS}	(g)	46.60	50.60	53.40	54.20
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{CMSS}	(g)	40.00	43.20	45.60	46.80
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	18.00	21.20	23.60	24.80
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	6.60	7.40	7.80	7.40
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	36.67	34.91	33.05	29.84

Curva de Fluidez



Límite Plástico (Método Manual)

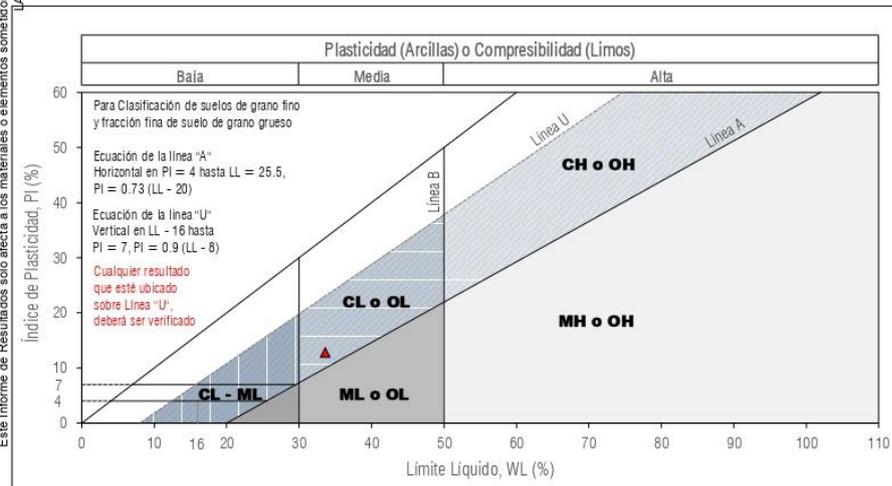
Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 101	N° 102	N° 103	N° 104
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CMHS}	(g)	38.20	40.40	41.30	40.00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{CMSS}	(g)	35.20	37.10	38.20	37.10
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	13.20	15.10	16.20	15.10
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	3.00	3.30	3.10	2.90
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	22.73	21.85	19.14	19.21

Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Liquid Limit (LL_p, w_L) : 33.6% Plastic Limit (PL_p, w_p) : 20.7% Plasticity Index (PI) : 12.9%

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (3)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.



LEYENDA

-  Suelo sin cohesión
-  Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
-  Limos inorgánicos de baja compresibilidad
-  Arcillas inorgánicas de media plasticidad
-  Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
-  Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.
-  Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A

Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotécnica Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204282

RUC: 20601685524
[Pág. 22]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-03	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGÚN NORMA ASTM D6913/D6913M-17
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19
CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 298.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278411 N.8677151
Identificación de muestra : Adición 6%

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

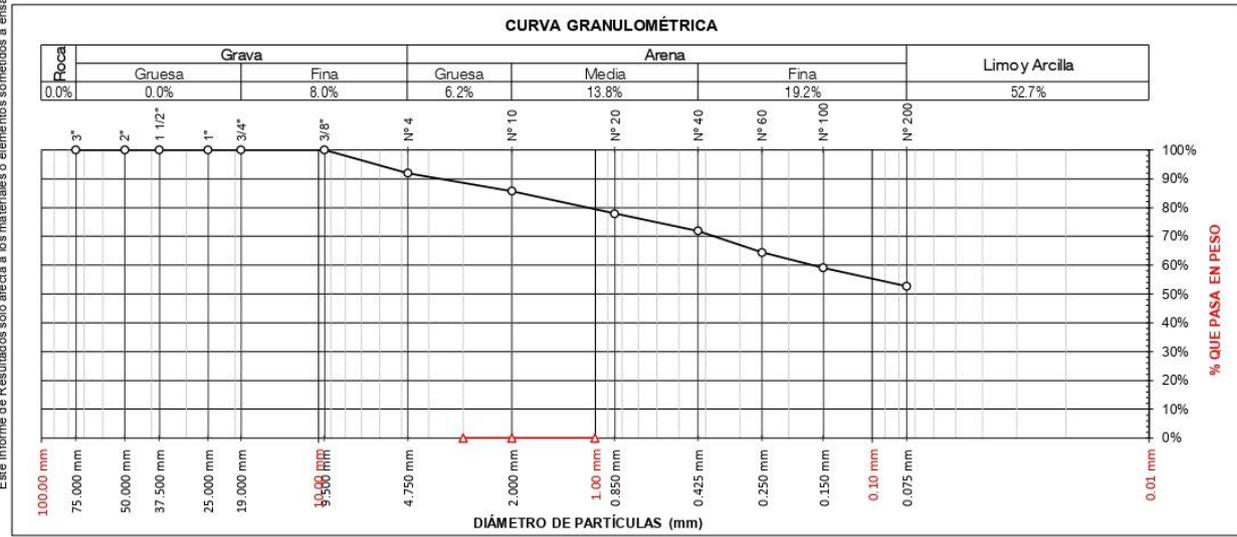
Análisis Granulométrico ASTM D6913/D6913M-17				
Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Que Pasa
3"	75.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
2"	50.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1"	25.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/4"	19.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/8"	9.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
N° 4	4.75 mm	120.00 g	8.0%	92.0%
N° 10	2.00 mm	93.00 g	14.3%	85.7%
N° 20	0.85 mm	116.00 g	22.1%	77.9%
N° 40	0.43 mm	90.00 g	28.1%	71.9%
N° 60	0.25 mm	111.00 g	35.5%	64.5%
N° 100	0.15 mm	80.00 g	40.9%	59.1%
N° 200	0.08 mm	96.00 g	47.3%	52.7%
PASA		786.00 g	100.0%	0.0%
		1492.00 g	100.0%	100%

Contenido de Humedad según ASTM D2216-19			
Variables	Nro		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	---	---	N° 34
(A) Peso de Contenedor Vacío	M _C	(g)	411.00
(B) Peso de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHS}	(g)	2497.00
(C) Peso de Contenedor & Suelo Seco	M _{CHS}	(g)	2381.00
(D) Peso de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	1970.00
(E) Peso de Agua (B-C)	M _W	(g)	116.00
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	5.90%
Requisitos mínimos de especimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total		Método A = Humedad Recomendada ± 1% Tamaño máximo partícula % que pasa, tamiz N° 4 Masa mínima recomendada - especimen = 20 g	

Clasificación de Suelos	
SUCS (ASTM D2487-17) : CL	AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (4)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.	

Resultados de la Granulometría		
Grava [N° 4 < φ < 3"]		8.00%
Arena [N° 200 < φ < N° 4]		39.30%
Finos [φ < N° 200]		52.70%

Coeficientes / Finos ≤ 12% (ASTM D2487-17)		
D ₁₀ =	D ₃₀ =	D ₆₀ =
$C_u = D_{60} / D_{10}$		
$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$		



Todos los valores observados y calculados se ajustarán a ladirectrices para dígitos significativos y redondeo establecidas en la Práctica ASTM D6026,

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Institución Científica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 23]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-03	SG. N°154/2022

SOLICITANTE:

Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS:

EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS:

LIMITES DE ATTERBERG SEGÚN NORMA ASTM D4318-17^{e1}
CLASIFICACIÓN SEGÚN: SUCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

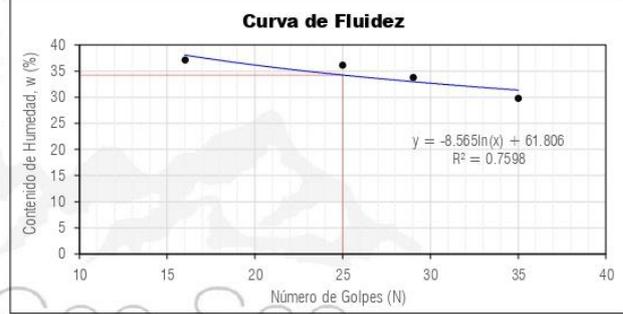
Modalidad : Muestreo por el cliente Profundidad : 1.50 m. Altitud (Cota) : 298.00 m.s.n.m.
Método de Muestreo : Excavación manual Napa freática : N.P. Coordenadas UTM : E.278411 N.8677151
Identificación de muestra : Adición 6%

Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Límite Líquido (Método Multipunto)

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del Laboratorio Silver Geo Sac

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Numero de Golpes	N	Golpes	16	25	29	35
Recipiente N°	---	---	N° 16	N° 106	N° 107	N° 108
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHMS}	(g)	50.10	46.50	45.00	44.70
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{CHMS}	(g)	42.50	40.00	39.20	39.50
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	20.50	18.00	17.20	17.50
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	7.60	6.50	5.80	5.20
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	37.07	36.11	33.72	29.71



Límite Plástico (Método Manual)

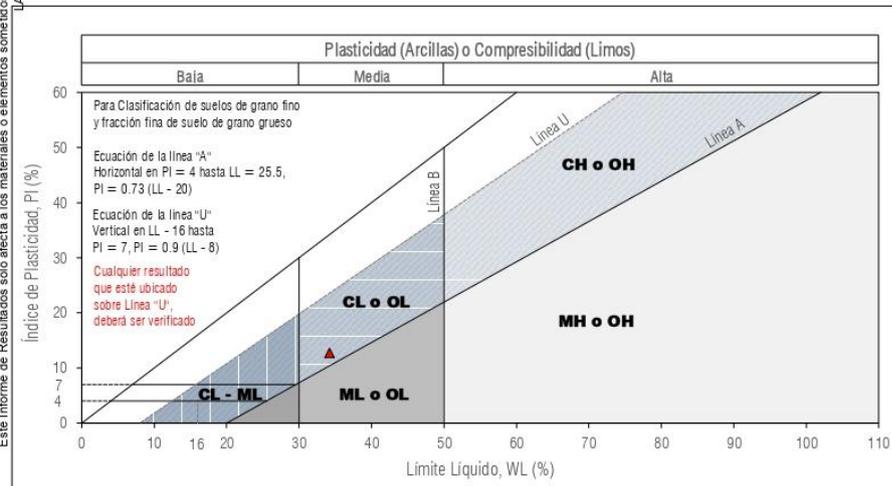
Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 109	N° 110	N° 111	N° 112
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _C	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{CHMS}	(g)	43.40	42.00	52.00	48.00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{CHMS}	(g)	39.50	38.50	46.70	43.55
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _S	(g)	17.50	16.50	24.70	21.55
(E) Mass of Water (B-C)	M _W	(g)	3.90	3.50	5.30	4.45
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	22.29	21.21	21.46	20.65

Resultados Límites de Atterberg (ASTM D4318-17^{e1})

Liquid Limit (LL_p, w_L) : 34.2% Plastic Limit (PL_p, w_p) : 21.4% Plasticity Index (PI) : 12.8%

Clasificación de Suelos

SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D3282-15) : A-6 (4)
Arcilla arenosa de baja plasticidad.



LEYENDA

- Suelo sin cohesión
- Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
- Limos inorgánicos de baja compresibilidad
- Arcillas inorgánicas de media plasticidad
- Limos inorgánicos de compresibilidad media y limos orgánicos
- Arcillas inorgánicas de alta plasticidad.
- Limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas

Ecuación de la línea "A" Sobre A

Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th. Edition

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204282

RUC: 20601685524
[Pág. 24]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-01	SG. N°154/2022

SOLICITANTE: **Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO** TESIS: **EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES**

UBICACIÓN DEL PROYECTO: **UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL**
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS: **PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1**
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19

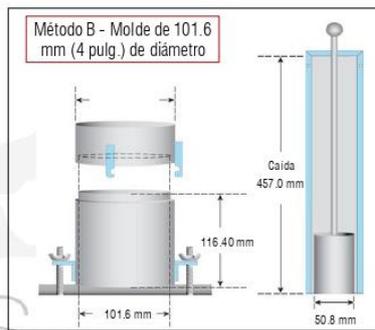
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad: Muestreo por el cliente Profundidad: 1.50 m. Altitud (Cota): 288.00 m.s.n.m.
Identificación muestra: Muestra Patrón Símbolo Suelo: CL Coordenadas UTM: E.278262.7 N.8677047.5
Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25% Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)

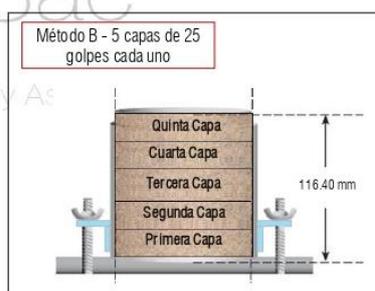
Compactación según ASTM D1557-12e1

Variable	Nro		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo húmedo & Molde	M _{cus}	(g)	5849.00	6020.00	6059.00	6006.00
(B) Peso del Molde	M _{cos}	(g)	4143.00	4143.00	4143.00	4143.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado	(A - B)	(g)	1706.00	1877.00	1916.00	1863.00
(D) Volumen del Molde	V	cm ³	932.34	932.34	932.34	932.34
(E) Densidad Húmeda	(C / D)	gr/cm ³	1.830	2.010	2.060	2.000



Contenido de Humedad según ASTM D2216-10

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 32	N° 33	N° 34	N° 35
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _c	(g)	47.54	39.41	40.15	45.23
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{cus}	(g)	401.01	315.63	304.24	295.72
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{cos}	(g)	370.48	281.95	264.63	252.52
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _s	(g)	322.94	242.54	224.48	207.29
(E) Mass of Water (B-C)	M _w	(g)	30.53	33.68	39.61	43.20
(F) Contenido de Humedad (100 * E/D)	w	(%)	9.45	13.89	17.65	20.84
(G) Densidad Seca		gr/cm ³	1.670	1.760	1.750	1.660



Resultados Ensayos de Compactación

Densidad Máxima Seca (gr/cm³) : 1.77

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 15.40

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia, Geofisica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

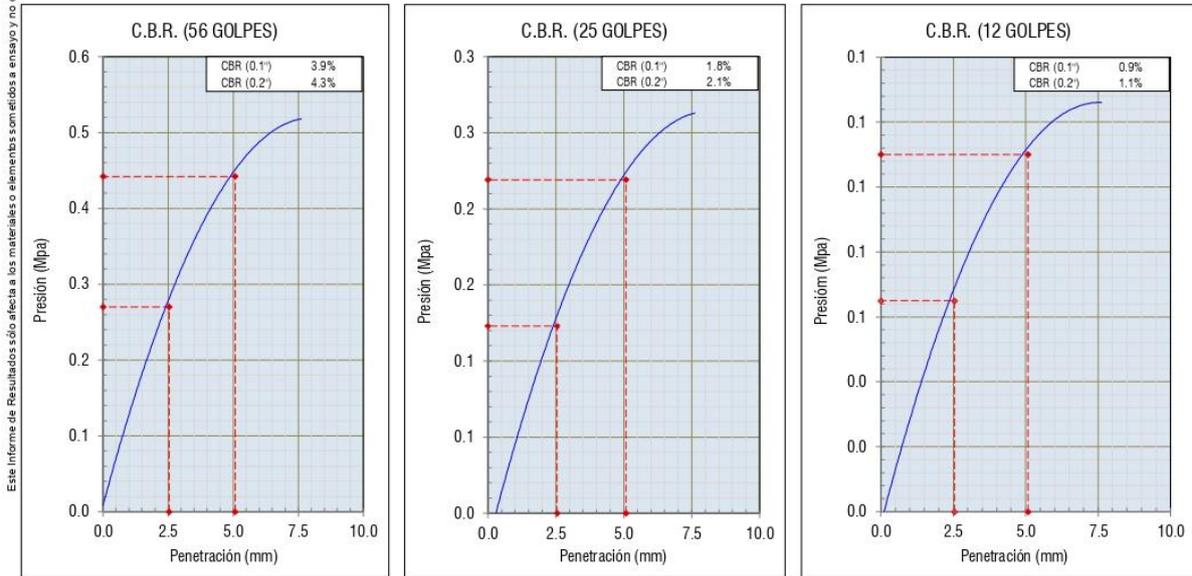
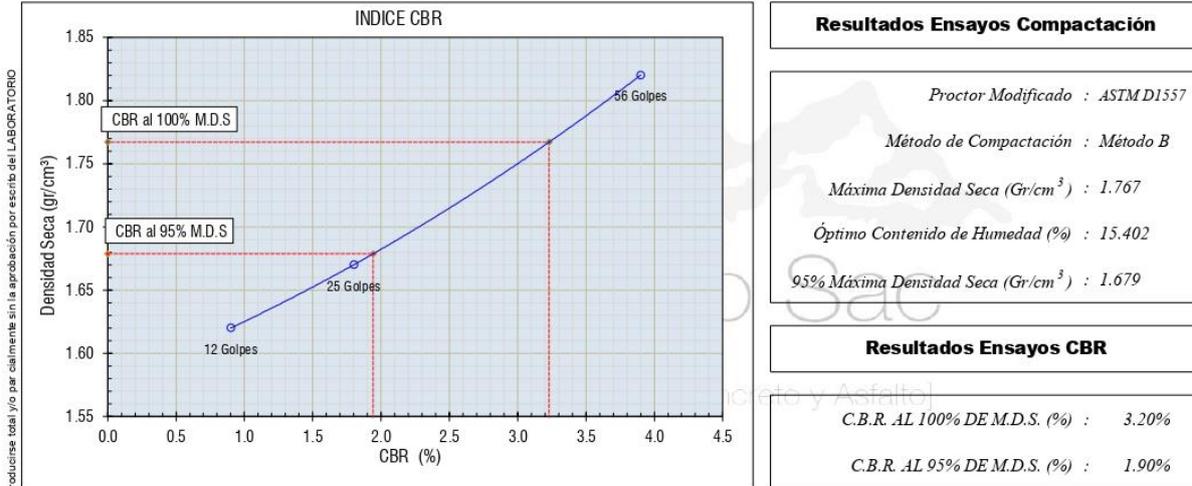
Ing. Civil Johnny R. RAYUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204382

RUC: 2060168524
[Pág. 26]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-01	SG. N° 154/2022

SOLICITANTE:	TESIS:
Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO	EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	ENSAYOS REALIZADOS:
UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL DISTRITO : COMAS PROVINCIA : LIMA DEPARTAMENTO : LIMA	ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:	
Modalidad: Muestreo por el cliente Identificación muestra: Muestra Patrón Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%	Profundidad: 1.50 m. Símbolo Suelo: CL Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.
Altitud (Cota) : 288.00 m.s.n.m. Coordenadas UTM : E.278262.7 N.8677047.5	

Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16



OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 27]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-01	SG. N°154/2022

SOLICITANTE: Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS: EFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS: PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD: Modalidad: Muestreo por el cliente
Identificación muestra: Adición 2%
Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%

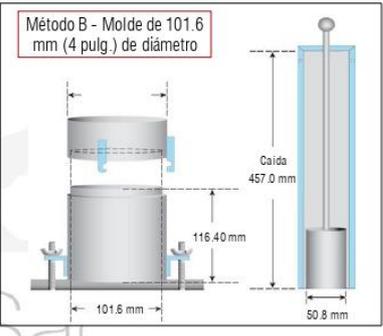
Profundidad: 1.50 m.
Simbolo Suelo: CL
Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Altitud (Cota): 288.00 m.s.n.m.
Coordenadas UTM: E.278262.7 N.8677047.5

Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)

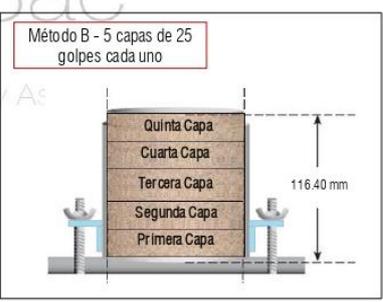
Compactación según ASTM D1557-12e1

Variable	Nro		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelos humedo & Molde	M _{cus}	(g)	5829.00	5988.00	6072.00	6016.00
(B) Peso del Molde	M _{cos}	(g)	4143.00	4143.00	4143.00	4143.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado (A - B)	(g)		1686.00	1845.00	1929.00	1873.00
(D) Volumen del Molde	V	cm ³	932.34	932.34	932.34	932.34
(E) Densidad Húmeda (C / D)	(gr/cm ³)		1.810	1.980	2.070	2.010



Contenido de Húmedad según ASTM D2216-10

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 36	N° 37	N° 38	N° 39
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _c	(g)	49.42	50.92	37.13	50.44
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{cus}	(g)	405.04	377.00	401.00	392.00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{cos}	(g)	377.01	342.00	351.20	336.20
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _s	(g)	327.59	291.08	314.07	285.76
(E) Mass of Water (B-C)	M _w	(g)	28.03	35.00	49.80	55.80
(F) Contenido de Humedad (100 * E/D)	w	(%)	8.56	12.02	15.86	19.53
(G) Densidad Seca		gr/cm ³	1.670	1.770	1.790	1.680



Resultados Ensayos de Compactación

Densidad Máxima Seca (gr/cm³) : 1.80

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 14.64

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia, Geofisica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

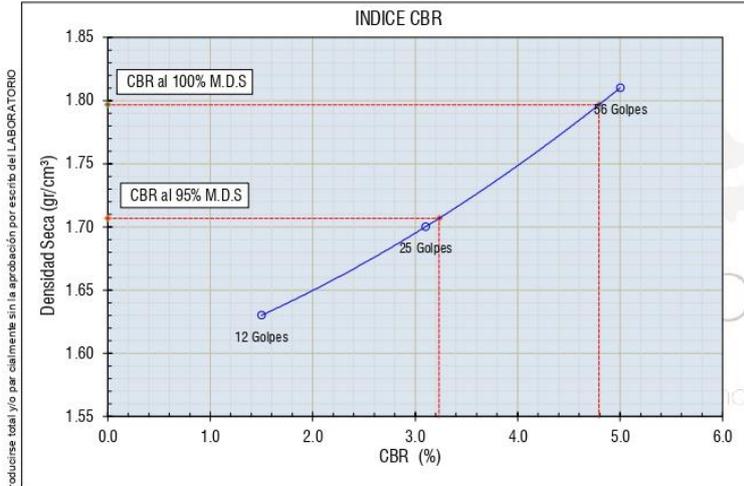
Ing. Civil Johnny R. RAYUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204382

RUC: 2060168524
[Pág. 28]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-01	SG. N° 154/2022

SOLICITANTE:	TESIS:
Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO	EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	ENSAYOS REALIZADOS:
UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL DISTRITO : COMAS PROVINCIA : LIMA DEPARTAMENTO : LIMA	ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:	
Modalidad: Muestreo por el cliente Identificación muestra: Adición 2% Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%	Profundidad: 1.50 m. Símbolo Suelo: CL Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.
Altitud (Cota) : 288.00 m.s.n.m. Coordenadas UTM : E.278262.7 N.8677047.5	

Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16

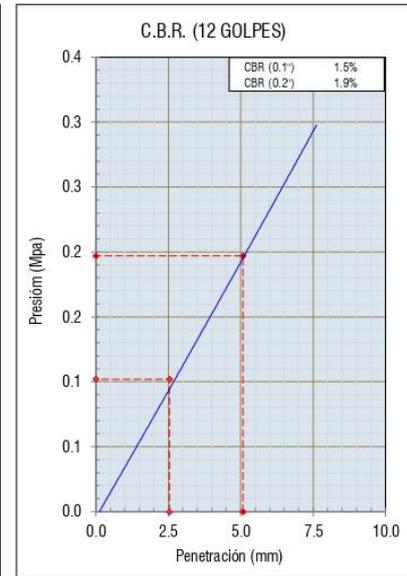
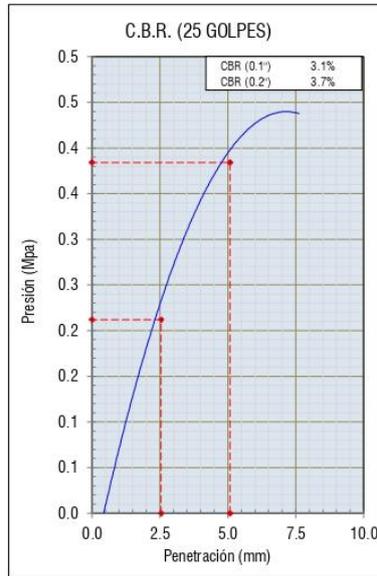
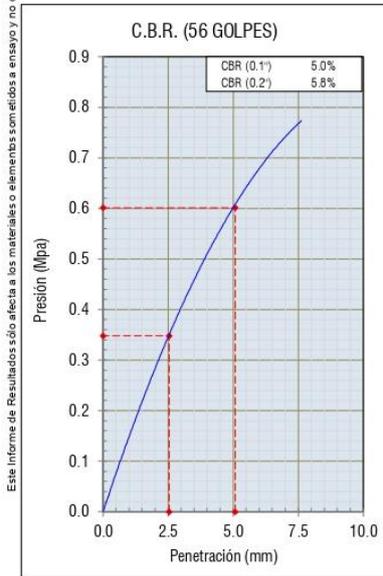


Resultados Ensayos Compactación

Proctor Modificado : ASTM D1557
Método de Compactación : Método B
Máxima Densidad Seca (Gr/cm³) : 1.797
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 14.636
95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm³) : 1.707

Resultados Ensayos CBR

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) : 4.80%
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) : 3.20%



OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 29]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-01	SG. N°154/2022

SOLICITANTE: Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS: EFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS: PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD: Modalidad: Muestreo por el cliente
Identificación muestra: Adición 4%
Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%

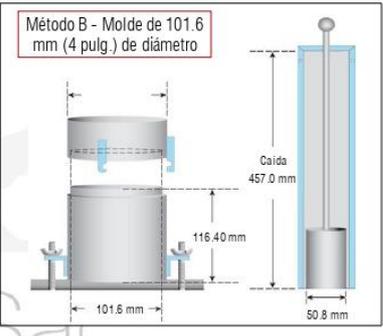
Profundidad: 1.50 m.
Simbolo Suelo: CL
Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Altitud (Cota): 288.00 m.s.n.m.
Coordenadas UTM: E.278262.7 N.8677047.5

Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)

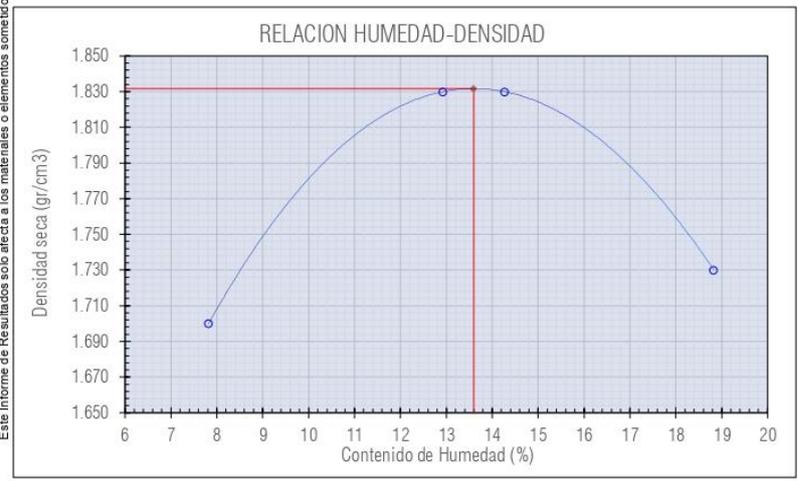
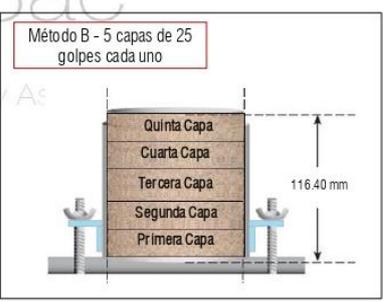
Compactación según ASTM D1557-12e1

Variable	Nro		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelos humedo & Molde	M _{cus}	(g)	5852.00	6070.00	6095.00	6063.00
(B) Peso del Molde	M _{cos}	(g)	4143.00	4143.00	4143.00	4143.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado	(A - B)	(g)	1709.00	1927.00	1952.00	1920.00
(D) Volumen del Molde	V	cm ³	932.34	932.34	932.34	932.34
(E) Densidad Húmeda	(C / D)	gr/cm ³	1.830	2.070	2.090	2.060



Contenido de Humedad según ASTM D2216-10

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 40	N° 41	N° 42	N° 43
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _c	(g)	47.71	39.41	47.71	45.23
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{cus}	(g)	324.05	310.15	395.05	290.24
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{cos}	(g)	304.00	279.15	351.67	251.42
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _s	(g)	256.29	239.74	303.96	206.19
(E) Mass of Water (B-C)	M _w	(g)	20.05	31.00	43.38	38.82
(F) Contenido de Humedad (100 * E/D)	w	(%)	7.82	12.93	14.27	18.83
(G) Densidad Seca		gr/cm ³	1.700	1.830	1.830	1.730



Resultados Ensayos de Compactación

Densidad Máxima Seca (gr/cm³) : 1.83

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13.60

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia, Geofisica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

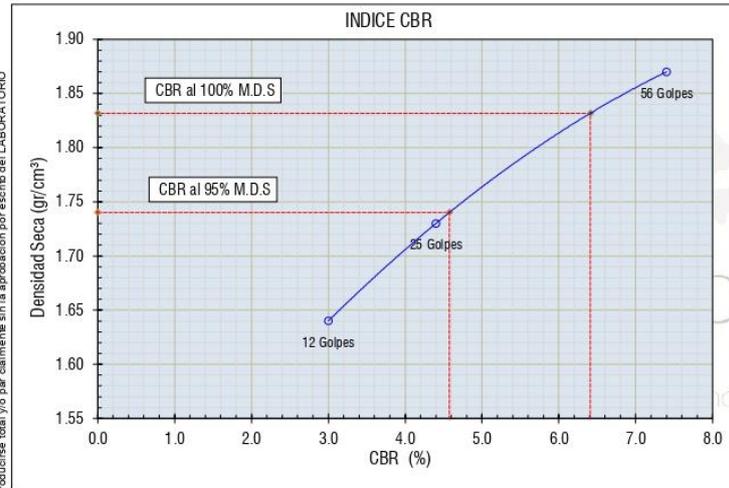
Ing. Civil Johnny R. RAYUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204382

RUC: 2060168524
[Pág. 30]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-01	SG. N° 154/2022

SOLICITANTE: Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO	TESIS: EFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES
UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL DISTRITO : COMAS PROVINCIA : LIMA DEPARTAMENTO : LIMA	ENSAYOS REALIZADOS: ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:	
Modalidad: Muestreo por el cliente	Profundidad: 1.50 m.
Identificación muestra: Adición 4%	Simbolo Suelo: CL
Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%	Altitud (Cota) : 288.00 m.s.n.m.
	Coordenadas UTM : E.278262.7 N.8677047.5
	Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16

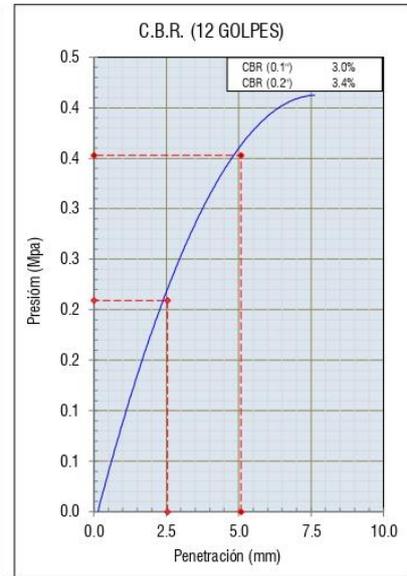
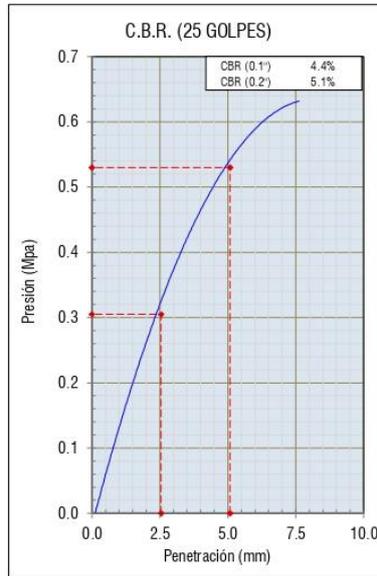
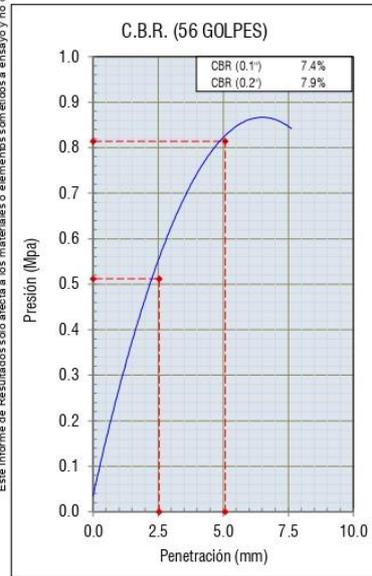


Resultados Ensayos Compactación

Proctor Modificado : ASTM D1557
Método de Compactación : Método B
Máxima Densidad Seca (Gr/cm³) : 1.832
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13.599
95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm³) : 1.740

Resultados Ensayos CBR

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) : 6.40%
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) : 4.60%



OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Societaria Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 31]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-01	SG. N°154/2022

SOLICITANTE: Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS: EFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

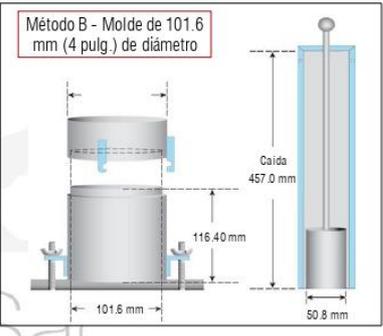
ENSAYOS REALIZADOS: PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD: Modalidad: Muestreo por el cliente
Identificación muestra: Adición 6%
Profundidad: 1.50 m.
Simbolo Suelo: CL
Altitud (Cota): 288.00 m.s.n.m.
Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%
Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.
Coordenadas UTM: E.278262.7 N.8677047.5

Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)

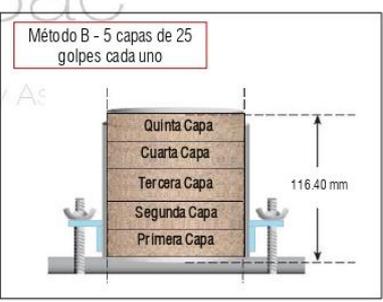
Compactación según ASTM D1557-12e1

Variable	Nro		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo húmedo & Molde	M _{cus}	(g)	5862.00	6071.00	6115.00	6030.00
(B) Peso del Molde	M _{cos}	(g)	4143.00	4143.00	4143.00	4143.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado (A - B)	(g)		1719.00	1928.00	1972.00	1887.00
(D) Volumen del Molde	V	cm ³	932.34	932.34	932.34	932.34
(E) Densidad Húmeda (C / D)	(gr/cm ³)		1.840	2.070	2.120	2.020



Contenido de Humedad según ASTM D2216-10

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 44	N° 45	N° 46	N° 47
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _c	(g)	50.62	46.10	48.73	47.29
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{cus}	(g)	322.28	341.66	325.85	341.55
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{cos}	(g)	304.82	311.68	291.66	296.83
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _s	(g)	254.20	265.58	242.93	249.54
(E) Mass of Water (B-C)	M _w	(g)	17.46	29.98	34.19	44.72
(F) Contenido de Humedad (100 * E/D)	w	(%)	6.87	11.29	14.07	17.92
(G) Densidad Seca		gr/cm ³	1.720	1.860	1.860	1.710



Resultados Ensayos de Compactación

Densidad Máxima Seca (gr/cm³) : 1.87

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 12.71

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia, Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

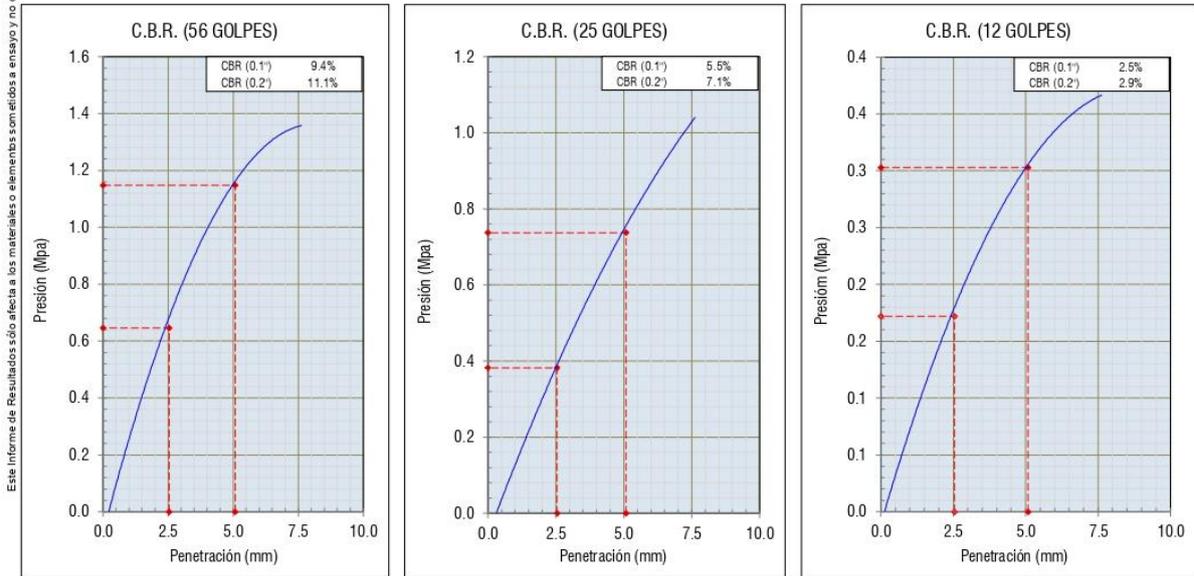
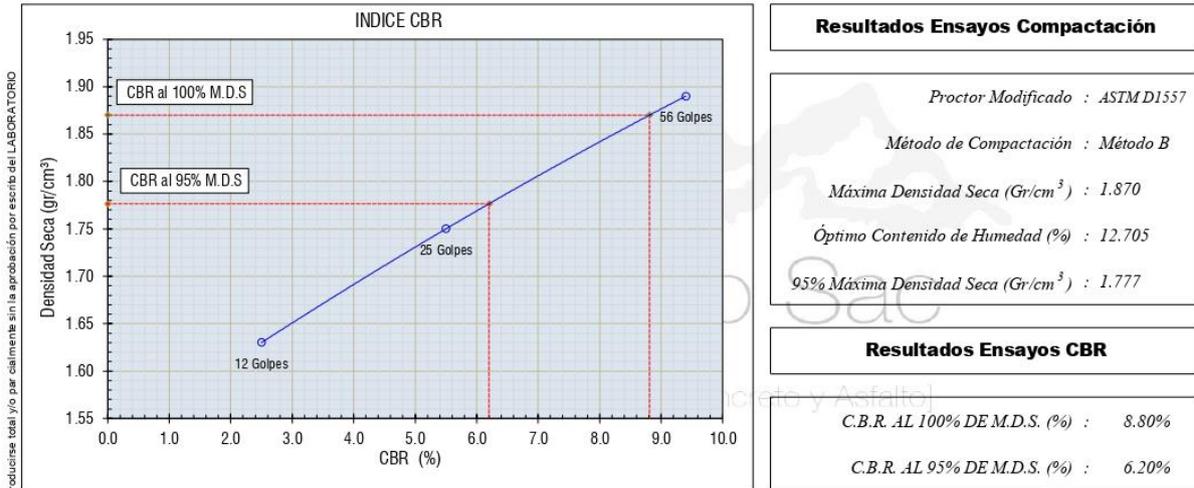
Ing. Civil Johnny R. RAYUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204382

RUC: 2060168524
[Pág. 32]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-01	SG. N° 154/2022

SOLICITANTE:	TESIS:
Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO	EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	ENSAYOS REALIZADOS:
UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL DISTRITO : COMAS PROVINCIA : LIMA DEPARTAMENTO : LIMA	ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:	
Modalidad: Muestreo por el cliente Identificación muestra: Adición 6% Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%	Profundidad: 1.50 m. Símbolo Suelo: CL Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.
Altitud (Cota) : 288.00 m.s.n.m. Coordenadas UTM : E.278262.7 N.8677047.5	

Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16



OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.P. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 33]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-02	SG. N°154/2022

SOLICITANTE: Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS: EFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS: PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19

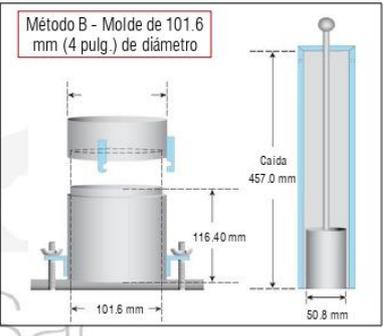
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD: Modalidad: Muestreo por el cliente
Identificación muestra: Muestra Patrón
Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%

Profundidad: 1.50 m.
Simbolo Suelo: CL
Altitud (Cota): 284.00 m.s.n.m.
Coordenadas UTM: E.278332.4 N.8677083.6
Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)

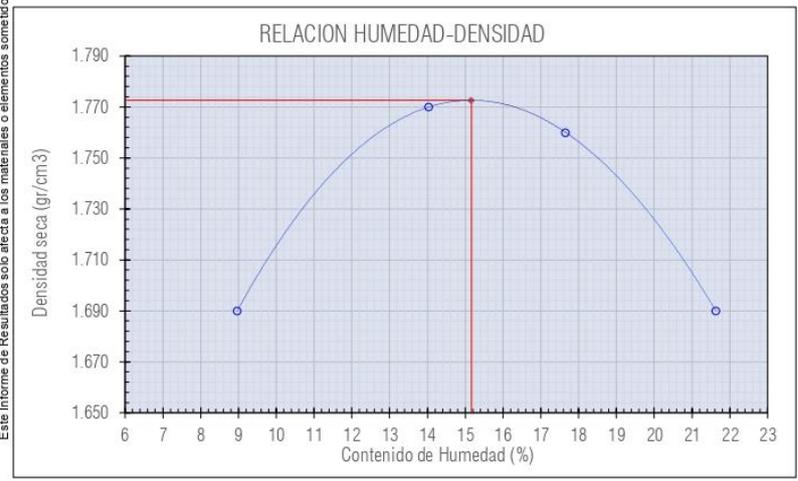
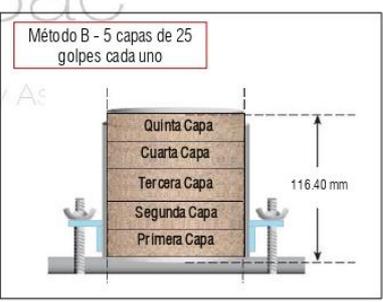
Compactación según ASTM D1557-12e1

Variable	Nro		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo húmedo & Molde	M _{cus}	(g)	5862.00	6025.00	6077.00	6050.00
(B) Peso del Molde	M _{cos}	(g)	4143.00	4143.00	4143.00	4143.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado (A - B)	(A - B)	(g)	1719.00	1882.00	1934.00	1907.00
(D) Volumen del Molde	V	cm ³	932.34	932.34	932.34	932.34
(E) Densidad Húmeda (C / D)	(C / D)	gr/cm ³	1.840	2.020	2.070	2.050



Contenido de Humedad según ASTM D2216-10

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 48	N° 49	N° 50	N° 51
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _c	(g)	50.62	46.10	48.73	47.29
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{cus}	(g)	322.28	341.66	325.85	341.55
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{cos}	(g)	299.92	305.28	284.26	289.23
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _s	(g)	249.30	259.18	235.53	241.94
(E) Mass of Water (B-C)	M _w	(g)	22.36	36.38	41.59	52.32
(F) Contenido de Humedad (100 * E/D)	w	(%)	8.97	14.04	17.66	21.63
(G) Densidad Seca		gr/cm ³	1.690	1.770	1.760	1.690



Resultados Ensayos de Compactación

Densidad Máxima Seca (gr/cm³) : 1.77

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 15.17

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia, Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

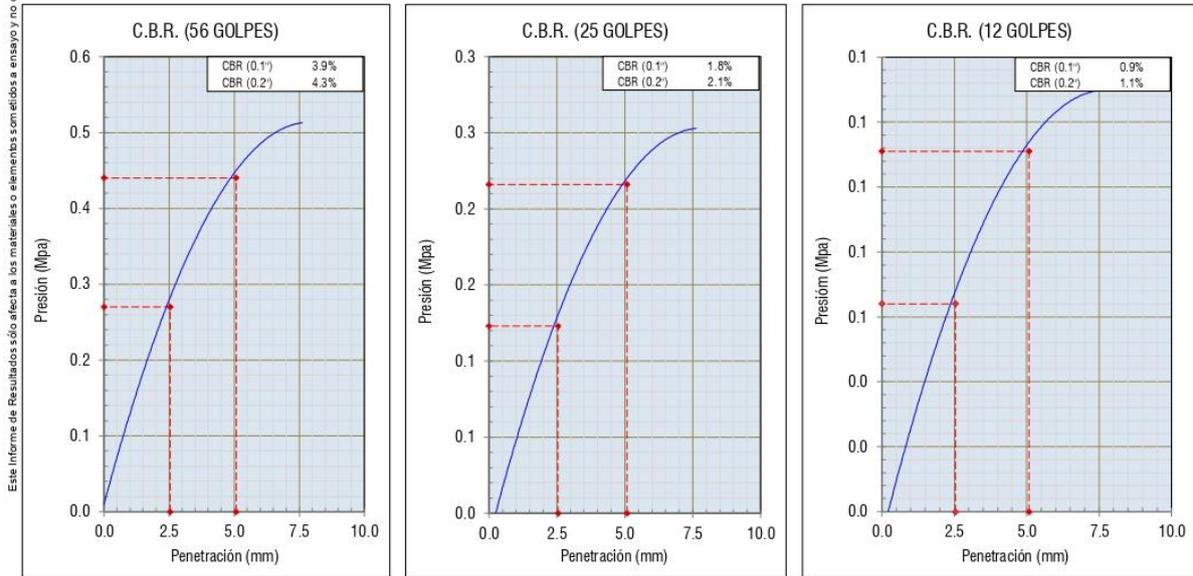
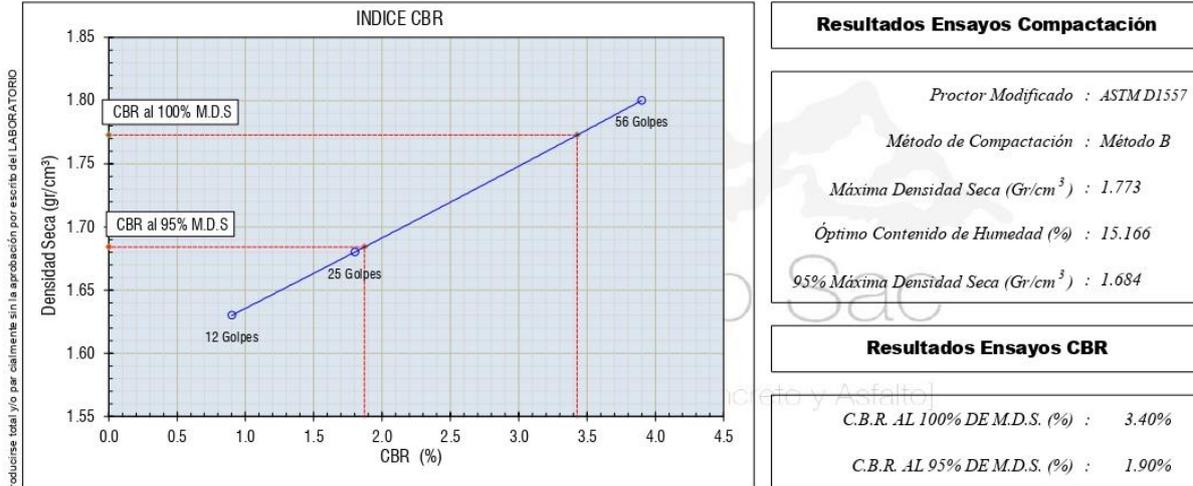
Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204382

RUC: 20601685524
[Pág. 34]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-02	SG. N° 154/2022

SOLICITANTE:	TESIS:
Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO	EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	ENSAYOS REALIZADOS:
UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL DISTRITO : COMAS PROVINCIA : LIMA DEPARTAMENTO : LIMA	ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:	
Modalidad: Muestreo por el cliente Identificación muestra: Muestra Patrón Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%	Profundidad: 1.50 m. Símbolo Suelo: CL Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.
	Altitud (Cota) : 284.00 m.s.n.m. Coordenadas UTM : E.278332.4 N.8677083.6

Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16



OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 35]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-02	SG. N°154/2022

SOLICITANTE: Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS: EFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO:

UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS: PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad: Muestreo por el cliente
Identificación muestra: Adición 2%
Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%

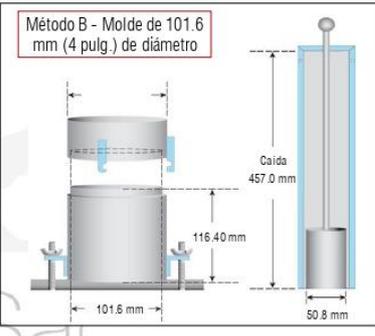
Profundidad: 1.50 m.
Simbolo Suelo: CL
Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Altitud (Cota): 284.00 m.s.n.m.
Coordenadas UTM: E.278332.4 N.8677083.6

Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)

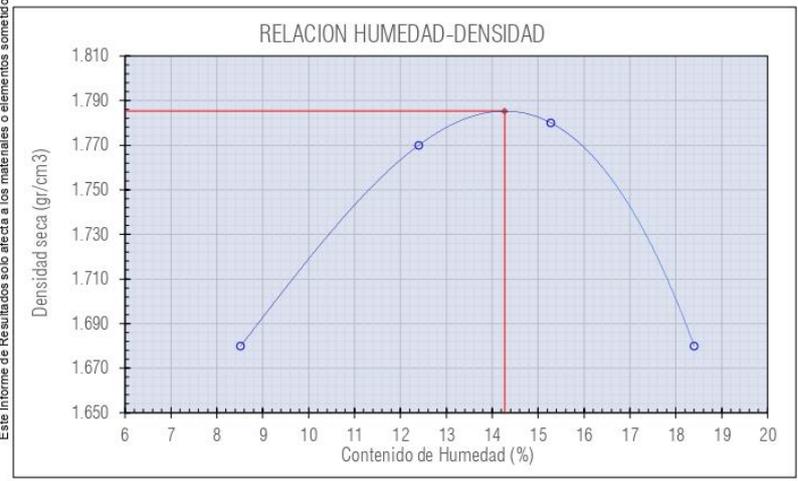
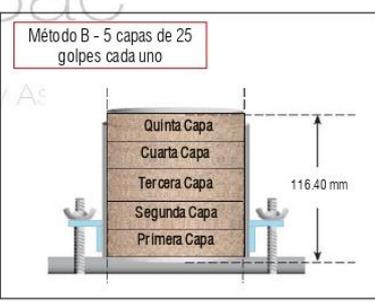
Compactación según ASTM D1557-12e1

Variable	Nro		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo húmedo & Molde	M _{cus}	(g)	5839.00	5994.00	6050.00	6000.00
(B) Peso del Molde	M _{cos}	(g)	4143.00	4143.00	4143.00	4143.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado	(A - B)	(g)	1696.00	1851.00	1907.00	1857.00
(D) Volumen del Molde	V	cm ³	932.34	932.34	932.34	932.34
(E) Densidad Húmeda	(C / D)	gr/cm ³	1.820	1.990	2.050	1.990



Contenido de Humedad según ASTM D2216-10

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 52	N° 53	N° 54	N° 55
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _c	(g)	50.47	49.66	49.12	49.63
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{cus}	(g)	408.93	362.11	345.30	374.00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{cos}	(g)	380.80	327.63	306.05	323.60
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _s	(g)	330.33	277.97	256.93	273.97
(E) Mass of Water (B-C)	M _w	(g)	28.13	34.48	39.25	50.40
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	8.52	12.40	15.28	18.40
(G) Densidad Seca		gr/cm ³	1.680	1.770	1.780	1.680



Resultados Ensayos de Compactación

Densidad Máxima Seca (gr/cm³) : 1.79

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 14.27

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia, Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

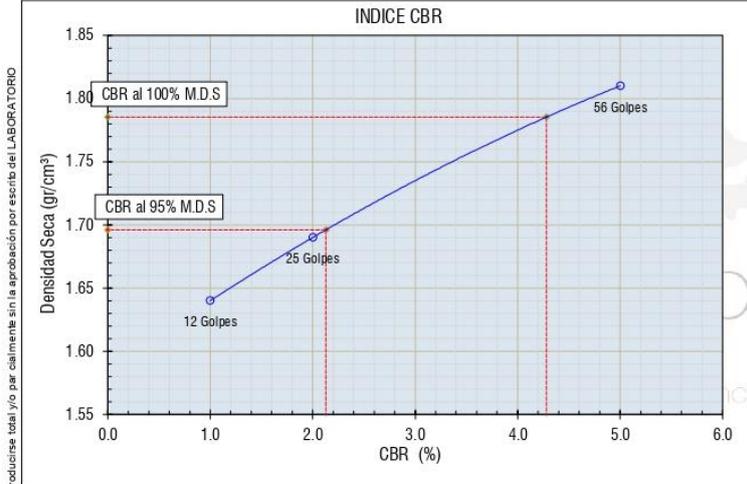
Ing. Civil Johnny R. RAYUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204382

RUC: 20601685524
[Pág. 36]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-02	SG. N° 154/2022

SOLICITANTE:	TESIS:
Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO	EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	ENSAYOS REALIZADOS:
UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL DISTRITO : COMAS PROVINCIA : LIMA DEPARTAMENTO : LIMA	ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:	
Modalidad: Muestreo por el cliente Identificación muestra: Adición 2% Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%	Profundidad: 1.50 m. Símbolo Suelo: CL Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.
	Altitud (Cota) : 284.00 m.s.n.m. Coordenadas UTM : E.278332.4 N.8677083.6

Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16

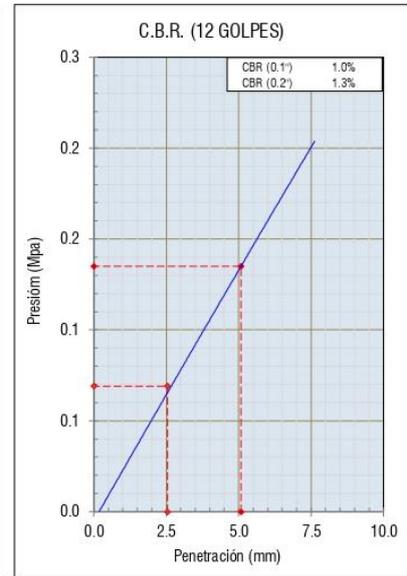
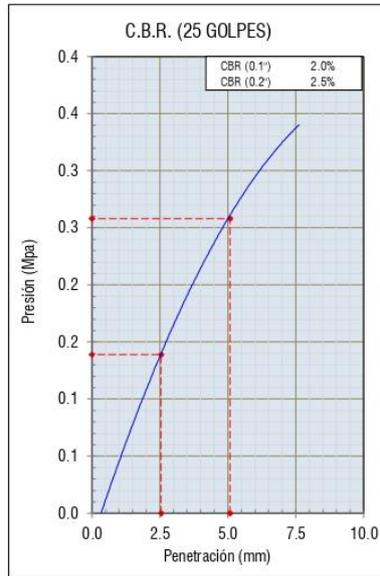
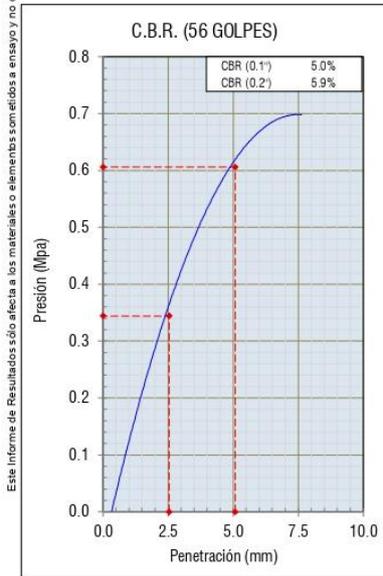


Resultados Ensayos Compactación

Proctor Modificado : ASTM D1557
Método de Compactación : Método B
Máxima Densidad Seca (Gr/cm³) : 1.785
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 14.273
95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm³) : 1.696

Resultados Ensayos CBR

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) : 4.30%
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) : 2.10%



OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 37]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-02	SG. N°154/2022

SOLICITANTE: Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS: EFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS: PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19

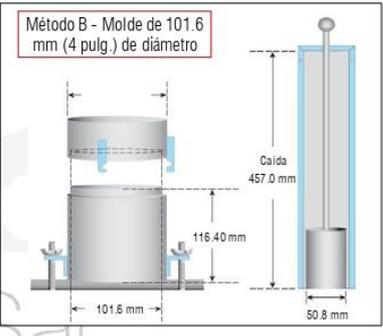
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad: Muestreo por el cliente Profundidad: 1.50 m. Altitud (Cota): 284.00 m.s.n.m.
Identificación muestra: Adición 4% Símbolo Suelo: CL Coordenadas UTM: E.278332.4 N.8677083.6
Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25% Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)

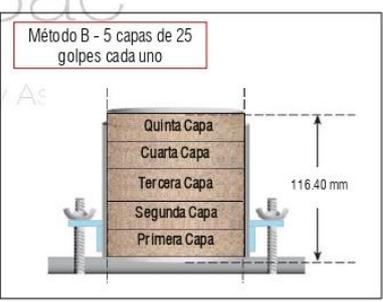
Compactación según ASTM D1557-12e1

Variable	Nro		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo húmedo & Molde	M _{cus}	(g)	5838.00	6052.00	6090.00	6025.00
(B) Peso del Molde	M _{cos}	(g)	4143.00	4143.00	4143.00	4143.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado (A - B)	(A - B)	(g)	1695.00	1909.00	1947.00	1882.00
(D) Volumen del Molde	V	cm ³	932.34	932.34	932.34	932.34
(E) Densidad Húmeda (C / D)	(C / D)	gr/cm ³	1.820	2.050	2.090	2.020



Contenido de Humedad según ASTM D2216-10

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 56	N° 57	N° 58	N° 59
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _c	(g)	52.17	51.05	47.69	49.52
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{cus}	(g)	310.60	365.00	331.00	352.00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{cos}	(g)	292.07	330.55	293.25	304.28
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _s	(g)	239.90	279.50	245.56	254.76
(E) Mass of Water (B-C)	M _w	(g)	18.53	34.45	37.75	47.72
(F) Contenido de Humedad (100 * E/D)	w	(%)	7.72	12.33	15.37	18.73
(G) Densidad Seca		gr/cm ³	1.690	1.820	1.810	1.700



Resultados Ensayos de Compactación

Densidad Máxima Seca (gr/cm³) : 1.83

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13.49

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia, Geofisica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204382

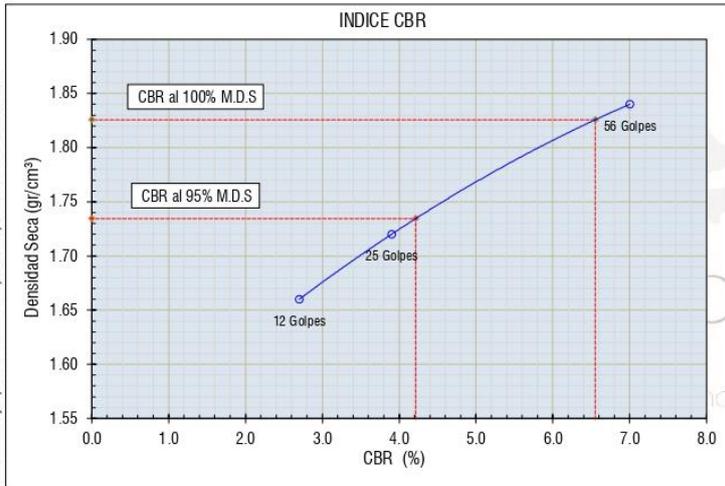
RUC: 2060168524
[Pág. 38]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-02	SG. N° 154/2022

SOLICITANTE:	TESIS:
Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO	EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	ENSAYOS REALIZADOS:
UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL DISTRITO : COMAS PROVINCIA : LIMA DEPARTAMENTO : LIMA	ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:	
Modalidad: Muestreo por el cliente Identificación muestra: Adición 4% Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%	Profundidad: 1.50 m. Símbolo Suelo: CL Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.
Altitud (Cota) : 284.00 m.s.n.m. Coordenadas UTM : E.278332.4 N.8677083.6	

Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

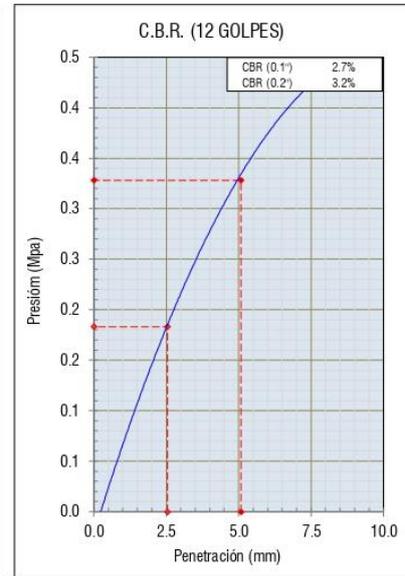
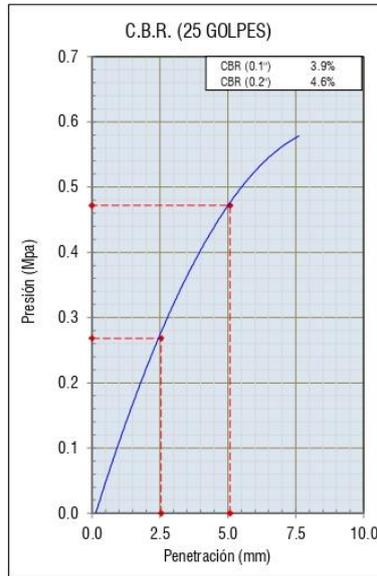
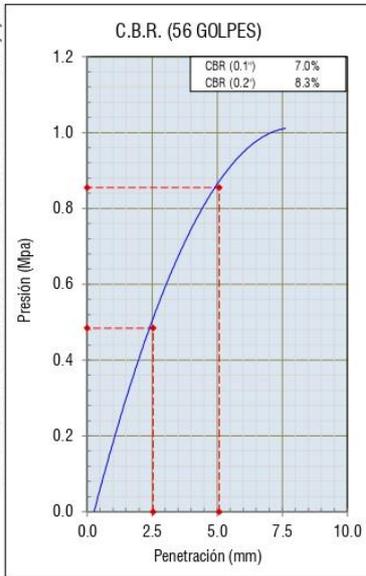


Resultados Ensayos Compactación

Proctor Modificado : ASTM D1557
Método de Compactación : Método B
Máxima Densidad Seca (Gr/cm³) : 1.826
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13.485
95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm³) : 1.734

Resultados Ensayos CBR

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) : 6.60%
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) : 4.20%



OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Societaria Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 39]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-02	SG. N°154/2022

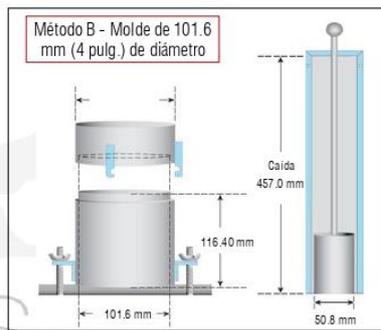
SOLICITANTE:	TESIS:
Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO	EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	ENSAYOS REALIZADOS:
UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL DISTRITO : COMAS PROVINCIA : LIMA DEPARTAMENTO : LIMA	PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:	

Modalidad: Muestreo por el cliente Profundidad: 1.50 m. Altitud (Cota): 284.00 m.s.n.m.
Identificación muestra: Adición 6% Símbolo Suelo: CL Coordenadas UTM: E.278332.4 N.8677083.6
Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25% Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)

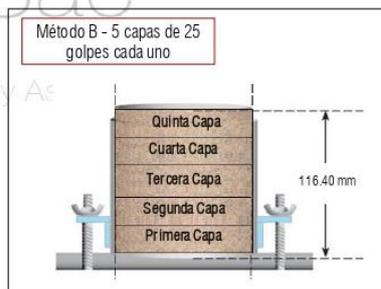
Compactación según ASTM D1557-12e1

Variable	Nro		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo húmedo & Molde	M _{cus}	(g)	5880.00	6090.00	6129.00	6055.00
(B) Peso del Molde	M _{cos}	(g)	4143.00	4143.00	4143.00	4143.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado (A - B)	(A - B)	(g)	1737.00	1947.00	1986.00	1912.00
(D) Volumen del Molde	V	cm ³	932.34	932.34	932.34	932.34
(E) Densidad Húmeda (C / D)	(C / D)	gr/cm ³	1.860	2.090	2.130	2.050



Contenido de Humedad según ASTM D2216-10

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 60	N° 61	N° 62	N° 63
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _c	(g)	50.37	51.76	50.62	50.78
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{cus}	(g)	302.46	300.60	365.04	301.93
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{cos}	(g)	285.95	275.28	325.20	263.15
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _s	(g)	235.58	223.52	274.58	212.37
(E) Mass of Water (B-C)	M _w	(g)	16.51	25.32	39.84	38.78
(F) Contenido de Humedad (100 * E/D)	w	(%)	7.01	11.33	14.51	18.26
(G) Densidad Seca		gr/cm ³	1.740	1.880	1.860	1.730



Resultados Ensayos de Compactación

Densidad Máxima Seca (gr/cm³) : 1.88

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 12.23

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia, Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto

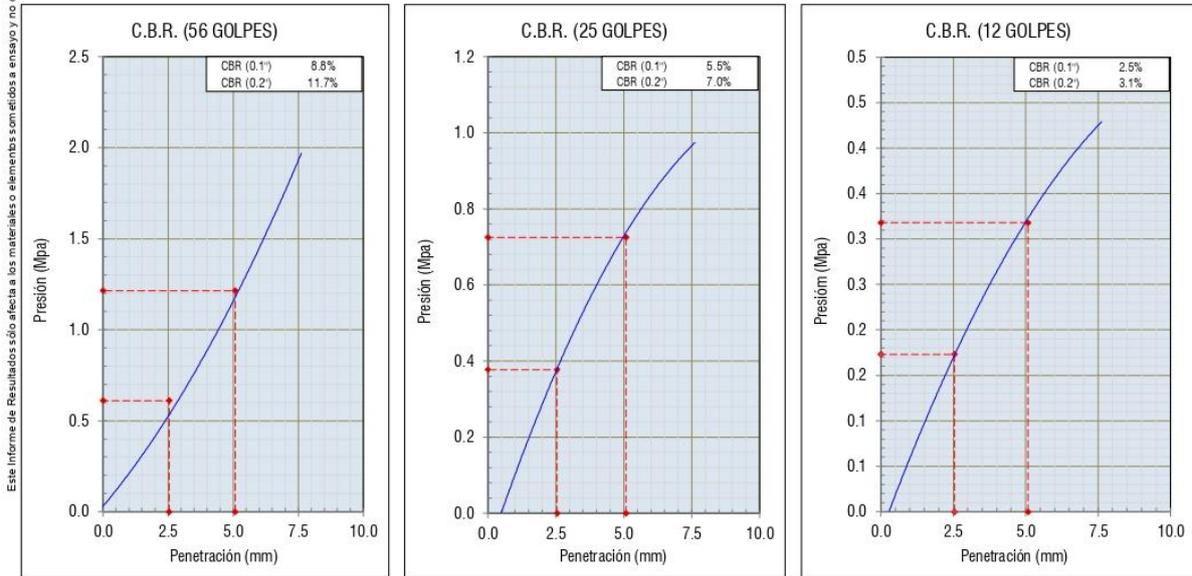
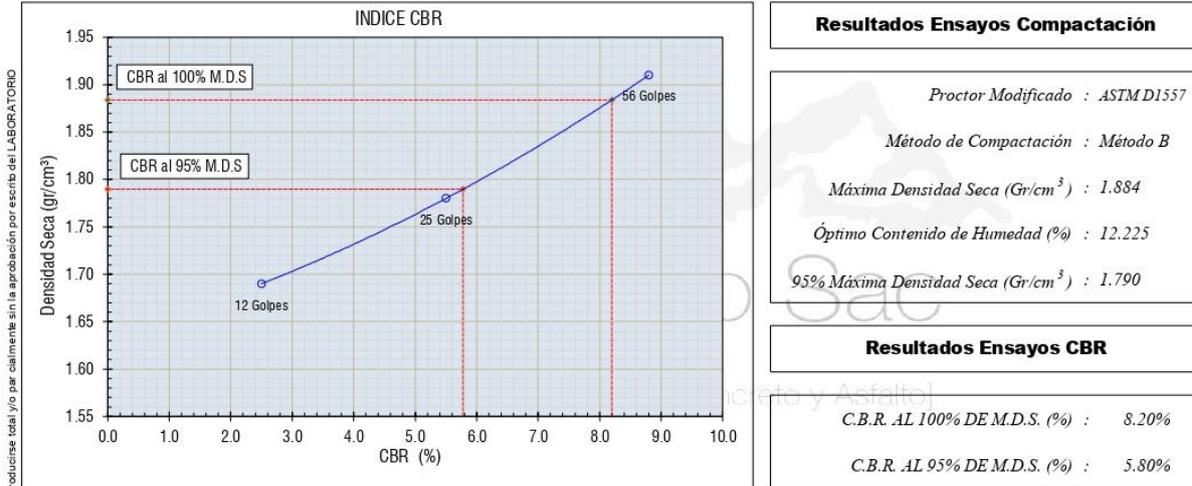
Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204382

RUC: 2060168524
[Pág. 40]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-02	SG. N° 154/2022

SOLICITANTE:	TESIS:
Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO	EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	ENSAYOS REALIZADOS:
UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL DISTRITO : COMAS PROVINCIA : LIMA DEPARTAMENTO : LIMA	ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:	
Modalidad : Muestreo por el cliente Identificación muestra : Adición 6% Procedimiento Utilizado : Método B - Malla 3/8" retiene 25%	Profundidad : 1.50 m. Símbolo Suelo : CL Clasificación del Suelo : Arcilla arenosa de baja plasticidad.
Altitud (Cota) : 284.00 m.s.n.m. Coordenadas UTM : E.278332.4 N.8677083.6	

Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16



OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 41]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-03	SG. N°154/2022

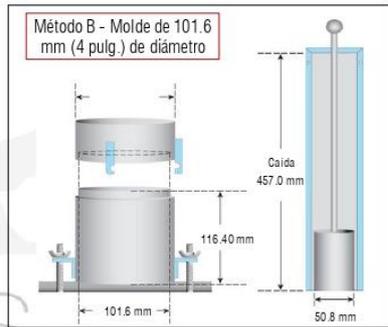
SOLICITANTE:	TESIS:
Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO	EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	ENSAYOS REALIZADOS:
UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL DISTRITO : COMAS PROVINCIA : LIMA DEPARTAMENTO : LIMA	PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:	

Modalidad: Muestreo por el cliente Profundidad: 1.50 m. Altitud (Cota): 298.00 m.s.n.m.
Identificación muestra: Muestra Patrón Símbolo Suelo: CL Coordenadas UTM: E.278411 N.8677151
Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25% Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)

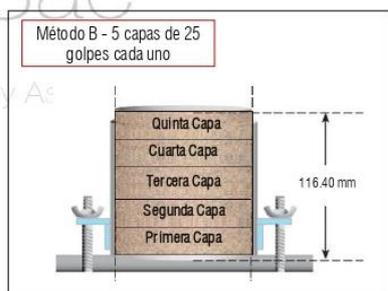
Compactación según ASTM D1557-12e1

Variable	Nro		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo húmedo & Molde	M _{cus}	(g)	5862.00	5995.00	6061.00	6013.00
(B) Peso del Molde	M _{cos}	(g)	4143.00	4143.00	4143.00	4143.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado	(A - B)	(g)	1719.00	1852.00	1918.00	1870.00
(D) Volumen del Molde	V	cm ³	932.34	932.34	932.34	932.34
(E) Densidad Húmeda	(C / D)	gr/cm ³	1.840	1.990	2.060	2.010



Contenido de Humedad según ASTM D2216-10

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 64	N° 65	N° 66	N° 67
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _c	(g)	51.67	51.28	50.16	51.32
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{cus}	(g)	352.91	329.63	324.52	356.63
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{cos}	(g)	326.47	296.91	286.06	305.08
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _s	(g)	274.80	245.63	235.90	253.76
(E) Mass of Water (B-C)	M _w	(g)	26.44	32.72	38.46	51.55
(F) Contenido de Humedad (100 * E/D)	w	(%)	9.62	13.32	16.30	20.31
(G) Densidad Seca		gr/cm ³	1.680	1.760	1.770	1.670



Resultados Ensayos de Compactación

Densidad Máxima Seca (gr/cm³) : 1.77

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 15.33

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia, Geofisica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204382

RUC: 20601685524
[Pág. 42]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-03	SG. N° 154/2022

SOLICITANTE: **Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO** TESIS: **EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES**

UBICACIÓN DEL PROYECTO: ENSAYOS REALIZADOS:

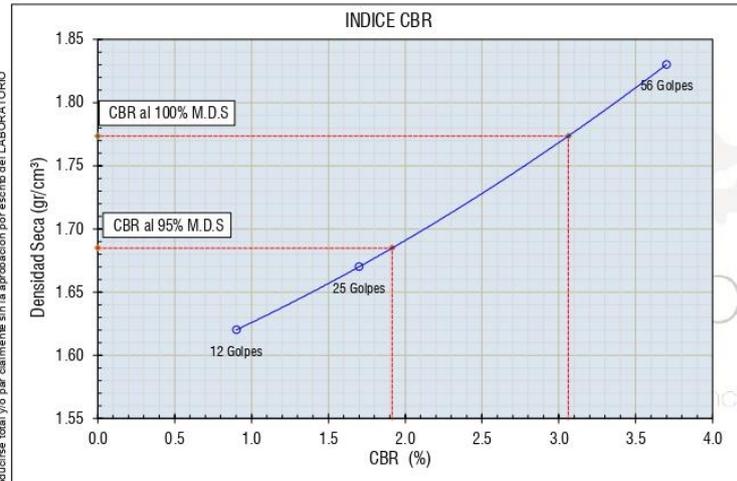
UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad: Muestreo por el cliente Profundidad: 1.50 m. Altitud (Cota) : 298.00 m.s.n.m.
Identificación muestra: Muestra Patrón Símbolo Suelo: CL Coordenadas UTM : E.278411 N.8677151
Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25% Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16

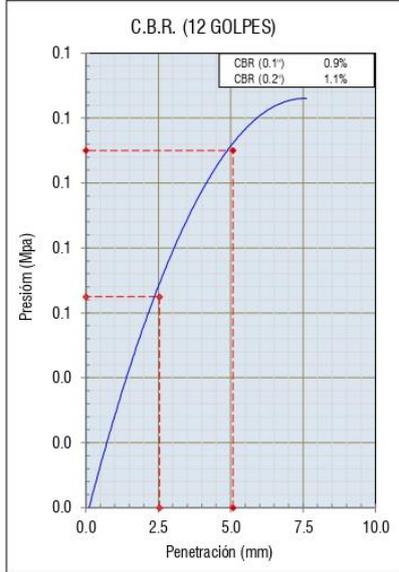
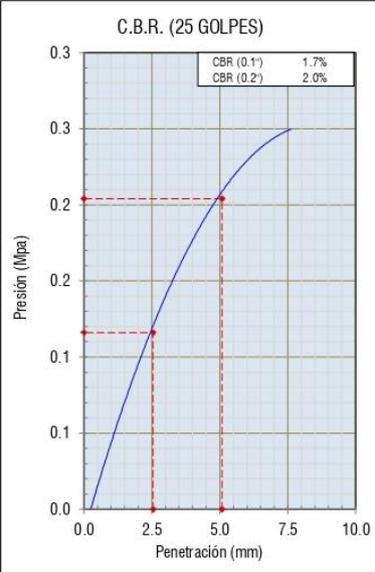
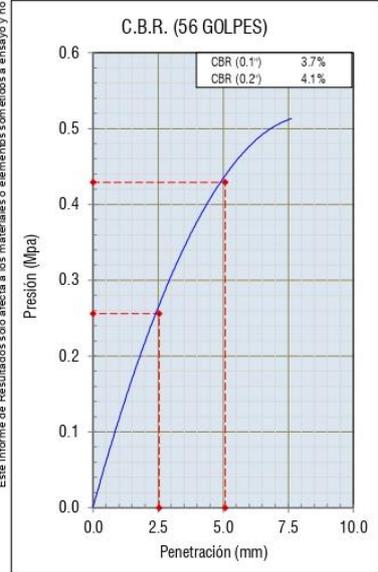


Resultados Ensayos Compactación

Proctor Modificado : ASTM D1557
Método de Compactación : Método B
Máxima Densidad Seca (Gr/cm³) : 1.773
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 15.333
95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm³) : 1.685

Resultados Ensayos CBR

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) : 3.10%
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) : 1.90%



OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.P. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 43]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-03	SG. N°154/2022

SOLICITANTE: Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS: EFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS: PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD: Modalidad: Muestreo por el cliente
Identificación muestra: Adición 2%
Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%

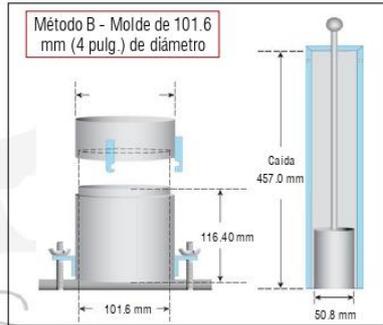
Profundidad: 1.50 m.
Simbolo Suelo: CL
Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Altitud (Cota): 298.00 m.s.n.m.
Coordenadas UTM: E.278411 N.8677151

Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)

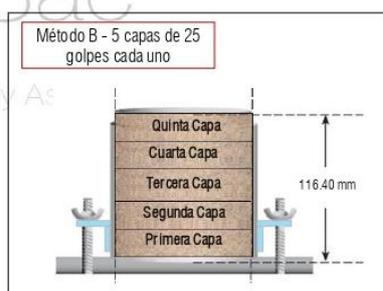
Compactación según ASTM D1557-12e1

Variable	Nro		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelos humedo & Molde	M _{cus}	(g)	5865.00	5998.00	6072.00	6035.00
(B) Peso del Molde	M _{cos}	(g)	4143.00	4143.00	4143.00	4143.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado (A - B)	(g)		1722.00	1855.00	1929.00	1892.00
(D) Volumen del Molde	V	cm ³	932.34	932.34	932.34	932.34
(E) Densidad Húmeda (C / D)	(gr/cm ³)		1.850	1.990	2.070	2.030



Contenido de Húmedad según ASTM D2216-10

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 68	N° 69	N° 70	N° 71
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _c	(g)	51.08	46.55	49.41	47.61
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{cus}	(g)	306.88	324.26	308.45	323.15
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{cos}	(g)	286.12	294.43	273.20	277.53
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _s	(g)	235.04	247.88	223.79	229.92
(E) Mass of Water (B-C)	M _w	(g)	20.76	29.83	35.25	45.62
(F) Contenido de Humedad (100 * E/D)	w	(%)	8.83	12.03	15.75	19.84
(G) Densidad Seca		gr/cm ³	1.700	1.780	1.790	1.690



Resultados Ensayos de Compactación

Densidad Máxima Seca (gr/cm³) : 1.80

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 14.30

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia, Geofisica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

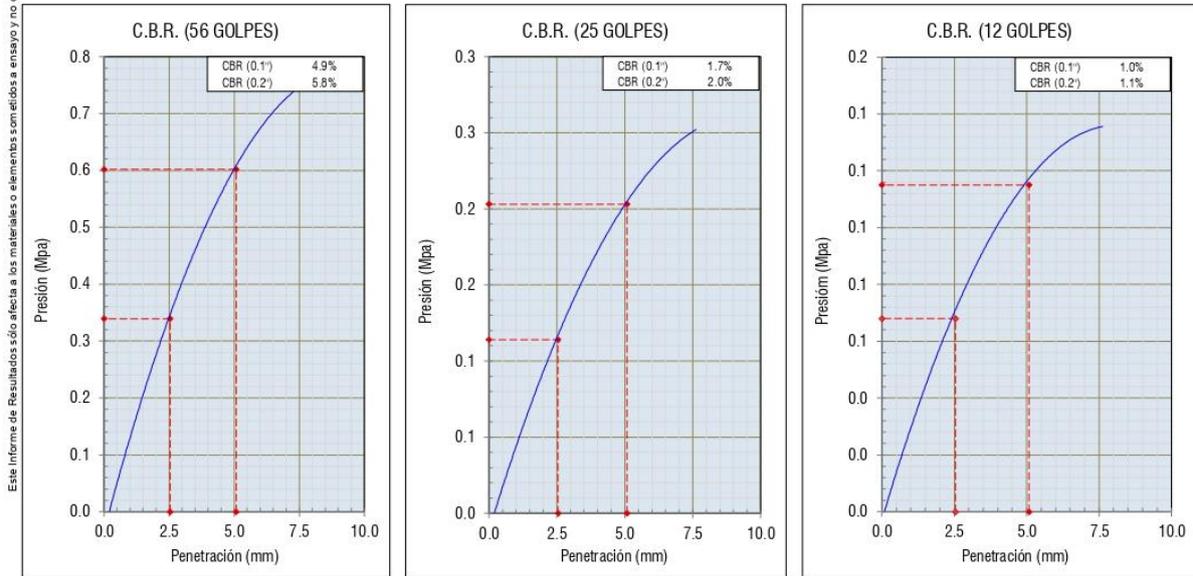
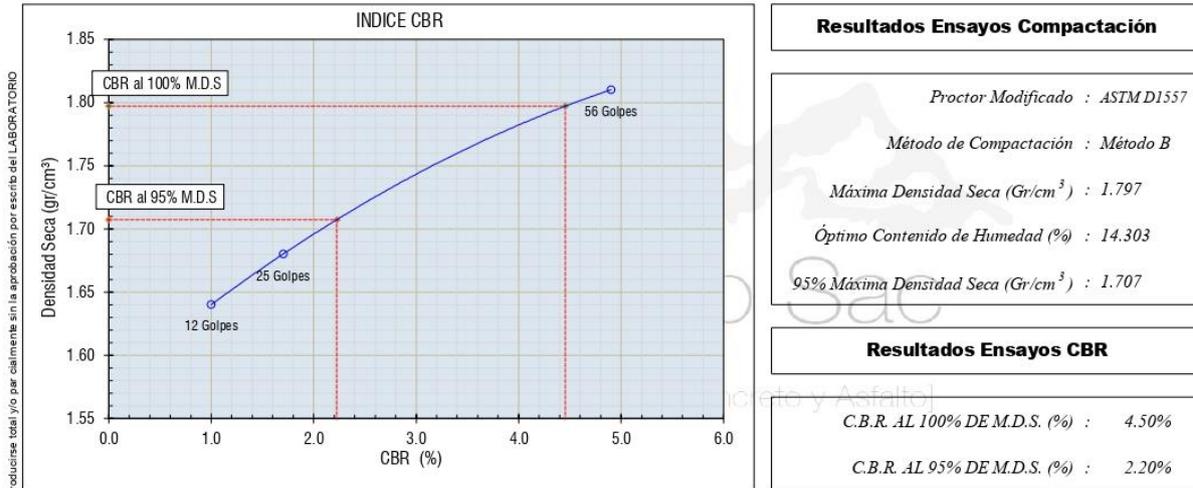
Ing. Civil Johnny R. RAYUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204382

RUC: 2060168524
[Pág. 44]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-03	SG. N° 154/2022

SOLICITANTE:	TESIS:
Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO	EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	ENSAYOS REALIZADOS:
UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL DISTRITO : COMAS PROVINCIA : LIMA DEPARTAMENTO : LIMA	ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:	
Modalidad: Muestreo por el cliente Identificación muestra: Adición 2% Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%	Profundidad: 1.50 m. Símbolo Suelo: CL Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.
	Altitud (Cota) : 298.00 m.s.n.m. Coordenadas UTM : E.278411 N.8677151

Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16



OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Ingeniería Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.P. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 45]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-03	SG. N°154/2022

SOLICITANTE: Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS: EFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS: PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD: Modalidad: Muestreo por el cliente
Identificación muestra: Adición 4%
Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%

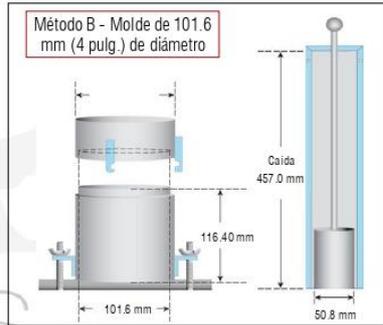
Profundidad: 1.50 m.
Simbolo Suelo: CL
Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Altitud (Cota): 298.00 m.s.n.m.
Coordenadas UTM: E.278411 N.8677151

Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)

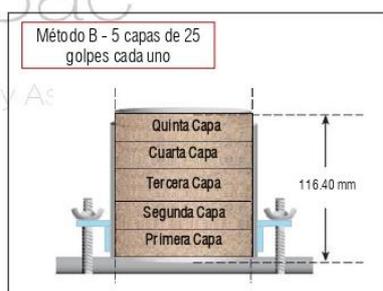
Compactación según ASTM D1557-12e1

Variable	Nro		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo húmedo & Molde	M _{cus}	(g)	5866.00	6035.00	6080.00	6031.00
(B) Peso del Molde	M _{cos}	(g)	4143.00	4143.00	4143.00	4143.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado	(A - B)	(g)	1723.00	1892.00	1937.00	1888.00
(D) Volumen del Molde	V	cm ³	932.34	932.34	932.34	932.34
(E) Densidad Húmeda	(C / D)	gr/cm ³	1.850	2.030	2.080	2.030



Contenido de Humedad según ASTM D2216-10

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 72	N° 73	N° 74	N° 75
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _c	(g)	49.34	51.11	51.83	50.18
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{cus}	(g)	333.95	349.34	336.76	376.18
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{cos}	(g)	310.50	316.34	300.35	325.05
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _s	(g)	261.16	265.23	248.52	274.87
(E) Mass of Water (B-C)	M _w	(g)	23.45	33.00	36.41	51.13
(F) Contenido de Humedad (100 * E/D)	w	(%)	8.98	12.44	14.65	18.60
(G) Densidad Seca		gr/cm ³	1.700	1.810	1.810	1.710



Resultados Ensayos de Compactación

Densidad Máxima Seca (gr/cm³) : 1.82

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13.53

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia, Geofisica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204382

RUC: 2060168524
[Pág. 46]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-03	SG. N° 154/2022

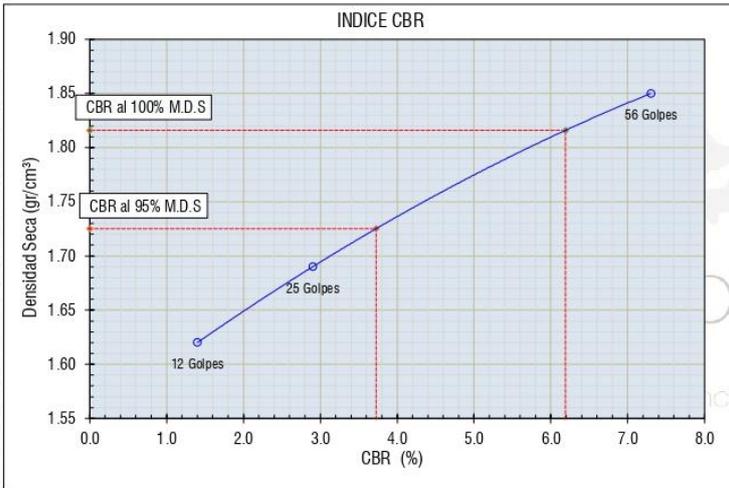
SOLICITANTE: **Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO** TESIS: **EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES**

UBICACIÓN DEL PROYECTO: **UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA** ENSAYOS REALIZADOS: **ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16**

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:
 Modalidad: Muestreo por el cliente Profundidad: 1.50 m. Altitud (Cota) : 298.00 m.s.n.m.
 Identificación muestra: Adición 4% Símbolo Suelo: CL Coordenadas UTM : E.278411 N.8677151
 Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25% Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16

Este Informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

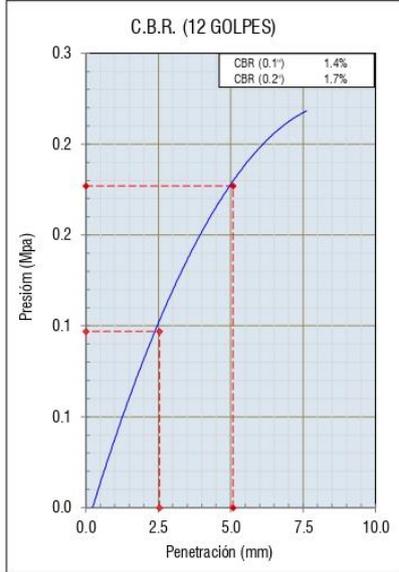
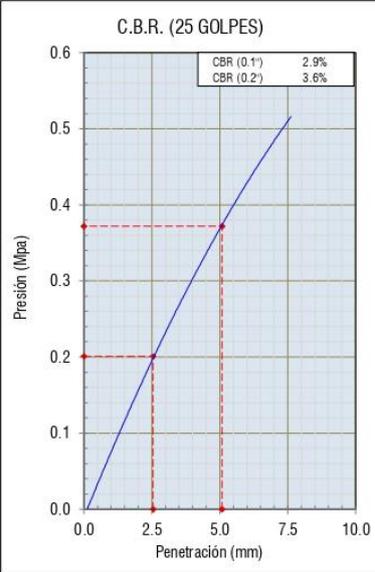
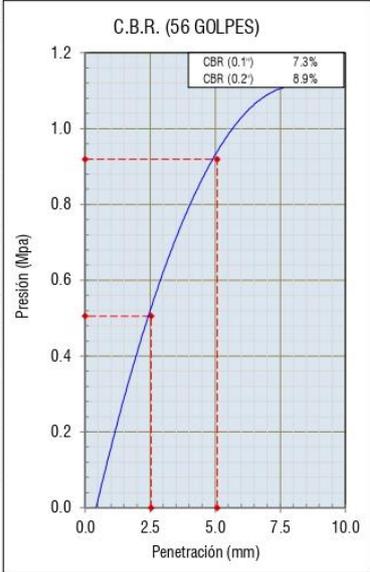


Resultados Ensayos Compactación

Proctor Modificado : ASTM D1557
 Método de Compactación : Método B
 Máxima Densidad Seca (Gr/cm³) : 1.816
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13.526
 95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm³) : 1.725

Resultados Ensayos CBR

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) : 6.20%
 C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) : 3.70%



OBSERVACIONES:
 Realizado: Bach. Denis L.R.
 Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
 Ingeniería Geotécnica
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
 Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
 C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
 [Pág. 47]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-03	SG. N°154/2022

SOLICITANTE: Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO

TESIS: EFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES

UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL
DISTRITO : COMAS
PROVINCIA : LIMA
DEPARTAMENTO : LIMA

ENSAYOS REALIZADOS: PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad: Muestreo por el cliente
Identificación muestra: Adición 6%
Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%

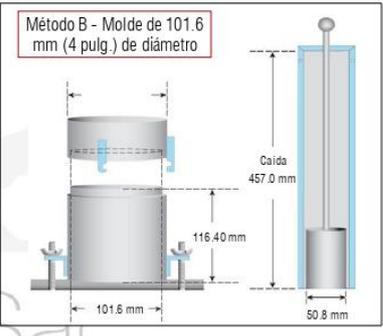
Profundidad: 1.50 m.
Simbolo Suelo: CL
Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Altitud (Cota): 298.00 m.s.n.m.
Coordenadas UTM: E.278411 N.8677151

Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)

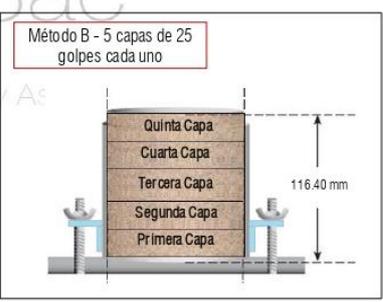
Compactación según ASTM D1557-12e1

Variable	Nro		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo húmedo & Molde	M _{cus}	(g)	5882.00	6066.00	6130.00	6056.00
(B) Peso del Molde	M _{cos}	(g)	4143.00	4143.00	4143.00	4143.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado (A - B)	(A - B)	(g)	1739.00	1923.00	1987.00	1913.00
(D) Volumen del Molde	V	cm ³	932.34	932.34	932.34	932.34
(E) Densidad Húmeda (C / D)	(C / D)	gr/cm ³	1.870	2.060	2.130	2.050



Contenido de Humedad según ASTM D2216-10

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 76	N° 77	N° 78	N° 79
(A) Masa de Contenedor Vacío	M _c	(g)	50.23	49.06	51.81	49.89
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M _{cus}	(g)	333.40	348.90	372.77	388.16
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M _{cos}	(g)	314.64	320.04	332.60	335.70
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M _s	(g)	264.41	270.98	280.79	285.81
(E) Mass of Water (B-C)	M _w	(g)	18.76	28.86	40.17	52.46
(F) Contenido de Humedad (100 * E/D)	w	(%)	7.10	10.65	14.31	18.35
(G) Densidad Seca		gr/cm ³	1.750	1.860	1.860	1.730



Resultados Ensayos de Compactación

Densidad Máxima Seca (gr/cm³) : 1.87
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 12.48

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Geotecnia, Geofísica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento

Ing. Civil Johnny R. RAYMUNDO OLIVERA
C.I.P. N° 204382

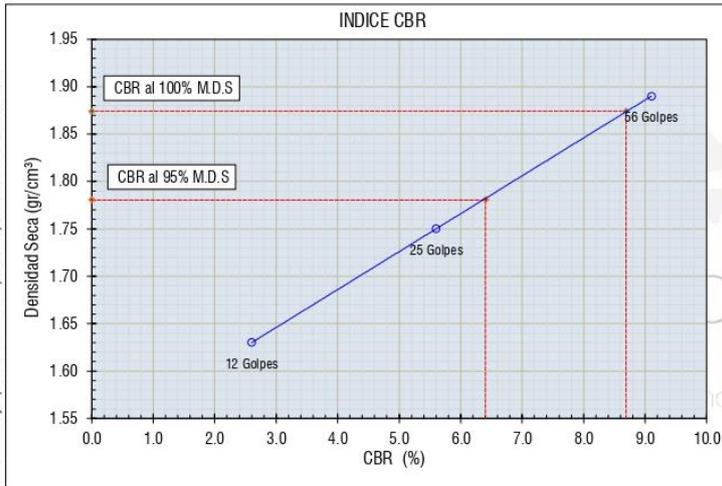
RUC: 20601685524
[Pág. 48]

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA
07-10-22	12-10-22	C-03	SG. N° 154/2022

SOLICITANTE:	TESIS:
Bach. TURPO HUANCA FERNANDO ERNESTO	EFFECTOS DEL TEREFALATO DE POLIETILENO REICLADO EN LAS PROPIEDADES DE SUELOS FINOS PARA SU USO EN SUBRASANTES
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	ENSAYOS REALIZADOS:
UBICACIÓN : CALLE ANCASH DEL AA.HH. SAN GABRIEL DISTRITO : COMAS PROVINCIA : LIMA DEPARTAMENTO : LIMA	ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16
TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:	
Modalidad: Muestreo por el cliente Identificación muestra: Adición 6% Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%	Profundidad: 1.50 m. Símbolo Suelo: CL Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.
	Altitud (Cota) : 298.00 m.s.n.m. Coordenadas UTM : E.278411 N.8677151

Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16

Este informe de Resultados sólo afecta a los materiales o elementos sometidos a ensayo y no deberá reproducirse total y/o parcialmente sin la aprobación por escrito del LABORATORIO

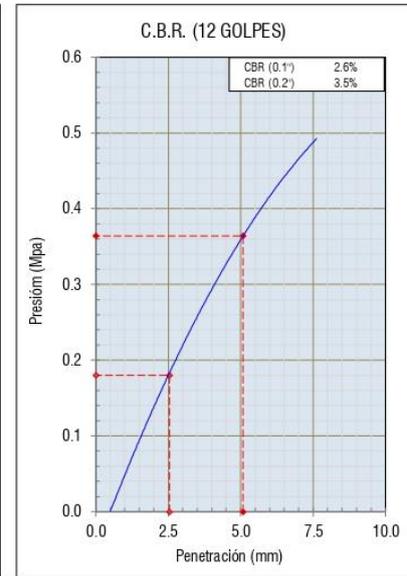
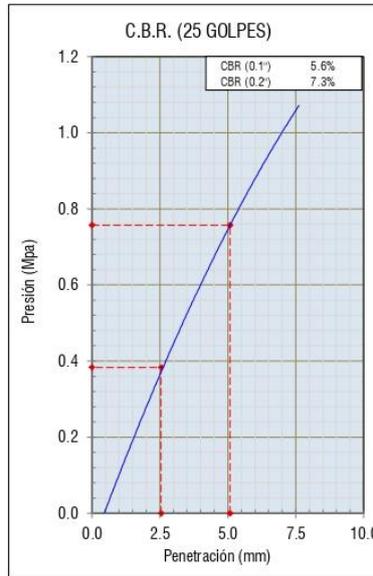
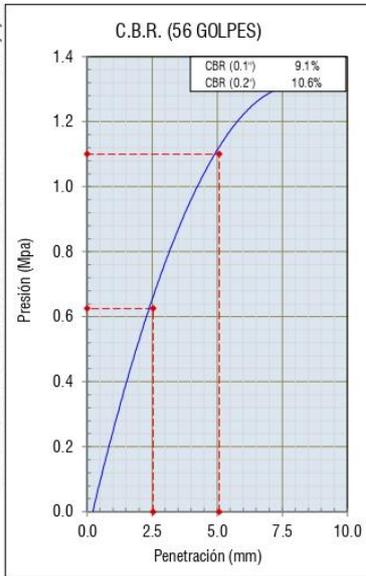


Resultados Ensayos Compactación

Proctor Modificado : ASTM D1557
Método de Compactación : Método B
Máxima Densidad Seca (Gr/cm³) : 1.874
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 12.476
95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm³) : 1.780

Resultados Ensayos CBR

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) : 8.70%
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) : 6.40%



OBSERVACIONES:

Realizado: Bach. Denis L.R.
Revisado: Ing. Johnny R. O.

SILVER GEO SAC.
Societaria Geotécnica
Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimento
Ing. Civil Johnny R. RAYMONDO OLIVERA
C.I.F. N° 204352

RUC: 20601685524
[Pág. 49]

Anexo N° 04: certificados de calibración



Certificado

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

TEST & CONTROL S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Calle Condessa de Lemos N° 117, Urb. San Miguelito, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-OSP-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 24 de marzo de 2019

Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2023



ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 230-2019-NACAL/DA
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°004-16/INACAL/DA
Registro N° : LC-016

Fecha de emisión: 05 de junio de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Avance de Acreditación y cubula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/capital/acreditados al momento de hacer uso del presente certificado.
La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (ARM) del Inca American Accreditation Cooperation (IAAC) y el International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-OIP-02N Ver. 02

Certificado de Calibración

TC - 09248 - 2022

Proforma : 11317A Fecha de emisión : 2022-06-09

Solicitante : SILVER GEOTEC S.A.C.
Dirección : Pj. Nuñez Nro. 122 Junín-Huancayo-Chilca

Instrumento de medición : **Balanza**
Tipo : Electrónica
Marca : OHAUS
Modelo : R31P30
N° de Serie : 8336130194
Capacidad Máxima : 30000 g
Resolución : 10 g
División de Verificación : 10 g
Clase de Exactitud : III
Capacidad Mínima : 200 g
Procedencia : CHINA
Identificación : No Indica
Ubicación : Laboratorio
Variación de ΔT Local : 5 °C
Fecha de Calibración : 2022-06-07

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Lugar de calibración
Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Método de calibración
La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-001 "Procedimiento para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático Clase III y IIII". Primera Edición - Mayo 2019. DM - INACAL.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

Certificado de Calibración
TC - 09248 - 2022

Trazabilidad

Trazabilidad	Patrón de trabajo	Certificado de calibración
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 100 mg a 1 kg Clase de Exactitud M2	TC-00555-2022 Abril 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 2 kg Clase de Exactitud M2	TC-06242-2022 Abril 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 5 kg Clase de Exactitud M2	TC-06243-2022 Abril 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 10 kg Clase de Exactitud M2	TC-06244-2022 Abril 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 20 kg Clase de Exactitud M2	TC-06809-2021 Julio 2021

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Inspección visual

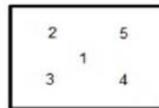
Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

Ensayo de repetibilidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	57 %	58 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15000	15 000	7	-2	1	30000	30 000	8	-3
2		15 000	5	0	2		30 000	8	-3
3		15 000	5	0	3		30 000	8	-3
4		15 000	6	-1	4		30 000	7	-2
5		15 000	6	-1	5		30 000	7	-2
6		15 000	5	0	6		30 000	8	-3
7		15 000	7	-2	7		30 000	8	-3
8		15 000	7	-2	8		30 000	7	-2
9		15 000	6	-1	9		30 000	8	-3
10		15 000	5	0	10		30 000	8	-3
Emax - Emin (g)				2	Emax - Emin (g)				1
e.m.p. ± (g)				20	e.m.p. ± (g)				30

Certificado de Calibración
TC - 09248 - 2022



Ensayo de excentricidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	58 %	58 %

N°	Determinación de Eo				Determinación del Error Corregido Ec					e.m.p. ± (g)
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	100	100	6	-1	10000	10 000	7	-2	-1	20
2		100	4	1		10 000	5	0	-1	
3		100	7	-2		10 000	6	-1	1	
4		100	7	-2		10 000	6	-1	1	
5		100	5	0		10 000	5	0	0	

Ensayo de pesaje

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	58 %	57 %

Carga (g)	Carga Creciente				Carga Decreciente				e.m.p. ± (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
100	100	6	-1						
200	200	7	-2	-1	200	6	-1	0	10
1 000	1 000	6	-1	0	1 000	7	-2	-1	10
5 000	5 000	6	-1	0	5 000	6	-1	0	10
7 000	7 000	4	1	2	7 000	5	0	1	20
10 000	10 000	5	0	1	10 000	6	-1	0	20
15 000	15 000	7	-2	-1	15 000	7	-2	-1	20
17 000	17 000	6	-1	0	17 000	7	-2	-1	20
20 000	20 000	7	-2	-1	20 000	6	-1	0	20
25 000	25 000	7	-2	-1	25 000	7	-2	-1	30
30 000	30 000	8	-4	-3	30 000	7	-3	-2	30

Donde:

I : Indicación de la balanza
e.m.p. : Error máximo permitido
ΔL : Carga incrementada
E : Error encontrado
Eo : Error en cero
Ec : Error corregido

Lectura corregida e incertidumbre de la balanza

Lectura Corregida	=	$R + 3,60 \times 10^{-5} \times R$
Incertidumbre Expandida	=	$2 \times \sqrt{7,63 \times 10^{-6} \text{ g}^2 + 3,55 \times 10^{-9} \times R^2}$

R : Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración (g)

Observaciones

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado. La indicación de la balanza fue de 29 960 g para una carga de valor nominal 30000 g.

Incertidumbre

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente al 95%.

Fin del documento



Certificado de Calibración

TC - 09249 - 2022

Proforma : 11317A Fecha de emisión : 2022-06-09

Solicitante : SILVER GEOTEC S.A.C.
Dirección : Pj. Nuñez Nro. 122 Junín-Huancayo-Chilca

Instrumento de medición : **Balanza**
Tipo : Electrónica
Marca : OHAUS
Modelo : PR2202/E
N° de Serie : B935184778
Capacidad Máxima : 2200 g
Resolución : 0,01 g
División de Verificación : 0,1 g
Clase de Exactitud : II
Capacidad Mínima : 0,5 g
Procedencia : CHINA
N° de Parte : NO INDICA
Identificación : NO INDICA
Ubicación : Laboratorio
Variación de ΔT Local : 5 °C
Fecha de Calibración : 2022-06-07

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Lugar de calibración
Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Método de calibración

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



Certificado de Calibración
TC - 09249 - 2022

Trazabilidad

Trazabilidad	Patrón de trabajo	Certificado de calibración
Patrones de Referencia de KOSSOMET	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	PE21A-C-1070 Agosto 2021
Patrones de Referencia de LOJUSTO SAC	Juego de Pesas 1 kg a 5 kg Clase de Exactitud F1	E107-L-209B-2021-1 Agosto 2021

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Inspección visual

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

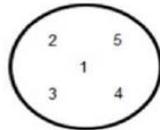
Ensayo de repetibilidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	16,2 °C	15,9 °C
Humedad Relativa	52 %	50 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	1 000,000	1 000,00	5	0	1	2 000,000	2 000,00	6	-1
2		1 000,01	7	8	2		2 000,01	8	7
3		1 000,01	7	8	3		2 000,00	4	1
4		1 000,00	5	0	4		2 000,01	8	7
5		1 000,00	6	-1	5		2 000,01	7	8
6		1 000,00	4	1	6		2 000,00	5	0
7		1 000,01	8	7	7		2 000,00	4	1
8		1 000,00	4	1	8		2 000,01	8	7
9		1 000,00	5	0	9		2 000,01	7	8
10		1 000,01	7	8	10		2 000,00	4	1
Emáx - Emin (mg)				9	Emáx - Emin (mg)				9
error máximo permitido (±mg)				200	error máximo permitido (±mg)				200



Certificado de Calibración
TC - 09249 - 2022



Ensayo de excentricidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,9 °C	15,9 °C
Humedad Relativa	50 %	50 %

N°	Determinación de Error Eo				Determinación de Error Corregido Ec				e.m.p. (±mg)	
	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)		Ec (mg)
1	0,100	0,10	7	-2	700,000	700,01	7	8	10	200
2		0,10	6	-1		700,02	7	18	19	
3		0,10	3	2		700,00	5	0	-2	
4		0,10	6	-1		899,99	3	-8	-7	
5		0,10	8	-3		700,01	7	8	11	

Ensayo de pesaje

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,9 °C	16,0 °C
Humedad Relativa	50 %	49 %

Carga (g)	Crecientes				Decrecientes				e.m.p. (±mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,100	0,10	7	-2						
0,500	0,50	4	1	3	0,50	5	0	2	100
1,000	1,00	6	-1	1	1,00	6	-1	1	100
100,000	100,00	6	-1	1	100,00	7	-2	0	100
500,000	500,00	5	0	2	500,01	7	8	10	100
700,000	700,00	8	-3	-1	700,01	8	7	9	200
1 000,001	1 000,00	4	1	3	1 000,01	8	7	9	200
1 500,000	1 500,00	7	-2	0	1 500,01	7	8	10	200
1 700,000	1 700,00	4	1	3	1 700,00	4	1	3	200
2 000,005	2 000,00	5	-5	-3	2 000,00	5	-5	-3	200
2 200,005	2 200,00	6	-6	-4	2 200,00	6	-6	-4	300

Donde:

I : Indicación de la balanza
R : Lectura de la balanza posterior a la calibración (g)
ΔL : Carga adicional
E : Error del instrumento
Eo : Error en cero
Ec : Error corregido

Lectura corregida e incertidumbre de la balanza

Lectura Corregida	:	$R_{\text{corregida}} = R + 3,94 \times 10^{-4} \times R$
Incertidumbre Expandida	:	$U_R = 2 \times \sqrt{5,26 \times 10^{-5} \text{ g}^2 + 5,35 \times 10^{-10} \times R^2}$

Observaciones

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado. La indicación de la balanza fue de 1 998,00 g para una carga de valor nominal 2000 g.

Incertidumbre

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Fin del documento



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 09902 - 2022

Proforma : 11317 Fecha de Emisión : 2022-06-10

SOLICITANTE : SILVER GEOTEC S.A.C.
Dirección : P.J. NUÑEZ NRO. 122 JUNÍN-HUANCAYO-CHILCA

EQUIPO : HORNO
Marca : A&A INSTRUMENTS
Modelo : STHX-1A
Número de Serie : 16635
Identificación : NO INDICA
Procedencia : NO INDICA
Circulación del aire : Ventilación natural
Ubicación : LABORATORIO
Fecha de Calibración : 2022-06-07

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Instrumento de Medición del Equipo :

	Tipo	Alcance	Resolución
Termómetro	DIGITAL	0 °C a 300 °C	0,1 °C
Selector	DIGITAL	0 °C a 300 °C	0,1 °C

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE LA CALIBRACIÓN

Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-018 2da edición, Junio 2009: "Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático" publicada por el SNM INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

	Temperatura	Humedad	Tensión
Inicial	14,6 °C	56 %hr	221 V
Final	15 °C	51 %hr	221 V

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

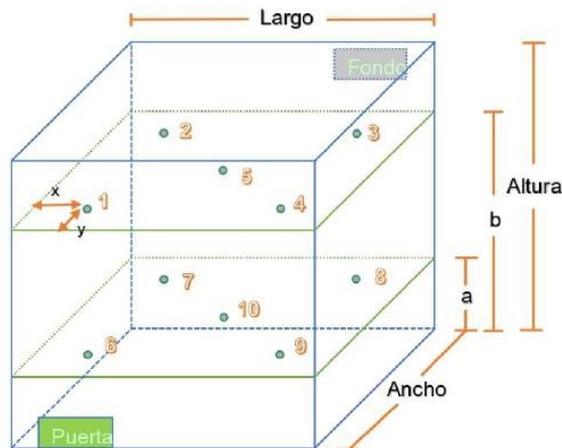


Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrones de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia del SAT	Indicador digital con termopares tipo K con incertidumbres del orden desde 0,16 °C hasta 0,18 °C.	LT-0849-2021

UBICACIÓN DE LOS SENSORES DENTRO DEL MEDIO ISOTERMO



Largo : 50,0 cm a : 5,0 cm x : 6,0 cm
Ancho : 38,0 cm b : 34,0 cm y : 5,0 cm
Altura : 50,0 cm

Los termopares 5 y 10 se ubicaron en el centro de su respectivos niveles.
El medio isoterma tenía 2 parrillas al momento de iniciar la calibración.

NOMENCLATURA DE ABREVIATURAS

t	: Instante de tiempo en minutos.	T.PROM	: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de
l	: Indicación del termómetro del equipo.	Tprom	: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante
T. MÁX	: Temperatura máxima por sensor	DTT	: Desviación de temperatura en el tiempo.
T. MÍN	: Temperatura mínima por sensor		
T. max	: Temperatura máxima para un instante dado.		
T. min	: Temperatura mínima para un instante dado.		

RESULTADOS DE MEDICIÓN (1ER PUNTO DE CALIBRACIÓN)

Temperatura de Trabajo	Posición del Controlador/ Selector	Tiempo de Calentamiento Estabilización	Porcentaje de carga	Descripción de la carga
115 °C ± 5 °C	115 °C	240 min	30%	MUESTRAS DE PIEDRA

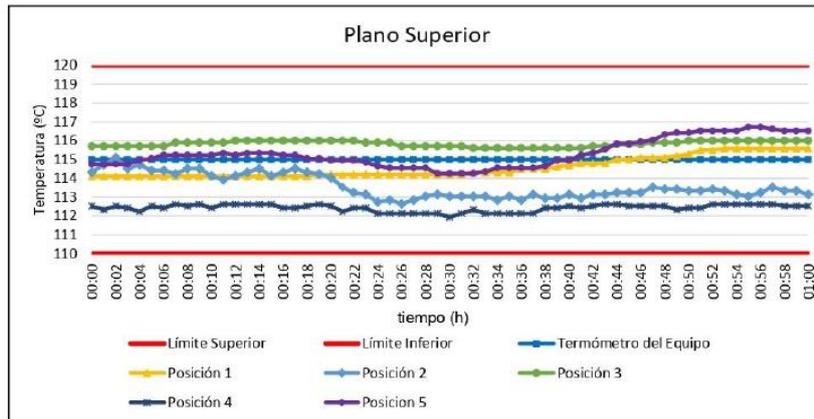
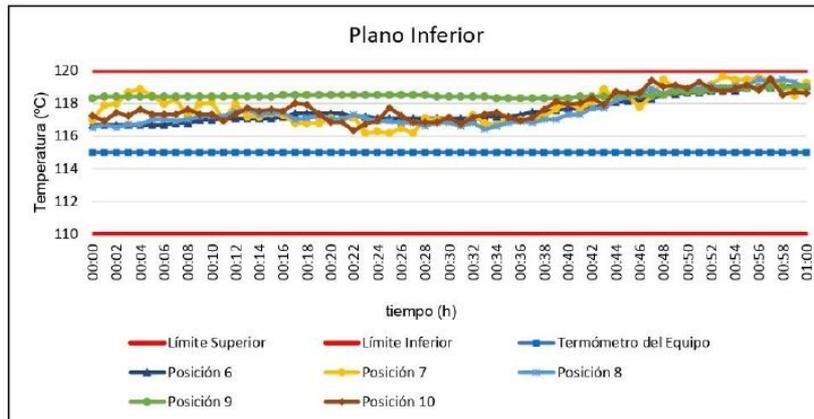
t (h)	l (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										T _{prom} (°C)	T _{máx} - T _{mín} (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00:00	115.0	114.1	114.3	115.7	112.5	114.8	116.7	117.0	116.5	118.3	117.2	115.7	5.8
00:01	115.0	114.1	114.7	115.7	112.3	114.8	116.7	117.9	116.7	118.4	116.9	115.8	6.1
00:02	115.0	114.1	115.1	115.7	112.5	114.8	116.7	118.0	116.5	118.4	117.4	115.9	5.9
00:03	115.0	114.1	114.5	115.7	112.4	114.8	116.7	118.7	116.7	118.4	117.2	115.9	6.2
00:04	115.0	114.1	114.7	115.7	112.2	115.0	116.7	118.9	116.7	118.4	117.8	116.0	6.6
00:05	115.0	114.1	114.4	115.7	112.5	115.0	116.7	118.5	117.0	118.4	117.3	116.0	5.9
00:06	115.0	114.1	114.4	115.7	112.4	115.2	116.7	118.0	117.0	118.4	117.3	115.9	6.0
00:07	115.0	114.1	114.2	115.9	112.6	115.2	116.8	118.3	116.9	118.4	117.3	116.0	5.8
00:08	115.0	114.1	114.5	115.9	112.5	115.2	116.8	117.2	117.0	118.4	117.8	115.9	5.9
00:09	115.0	114.1	114.5	115.9	112.6	115.2	117.0	118.0	117.2	118.4	117.3	116.0	5.8
00:10	115.0	114.1	114.1	115.9	112.4	115.2	117.0	118.1	117.2	118.4	117.3	116.0	6.0
00:11	115.0	114.1	113.9	115.9	112.6	115.3	117.1	117.0	117.2	118.4	116.9	115.9	5.8
00:12	115.0	114.1	114.1	116.0	112.6	115.2	117.1	118.0	117.5	118.4	117.3	116.0	5.8
00:13	115.0	114.1	114.3	116.0	112.6	115.3	117.1	117.2	117.6	118.4	117.7	116.0	5.8
00:14	115.0	114.1	114.5	116.0	112.6	115.3	117.1	117.2	117.3	118.4	117.5	116.0	5.8
00:15	115.0	114.1	114.1	116.0	112.6	115.3	117.1	117.4	117.4	118.4	117.8	116.0	5.8
00:16	115.0	114.1	114.3	116.0	112.4	115.2	117.2	117.3	117.4	118.5	117.5	116.0	6.1
00:17	115.0	114.1	114.5	116.0	112.4	115.2	117.4	116.8	117.0	118.5	118.0	116.0	6.1
00:18	115.0	114.1	114.3	116.0	112.5	115.0	117.4	116.8	117.1	118.5	117.9	116.0	6.0
00:19	115.0	114.2	114.2	116.0	112.6	115.0	117.4	116.8	117.2	118.5	117.3	115.9	5.9
00:20	115.0	114.2	114.0	116.0	112.5	115.0	117.4	117.1	117.0	118.5	116.8	115.9	6.0
00:21	115.0	114.2	113.5	116.0	112.2	115.0	117.4	117.0	117.0	118.5	116.8	115.8	6.3
00:22	115.0	114.2	113.2	116.0	112.4	115.0	117.2	117.2	117.3	118.5	116.3	115.7	6.1
00:23	115.0	114.2	113.1	115.9	112.4	114.9	117.2	116.2	117.1	118.5	116.7	115.6	6.1
00:24	115.0	114.2	112.7	115.9	112.1	114.7	117.1	116.3	116.9	118.5	116.9	115.5	6.4
00:25	115.0	114.2	112.8	115.9	112.1	114.6	117.1	116.2	116.9	118.5	117.7	115.6	6.4
00:26	115.0	114.2	112.7	115.7	112.1	114.6	117.1	116.5	116.8	118.5	117.2	115.5	6.4
00:27	115.0	114.2	112.8	115.7	112.1	114.6	117.1	116.2	116.8	118.5	116.8	115.5	6.4
00:28	115.0	114.2	113.0	115.7	112.1	114.6	117.1	117.1	116.6	118.5	116.8	115.6	6.4
00:29	115.0	114.2	113.1	115.7	112.1	114.3	117.1	117.0	116.8	118.4	116.8	115.6	6.3
00:30	115.0	114.2	113.0	115.7	111.9	114.3	117.1	117.1	116.8	118.4	117.1	115.6	6.5

t (h)	l (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										Tprom (°C)	Tmáx Tmín (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00:31	115,0	114,2	113,0	115,7	112,1	114,3	117,1	116,7	116,6	118,4	116,7	115,5	6,3
00:32	115,0	114,3	113,0	115,6	112,3	114,3	117,1	117,3	116,8	118,4	117,1	115,6	6,1
00:33	115,0	114,3	113,0	115,6	112,1	114,4	117,2	116,8	116,4	118,4	117,3	115,6	6,3
00:34	115,0	114,3	112,8	115,6	112,1	114,6	117,2	116,7	116,6	118,3	117,4	115,6	6,2
00:35	115,0	114,3	113,0	115,6	112,1	114,6	117,2	117,1	116,8	118,3	117,1	115,6	6,2
00:36	115,0	114,5	112,8	115,6	112,1	114,6	117,3	117,0	116,9	118,3	116,9	115,6	6,2
00:37	115,0	114,5	113,1	115,6	112,1	114,6	117,5	117,1	116,8	118,3	117,1	115,7	6,2
00:38	115,0	114,5	112,9	115,6	112,4	114,7	117,5	117,2	117,0	118,3	117,6	115,8	5,9
00:39	115,0	114,6	112,9	115,6	112,4	115,0	117,6	117,7	117,0	118,3	118,1	115,9	5,9
00:40	115,0	114,7	113,1	115,6	112,5	115,0	117,7	118,1	117,3	118,3	117,9	116,0	5,8
00:41	115,0	114,8	112,9	115,6	112,4	115,2	117,7	117,7	117,3	118,4	118,0	116,0	6,0
00:42	115,0	114,8	113,1	115,7	112,5	115,3	117,8	118,1	117,7	118,4	118,3	116,2	5,9
00:43	115,0	114,8	113,1	115,7	112,6	115,5	117,9	118,9	117,7	118,4	117,9	116,3	6,2
00:44	115,0	115,0	113,2	115,8	112,6	115,8	118,1	118,3	118,2	118,5	118,7	116,4	6,1
00:45	115,0	115,0	113,2	115,8	112,5	115,8	118,2	118,5	118,4	118,5	118,6	116,5	6,1
00:46	115,0	115,1	113,2	115,8	112,5	115,9	118,3	117,8	118,6	118,5	118,6	116,4	6,1
00:47	115,0	115,1	113,5	115,9	112,5	116,0	118,3	118,5	118,9	118,5	119,4	116,7	6,9
00:48	115,0	115,1	113,4	115,9	112,5	116,3	118,6	119,4	118,6	118,5	119,0	116,7	6,9
00:49	115,0	115,2	113,4	115,9	112,3	116,4	118,6	119,0	118,9	118,7	119,1	116,7	6,8
00:50	115,0	115,3	113,3	116,0	112,4	116,4	118,7	118,9	118,9	118,7	118,9	116,7	6,5
00:51	115,0	115,5	113,3	116,0	112,4	116,5	118,7	118,8	118,9	118,7	119,3	116,8	6,9
00:52	115,0	115,5	113,4	116,0	112,6	116,5	118,8	119,1	119,1	118,8	118,9	116,9	6,5
00:53	115,0	115,6	113,3	116,0	112,6	116,5	118,8	119,6	119,0	118,9	118,7	116,9	7,0
00:54	115,0	115,6	113,1	116,0	112,6	116,5	118,8	119,4	119,1	118,9	118,9	116,9	6,8
00:55	115,0	115,6	113,0	116,0	112,6	116,7	119,0	119,4	119,1	118,9	119,1	116,9	6,8
00:56	115,0	115,6	113,2	116,0	112,6	116,7	119,0	119,5	119,5	119,0	118,8	117,0	6,9
00:57	115,0	115,6	113,5	116,0	112,6	116,6	119,0	119,4	119,3	119,0	119,5	117,1	6,9
00:58	115,0	115,6	113,3	116,0	112,5	116,5	119,1	119,1	119,5	119,0	118,5	116,9	6,9
00:59	115,0	115,6	113,3	116,0	112,5	116,5	119,1	118,5	119,3	119,0	118,7	116,8	6,7
01:00	115,0	115,6	113,1	116,0	112,5	116,5	119,1	119,2	119,0	119,0	118,6	116,9	6,7
T.PRON	115,0	114,6	113,6	115,8	112,4	115,3	117,6	117,8	117,5	118,5	117,8	116,1	
T.MAX	115,0	115,6	115,1	116,0	112,6	116,7	119,1	119,6	119,5	119,0	119,5		
T.MIN	115,0	114,1	112,7	115,6	111,9	114,3	116,7	116,2	116,4	118,3	116,3		
DTT	0,0	1,5	2,5	0,4	0,7	2,5	2,4	3,5	3,1	0,7	3,2		

RESUMEN DE RESULTADOS

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Temperatura Máxima Medida	119,6	0,8
Temperatura Mínima Medida	111,9	0,3
Desviación de Temperatura en el Espacio	6,1	0,2
Desviación de Temperatura en el Tiempo	3,5	0,1
Estabilidad Medida (±)	1,7	0,05
Uniformidad Medida	7,0	0,7

GRÁFICA PARA LA TEMPERATURA DE TRABAJO DE $115\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



DECLARACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES ESPECIFICADOS DE TEMPERATURA

Durante la calibración y bajo las condiciones en que esta ha sido hecha, el medio isoterma:

- Cumple con los límites especificados de temperatura.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperaturas registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del equipo es 0,03 °C.
La estabilidad es considerada igual a la mitad de la máxima DTT.

Fotografía del medio isoterma:



OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%

Fin del Documento

PGC-16-r11/Octubre 2021/Rev.01

Página : 6 de 6

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
TC-09250-2022

PROFORMA : 11317A

Fecha de emisión : 2022 - 06 - 08

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : SILVER GEOTEC S.A.C.

Dirección : Pj. Nuñez Nro. 122 Junín-Huancayo-Chilca

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CBR MARSHALL

Marca : PINZUAR
Modelo : PS-27
N° Serie : 299
Intervalo de indicación : 50 kN
Resolución : 0,01 kN
Procedencia : No Indica
Código de Identificación : No Indica
Ubicación : Laboratorio
Fecha de Calibración : 2022 - 06 - 07

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando un instrumento patrón calibrado.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	16,4°C	16,4°C
HUMEDAD RELATIVA	49,0%	49,0%

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 0316

Certificado : TC-09250-2022
Página : 2 de 2

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Balanza de Presión AEP Transducers	Celda de Carga 3MN 6000 Kn	12821C

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo (kN)	Lectura Convencionalmente Verdadera (kN)	Error (kN)	Incertidumbre (kN)
5,04	5,02	0,02	0,01
10,07	9,93	0,14	0,01
20,03	19,73	0,30	0,01
30,01	29,50	0,51	0,01
35,02	34,51	0,51	0,01
40,02	39,46	0,56	0,01
45,03	44,41	0,62	0,01
50,00	49,35	0,65	0,01

OBSERVACIONES.

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

Anexo N° 05: panel fotográfico



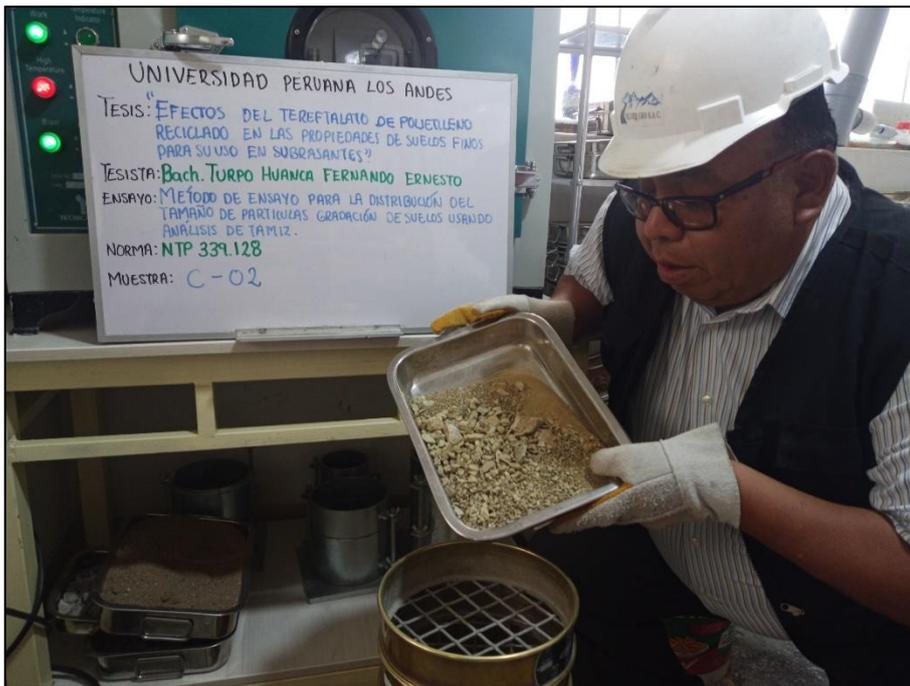
Fotografía 1. Ensayo de contenido de humedad para las muestras de suelo.



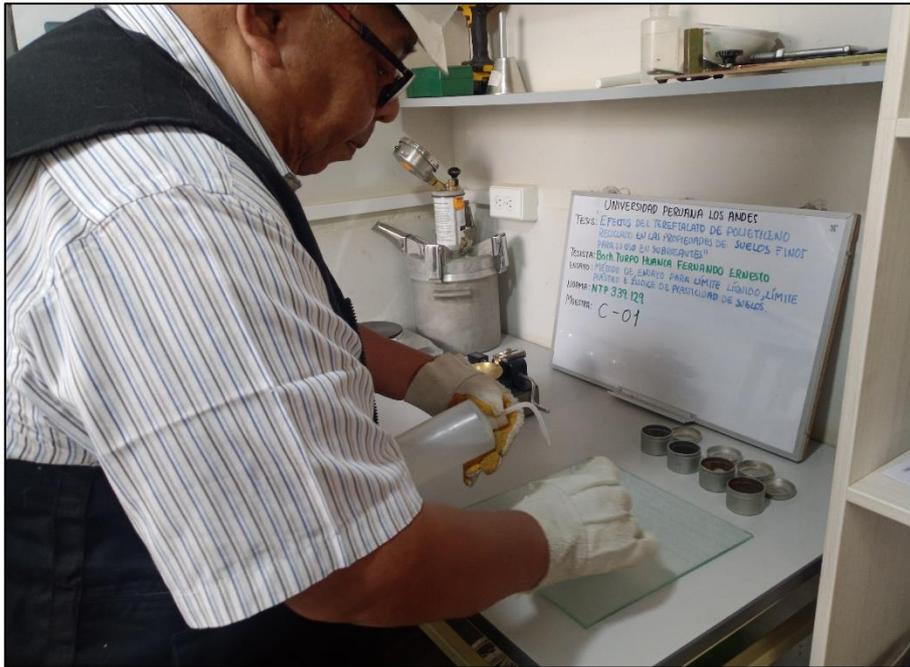
Fotografía 2. Ensayo de contenido de humedad para muestras alteradas de suelo.



Fotografía 3. Análisis granulométrico para muestra de suelo natural.



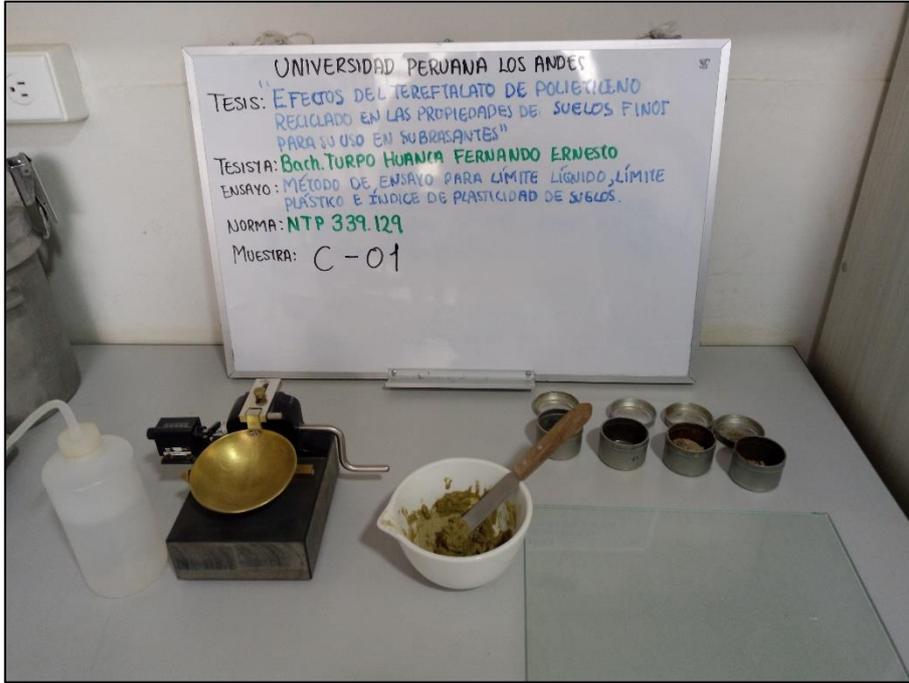
Fotografía 4. Análisis granulométrico para muestras alteradas de suelo.



Fotografía 5. Adición de agua a muestras de suelo de hallar los límites de consistencia.



Fotografía 6. Realización de los ensayos de límites de consistencia con la cuchara de Casagrande.



Fotografía 7. Equipos para la determinación de los límites de consistencia.



Fotografía 8. Ensayo de Proctor modificado sobre las muestras de suelo.



Fotografía 9. Ensayo CBR para las muestras de suelo.