

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**APLICACIÓN DE LA BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO
RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE
DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNÍN**

PRESENTADO POR:

BACH. DANY DANIEL RUIZ MARTÍNEZ.

Línea de investigación Institucional:

Transporte y Urbanismo.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

Huancayo – Perú

2021

Mg. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL

Asesor temático

Mg. JACQUELINE JEANETTE SANTOS JULCA

Asesora metodológica

Dedicatoria

“Dedico esta tesis a mis padres, por haberme apoyado en cada uno de mis pasos y enseñarme buenos valores, por la motivación constante que permitieron que hoy en día sea la persona que soy y por su amor incondicional”.

Dany Daniel Ruiz Martínez.

Agradecimiento

Quiero agradecer esta tesis primeramente a Dios por haber permitido llegar hasta aquí hoy, por darme fuerza y salud para llevar a cabo mis metas y objetivos. Quiero darle las gracias por su amor infinito.

Dany Daniel Ruiz Martínez.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Casio Aurelio Torres López.
Presidente

Jurado

Jurado

Jurado

Mg. Miguel Ángel Carlos Canales.
Secretario docente

ÍNDICE

| | |
|---|-------------|
| ÍNDICE DE TABLAS | VIII |
| ÍNDICE DE FIGURAS | X |
| RESUMEN | XII |
| ABSTRACT | XIV |
| INTRODUCCIÓN | XVI |
| CAPÍTULO I | 18 |
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 18 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 18 |
| 1.2. Formulación y sistematización del problema | 19 |
| 1.2.1. Problema general | 19 |
| 1.2.2. Problemas específicos | 20 |
| 1.3. Justificación | 20 |
| 1.3.1. Práctica o social | 20 |
| 1.3.2. Metodológica | 20 |
| 1.4. Delimitaciones | 21 |
| 1.4.1. Espacial | 21 |
| 1.4.2. Temporal | 22 |
| 1.4.3. Económica | 22 |
| 1.5. Limitaciones | 22 |
| 1.5.1. Limitación tecnológica | 22 |
| 1.5.2. Limitación de información | 22 |
| 1.6. Objetivos | 23 |
| 1.6.1. Objetivo general | 23 |
| 1.6.2. Objetivos específicos | 23 |
| CAPÍTULO II | 24 |
| MARCO TEÓRICO | 24 |
| 2.1. Antecedentes | 24 |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales | 24 |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales | 27 |
| 2.2. Marco conceptual | 30 |
| 2.2.1. Polietileno | 30 |
| | V |

| | |
|---|-----------|
| 2.2.2. Subrasante | 32 |
| 2.3. Definición de términos | 43 |
| 2.4. Hipótesis | 44 |
| 2.4.1. Hipótesis general | 44 |
| 2.4.2. Hipótesis específicas | 44 |
| 2.5. Variables | 45 |
| 2.5.1. Definición conceptual de la variable | 45 |
| 2.5.2. Definición operacional de la variable | 45 |
| 2.5.3. Operacionalización de la variable | 46 |
| CAPITULO III | 47 |
| METODOLOGÍA | 47 |
| 3.1. Método de investigación | 47 |
| 3.2. Tipo de investigación | 47 |
| 3.3. Nivel de investigación | 48 |
| 3.4. Diseño de investigación | 48 |
| 3.5. Población y muestra | 48 |
| 3.5.1. Población | 48 |
| 3.5.2. Muestra | 48 |
| 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 49 |
| 3.7. Procesamiento de la información | 50 |
| 3.8. Técnicas y análisis de datos | 51 |
| CAPÍTULO IV | 52 |
| RESULTADOS | 52 |
| 4.1. Efectos de la bolsa de polietileno fundido reciclado en la estabilización de las propiedades físicas de subrasantes | 52 |
| 4.1.1. Granulometría | 52 |
| 4.1.2. Límites de consistencia | 54 |
| 4.2. Incidencia de la bolsa de polietileno fundido reciclado en la estabilización de las propiedades mecánicas de la subrasante | 59 |
| 4.2.1. Compactación | 59 |
| 4.2.2. Expansión | 65 |
| 4.2.3. Índice de soporte del suelo | 66 |
| | VI |

| | |
|---|------------|
| 4.3. Costo de la aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado para la estabilización de la subrasante | 69 |
| 4.4. Prueba de hipótesis | 71 |
| 4.4.1. Prueba de hipótesis específica A | 72 |
| 4.4.2. Prueba de hipótesis específica B | 73 |
| 4.4.3. Prueba de hipótesis específica C | 74 |
| 4.4.4. Prueba de hipótesis general | 75 |
| CAPÍTULO V | 76 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 76 |
| 5.1. Efectos de la bolsa de polietileno fundido reciclado en la estabilización de las propiedades físicas de subrasantes | 76 |
| 5.2. Incidencia de la bolsa de polietileno fundido reciclado en la estabilización de las propiedades mecánicas de la subrasante | 78 |
| 5.3. Costo de la aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado para la estabilización de la subrasante | 80 |
| CONCLUSIONES | 82 |
| RECOMENDACIONES | 83 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 84 |
| ANEXOS | 87 |
| Anexo N° 01: Matriz de consistencia | 88 |
| Anexo N° 02: Ensayos de laboratorio | 90 |
| Anexo N° 03: Análisis de precios unitarios | 121 |
| Anexo N° 04: Certificados de calibración | 125 |
| Anexo N° 05: Panel fotográfico | 138 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Clasificación de las partículas según su tamaño. | 34 |
| Tabla 2. Clasificación del suelo según si índice de plasticidad. | 37 |
| Tabla 3. Clasificación del suelo según el equivalente de arena. | 38 |
| Tabla 4. Clasificación de la subrasante según el índice de grupo. | 38 |
| Tabla 5. Categoría Subrasante. | 42 |
| Tabla 6. Operacionalización de las variables. | 46 |
| Tabla 7. Número de especímenes | 48 |
| Tabla 8. Variación de la granulometría según el porcentaje de BPF. | 52 |
| Tabla 9. Variación del tipo de suelo según el porcentaje de BPF. | 53 |
| Tabla 10. Variación del límite líquido según el porcentaje de BPF. | 54 |
| Tabla 11. Variación del límite plástico según el porcentaje de BPF. | 56 |
| Tabla 12. Variación del índice de plasticidad según el porcentaje de BPF. | 57 |
| Tabla 13. Variación del pH en el suelo. | 59 |
| Tabla 14. Variación del contenido de humedad – densidad seca, respecto al incremento de BPF. | 60 |
| Tabla 15. Variación del óptimo contenido de humedad con adición de BPF. | 61 |
| Tabla 16. Variación de la máxima densidad seca de BPF. | 63 |
| Tabla 17. Expansión del suelo según la cantidad de bolsas de polietileno fundido reciclado. | 65 |
| Tabla 18. Variación del índice de CBR debido al incremento de la cantidad de bolsas de polietileno fundido reciclado. | 66 |
| Tabla 19. Variación porcentual del índice de CBR debido al incremento de la cantidad de bolsas de polietileno fundido reciclado. | 68 |
| Tabla 20. Costo de la recolección y limpieza de bolsas de polietileno. | 69 |
| Tabla 21. Costo de la incineración de bolsas de polietileno reciclado. | 70 |
| Tabla 22. Costo del procesamiento de bolsas de polietileno fundida reciclada. | 70 |
| Tabla 23. Cantidad de BPF por tratamiento. | 70 |
| Tabla 24. Costo de la estabilización de subrasante con BPF. | 71 |

| | |
|--|----|
| Tabla 25. Correlación de Pearson para las propiedades físicas. | 72 |
| Tabla 26. Interpretación de valor R de Pearson. | 72 |
| Tabla 27. Correlación de Pearson para las propiedades mecánicas. | 74 |
| Tabla 28. Correlación de Pearson para el costo. | 75 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Ubicación de la zona de trabajo. | 22 |
| Figura 2. Estructura química del Polietileno. | 31 |
| Figura 3. Proceso de reciclado mecánico. | 32 |
| Figura 4. Signos convencionales para la clasificación AASHTO. | 35 |
| Figura 5. Signos convencionales para la clasificación SUCS. | 36 |
| Figura 6. Equipo para el ensayo de proctor estándar, (a) molde y (b), pistón. | 40 |
| Figura 7. Máquina cacera para fundir las bolsas de polietileno. | 50 |
| Figura 8. Variación de la granulometría del suelo en función al porcentaje de BPF. | 53 |
| Figura 9. Variación del límite líquido en función al porcentaje de BPF. | 55 |
| Figura 10. Variación porcentual del límite líquido en función al porcentaje de BPF. | 55 |
| Figura 11. Variación del límite plástico en función al porcentaje de BPF. | 56 |
| Figura 12. Variación porcentual del límite plástico en función al porcentaje de BPF. | 57 |
| Figura 13. Variación del índice de plasticidad en función al porcentaje de BPF. | 58 |
| Figura 14. Variación del potencial de hidrógeno en el suelo. | 59 |
| Figura 15. Variación del contenido de humedad – densidad seca, respecto al incremento de BPF. | 61 |
| Figura 16. Variación del óptimo contenido de humedad, debido al incremento de BPF. | 62 |
| Figura 17. Variación porcentual del óptimo contenido de humedad, debido al incremento de BPF. | 63 |
| Figura 18. Variación de la máxima densidad seca, debido al incremento de BPF. | 64 |
| Figura 19. Variación porcentual de la máxima densidad seca, debido al incremento de BPF. | 64 |
| Figura 20. Variación de la expansión del suelo según la cantidad de BPF. | 66 |
| | X |

| | |
|---|----|
| Figura 21. Variación del índice de CBR al 95 %, debido al incremento de bolsas de polietileno fundido reciclado. | 67 |
| Figura 22. Variación del índice de CBR al 100 %, debido al incremento de bolsas de polietileno fundido reciclado. | 68 |
| Figura 23. Variación porcentual del índice de CBR al 95 %, debido al incremento de bolsas de polietileno fundido reciclado. | 69 |
| Figura 24. Variación del costo por tratamiento. | 71 |

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Qué resultado se obtiene de la aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado para la estabilización de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre en la provincia de Chupaca – Junín?, y como objetivo general: Evaluar el resultado de la aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado para estabilizar la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre en la provincia de Chupaca – Junín y la hipótesis general que se verificó fue: La aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado tiene como resultado mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre en la provincia de Chupaca – Junín.

El método general de investigación fue el científico, el tipo fue aplicada con un nivel descriptivo explicativo y de diseño cuasi experimental. La población correspondió al suelo de subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre, en el distrito de Yanacancha, provincia de Chupaca del departamento de Junín, y consiste en un total de 25 especímenes; mientras que no se consideró un tipo de muestreo debido a que se consideró el censo, por lo que se tomó el total de la población.

Los resultados que se obtuvo muestran que, al adicionar bolsas de polietileno fundidos mejoran las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Siendo la dosificación óptima el 4% de BPF; debido a que con ella se logra una disminución del índice de plasticidad en 8.26 % y un incremento del CBR en 14.39 %, pero un mayor costo por metro cuadrado que los tratamientos convencionales. También se analizó el potencial de hidrógeno, el cual solo se modificó con la adición del 4 % de BPF, después de ello su valor se mantuvo constante

Como conclusión se estableció que la aplicación de la bolsa de polietileno fundido es factible para la estabilización de suelos finos de la carretera Laive Vista Alegre.

Palabras clave: Bolsa de polietileno, propiedades físicas, propiedades mecánicas, estabilización.

ABSTRACT

The general problem of this research was: What result is obtained from the application of the recycled polyethylene melt bag for the stabilization of the subgrade of the Yanacancha to Laive Vista Alegre road in the province of Chupaca - Junín, and the general objective was: To evaluate the result of the application of the recycled polyethylene melt bag for the stabilization of the subgrade of the Yanacancha to Laive Vista Alegre road in the province of Chupaca - Junín: To evaluate the result of the application of the recycled melted polyethylene bag to stabilize the subgrade of the Yanacancha to Laive Vista Alegre road in the province of Chupaca - Junín and the general hypothesis that was verified was: The application of the recycled melted polyethylene bag has as a result to improve the physical and mechanical properties of the subgrade of the Yanacancha to Laive Vista Alegre road in the province of Chupaca - Junín.

The general research method was scientific, the type was applied with an explanatory descriptive level and quasi-experimental design. The population corresponded to the subgrade soil of the Yanacancha to Laive Vista Alegre road, in the district of Yanacancha, province of Chupaca in the department of Junín, and consists of a total of 25 specimens; while a sampling type was not considered because the census was considered, so the total population was taken.

The results obtained show that the addition of melted polyethylene bags improves the physical and mechanical properties of the soil. The optimum dosage is 4% BPF, because it achieves a decrease in the plasticity index by 8.26% and an increase in the CBR by 14.39%, but at a higher cost per square meter than conventional treatments. The hydrogen potential was also analyzed, which was only modified with the addition of 4% BPF, after which its value remained constant.

As a conclusion, it was established that the application of the polyethylene bag is feasible for the stabilization of fine soils on the Laive Vista Alegre highway.

Key words: Polyethylene bag, physical properties, mechanical properties, stabilization.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis titulada “Aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado en la estabilización de la subrasante de la provincia de Chupaca – Junín” se ha planteado como objetivo establecer si el uso de bolsas de polietileno fundidas, puede modificar las principales propiedades del suelo, en función a lo establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su manual de carreteras “Especificaciones Técnicas Generales EG-2013”; para ello se consideró el estudio de un suelo patrón y otros con proporciones del 4 %, 8 %, 12 % y 15 %; para finalmente compararlos y establecer sus diferencias. La finalidad de esta investigación es buscar un material alternativo para mejorar las características de un suelo no apto para subrasante, y a la vez dar un uso secundario a las bolsas, que en la actualidad son el principal foco de contaminación en el planeta. La importancia de la presente investigación, radica en que se ha podido demostrar que el uso de materiales, que en la actualidad son un foco de contaminación (como lo es el plástico), puede ayudar a mejorar las propiedades de subrasantes de las vías, esto contribuirá a que los pavimentos duren mayor tiempo y su mantenimiento sea menos costoso.

Para una mejor comprensión, la presente investigación se ha dividido en los siguientes capítulos:

El Capítulo I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN, donde se considera el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema, la justificación, las delimitaciones de la investigación, limitaciones y los objetivos tanto general como específicos.

El Capítulo II: MARCO TEÓRICO, contiene las antecedentes internacionales y nacionales de la investigación, el marco conceptual, la definición de términos, la hipótesis general, las hipótesis específicas, la definición conceptual y operacional y la operacionalización de las variables.

El Capítulo III: METODOLOGÍA, consigna el método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, la población y

muestra, técnicas e instrumentos de recolección de información, el procesamiento de la información y las técnicas y análisis de datos.

El Capítulo IV: RESULTADOS, desarrollado en base a los problemas, objetivos y las hipótesis.

El Capítulo V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS, en el cual se realiza la discusión de los resultados obtenidos en la investigación.

Por último, se presenta las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach. Ruiz Martinez, Dany Daniel.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial, uno de los problemas más comunes que se presentan en las vías, según Massenlli y De Paiva (2019), se da por la elevada deformación, y esto se da cuando la subrasante presenta una capacidad de soporte débil.

A nivel latinoamericano, según Urazán, Escobar y Moncada (2017) mencionan que, las posibles fallas que podrían ocurrir en una vía, limitan el normal desarrollo económico de los pueblos que unen, tal como sucede en países como Colombia o Ecuador en la que las constantes lluvias perjudican gravemente la parte estructural del pavimento, esto debido principalmente las deficientes propiedades del suelo de fundación.

En el Perú según el manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (MTC, 2014), la subrasante es el soporte directo de la estructura del pavimento, formando parte del prisma de la carretera que se da entre el terreno natural y la estructura del pavimento. Esta debe presentar características aceptables a fin de que no se vea afectada por las cargas del tránsito; por lo tanto, su capacidad de soporte (CBR), el tránsito y las características de los materiales de construcción son

variables básicas para el diseño de la estructura del pavimento; y de no cumplir con un mínimo de 6 % es necesaria su estabilización. Otro aspecto que es dable mencionar es que, de acuerdo al Ministerio del Ambiente en el Perú anualmente el consumo de plástico per cápita es de 30 kg traduciéndose en casi tres mil millones de bolsas de polietileno, estableciéndose que según algunos estudios este podría resultar un estabilizante del suelo después de un adecuado proceso para su aplicación.

En la región Junín y especialmente las vías del distrito de Chupaca y sus anexos como el de Yanacancha – Vista Alegre, las situaciones de las vías son muy precarias, debido a que muchas de estas vías presentan, en poco tiempo después de su inauguración, fallas, hendiduras y baches, los cuales perjudican el normal tránsito entre los pueblos que los utilizan. Es por ello que surge la necesidad de buscar alternativas que ayuden a la mejora de las propiedades del suelo sobre el que se construyen las vías; siendo así que Leiva (2016), destaca la utilización de plásticos como agentes estabilizadores de suelos, sumándose a ello que según Mitma (2019) en provincias como en Huancayo o Chupaca se pueden generar hasta 500 mil bolsas por semana, constituyendo también una problemática al no ser reutilizadas.

Con lo fundamentado anteriormente, la presente investigación buscó establecer la factibilidad del uso de bolsas de polietileno fundido para lograr estabilizar los suelos para su uso como subrasante en carreteras; y que estas cumplan las especificaciones mínimas que la norma exige; con lo cual además se podría dar un uso secundario a las bolsas de plástico.

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Qué resultado se obtiene de la aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado para la estabilización de la subrasante

de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre en la provincia de Chupaca – Junín?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿En qué medida la aplicación de las bolsas de polietileno fundido reciclado estabiliza las propiedades físicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre?
- b) ¿De qué manera la aplicación de las bolsas de polietileno fundido reciclado influye en las propiedades mecánicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre?
- c) ¿Cuál es el costo de aplicar las bolsas de polietileno fundido reciclado para la estabilización de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica o social

Existe justificación social o práctica, cuando se pretende resolver un problema real o establecer el impacto que tendría sobre la sociedad su posible solución. En tal sentido la presente investigación estudió la estabilización del suelo de la subrasante con la adición de bolsas de polietileno; buscando de esta manera mejorar las características del suelo; además de dar una alternativa de uso de las bolsas plásticas y evitando que estas sigan perjudicando al medio donde son desechadas.

1.3.2. Metodológica

La investigación presentó justificación metodológica, debido a que se utilizaron métodos y técnicas específicas que pueden servir de aporte y/o aplicación para otros investigadores futuros; es decir, en la presente investigación se propuso procedimientos que

enriquezca la investigación, además se estableció una secuencia de pasos para determinar las características físicas y mecánicas de la subrasante con la adición de bolsas de polietileno fundido, lo cual podrá ser utilizado en próximas investigaciones relacionadas.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La investigación fue desarrollada en la carretera que une a los distritos de Yanacancha y Laive Vista Alegre; en la provincia de Chupaca del departamento de Junín; del cual se extrajo muestras de suelo, los cuales se ensayaron a nivel de laboratorio ubicado en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo del departamento de Junín.

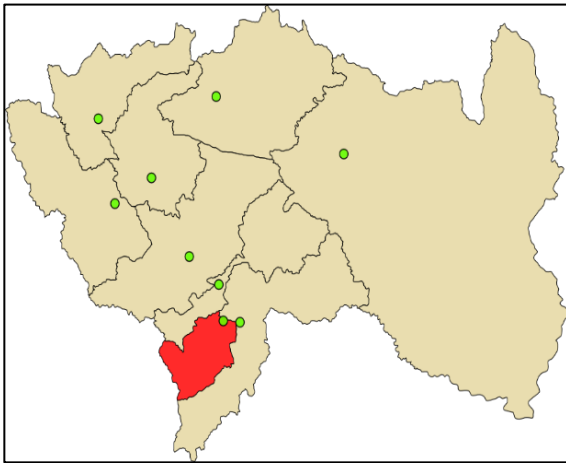




Figura 1. Ubicación de la zona de trabajo.

1.4.2. Temporal

La investigación se ejecutó en los meses de junio a setiembre del año 2020.

1.4.3. Económica

Los gastos de la investigación fueron asumidos en su totalidad por el tesista, sin financiamiento externo.

1.5. Limitaciones

1.5.1. Limitación tecnológica

La limitación tecnológica de la presente investigación se ha centrado en que no existe una máquina industrializada para el procesamiento de las bolsas de polietileno fundido y reciclado.

1.5.2. Limitación de información

La limitación de información de la presente investigación, radica principalmente en que no existe datos o teorías relevantes respecto a la

estabilización de suelos mediante la aplicación de bolsas de polietileno fundido y reciclado.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar el resultado de la aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado para estabilizar la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre en la provincia de Chupaca – Junín.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Determinar en qué medida la aplicación de las bolsas de polietileno fundido reciclado estabiliza las propiedades físicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre.
- b) Establecer la influencia de la aplicación de las bolsas de polietileno fundido reciclado en las propiedades mecánicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre.
- c) Determinar el costo de aplicar las bolsas de polietileno fundido reciclado para la estabilización de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Ramírez y Olano (2018), en su investigación “Evaluación de la resistencia de la sub-base granular mezclada con tereftalato de polietileno PET” evaluaron la resistencia de la subbase granular mezclada con PET, con el objetivo de incrementar la reutilización de los mismos. Buscaron determinar la proporción ideal de subbase y PET que alcance máxima resistencia, así como el método de mezcla óptimo en calor o frío. Para la estimación de los parámetros de resistencia y características de la subbase mezclada con PET, desarrollaron una metodología experimental basada en el ensayo de Proctor modificado y Californian Bearing Ratio (CBR). El resultado obtenido tras practicar el ensayo a diferentes golpes según norma (I.N.V.E – 148 – 07) observaron que al ser sometida la muestra a 56 golpes por capa los valores son 86.70 % a 0.1” de penetración y 114.25 % a 0.2” de penetración, afirmaron que según estos valores de CBR pueden usarse como base. En conclusión, apreciaron la buena relación entre los componentes de la mezcla

obteniendo resultados favorables para el aumento en la resistencia. El material utilizado pudieron usarlo para subbase granular mejorando algunos de los requerimientos exigidos por el INVIAS, propusieron entonces que la granulometría de la subbase granular fuera mejorado con el material PET para lograr los estándares exigidos por el INVIAS.

Rivera y Bedoya (2019), en su investigación “Inclusiones de Tereftalato de Polietileno como refuerzo en estructuras de suelo” evaluaron el proceso de mejoramiento de un suelo limo inorgánico sin reforzar y reforzado mediante inclusiones de fibras de Polietileno Tereftalato (PET) circulares a diferentes proporciones. Realizaron diferentes ensayos de laboratorio utilizando fibras de Polietileno Tereftalato de forma circular a un diámetro de 6 mm, consideraron diferentes porcentajes de PET en el suelo de 0.5 %, 0.8 %, 1 % y 1.2 % respecto al peso seco del suelo y por último la tercera fase consiste en llevar a cabo el proceso de análisis. Con los resultados lograron identificar que los porcentajes utilizados desde 0.5 % a 1.2 % son óptimos para mejorar la resistencia del suelo. Concluyeron que las adiciones dieron un promedio de mejoría del 85 % y 125 % en comparación al comportamiento de las muestras iniciales sin inclusiones de PET.

López (2013) en su investigación “Suelos arcillosos reforzados con material plástico reciclado (PET)”, planteó como objetivo analizar las propiedades del suelo arcilloso cuando se adiciones fibras de plástico reciclado. Por ello consideró una investigación experimental, basada en mezclar el suelo arcilloso con fibras de 3 y 5 cm de longitud; para ello preparó probetas con concentraciones de 0.2, 0.5, 1 y 1.5 % respecto al peso del suelo. Además, a ello fue necesario realiza ensayos que determinen las principales propiedades del material estudiado como: la granulometría, el higrómetro, el límite líquido, el límite plástico y su índice de plasticidad, solo con la finalidad de clasificarlo, también determinó

la gravedad específica, el ensayo proctor estándar y el ensayo a compresión simple. Los resultados que obtuvo dan a conocer que a medida se incrementa la cantidad de fibra de PET, aumenta la resistencia del suelo y por ende su deformación, lo cual se traduce en un incremento en la resistencia al corte y su ductibilidad. Es por ello que para obras de ingeniería los porcentajes más óptimos está entre 0.2 y 2 %. Otro aspecto muy importante que determinó fue que, mejor comportamiento presenta el suelo cuando la longitud de la fibra sea mayor. Finalmente concluye que, para obtener buenos resultados, no es recomendable sobrepasar una concentración del 1.5 %, especialmente si la fibra es mayor o igual a 5 cm de longitud.

Calderón y Velosa (2017) en su investigación “Análisis de resistencia a la compresión inconfiada y durabilidad de un suelo arcilloso estabilizado con cal adicionando fibras de material no biodegradable, polietileno de alta densidad (polisombra) reciclada”, plantearon como objetivo estudiar un suelo arcilloso estabilizado con cal, al cual se le adicionó fibras de polisombra, para establecer si este aporta de alguna manera resistencia y durabilidad. Por ello se obtuvo material de una obra en etapa de construcción en la ciudad de Bogotá (específicamente la calle 82 carretera 12), en función a lo recomendado en las normas establecidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Para realizar los especímenes de estudio, fue necesario establecer el óptimo contenido de cal y agua óptimo para cada adición de fibras de polisombra, por lo que fue necesario realizar la medición del pH y Proctor estándar. Las dosificaciones de fibras especificadas para la investigación fueron de 0.5, 1 y 1.5 % respecto del peso del suelo. Estas probetas fueron comparadas con muestras de suelo natural, suelo natural más un óptimo contenido de cal y suelo natural más un óptimo contenido de cal y óptimo contenido de fibra, mediante el desarrollo de ensayos como el límite líquido, límite plástico, gravedad

específica, contenido de humedad, pH, Proctor y CBR. Los resultados muestran que el suelo natural fallo por cortante solo con 16 kpa; mientras que, al incrementar cal, la falla fue frágil, siendo el porcentaje de 18 %, el que mejor comportamiento presentó, pues su resistencia llegó a 81 kpa; mientras que al adicionar fibras de polisombra se alcanzaron resistencias de 538 kpa, cuando se consideró una dosificación del 1 %; además que la falla no fue por cortante. Estos mismos resultados se vieron reflejados cuando se analizó el CBR del suelo; pues su valor se incrementó de 2.45 % a 21.4 % al considerar 18 % y 1% de fibra. Finalmente concluyeron que si existe un mejoramiento de las propiedades del suelo estabilizado con cal, cuando se le incrementa fibras de polipropileno reciclado (polisombra).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Leiva (2016) realizó la investigación “Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en el Jr. Arequipa, progresiva KM 0+000 - KM 0+100, distrito de Orcotuna, Concepción” con el objetivo de determinar el efecto de las bolsas de polietileno en el suelo a nivel de la subrasante del Jr. Arequipa de la progresiva KM 0+000 - KM 0+100 y en el medio ambiente del distrito de Orcotuna – Concepción. Realizaron tres calicatas en la carretera Jr. Arequipa para obtener muestras representativas para los ensayos de suelo, también realizaron ensayos químicos. La subrasante analizada la dividieron en dos tramos según características físicas y mecánicas, el primer tramo presenta un suelo arcilloso de baja plasticidad, el segundo presenta un suelo grava arcilloso. Para determinar la dosificación adecuada de bolsas de polietileno fundido tuvo que realizar ensayos de CBR y así poder encontrar una dosificación óptima en porcentaje, para lo cual se realizaron 45 ensayos de CBR, variando el porcentaje con respecto al peso seco del suelo. Los resultados obtenidos

mostraron que el CBR del suelo arcilloso es 4.145 % al 95 % de la máxima densidad seca y con la adición de bolsas de polietileno fundido en forma de grumos en una dosificación de 6 % del peso seco del suelo incrementó el CBR (California Bearing Ratio) a 7.98 % al 95 % de la máxima densidad seca. Concluyó que pueden utilizar bolsas de polietileno fundido como agente estabilizador en subrasante para mejorar sus propiedades físicas, mecánicas recomendándose como el más óptimo al 6 % con respecto al peso seco del suelo.

Linares (2019) realizó la investigación “Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido, Chachapoyas, 2018” con la finalidad de determinar la influencia de las bolsas de polietileno fundido en la estabilización de un suelo arcilloso a nivel de subrasante, las muestras de suelo para conocer sus propiedades físico-mecánicas fueron extraídas de la intersección de la Av. Los Libertadores y Jr. Las Orquídeas, Pueblo Joven 16 de octubre, Chachapoyas, Amazonas. Para elaborar la muestra, fundió las bolsas de polietileno, el líquido producto de la fundición lo mezcló con el material del suelo arcilloso en la proporción 1:1. El agregado base constituido, sirvió para elaborar las muestras tomando proporciones de 4, 8 y 12 % respecto al peso seco de la muestra. El resultado del tratamiento que presenta mejor comportamiento para las propiedades físicas es el 4 % donde logró una disminución promedio del índice de plasticidad de 13.55 % (suelo natural) hasta 8.98 % (4 % BPF). En las propiedades mecánicas el tratamiento que presenta mejor incidencia es el (12 %) ya que el OCH promedio tiende a disminuir de 18.23% (suelo natural) a 15.46 % (12 % BPF), mientras que la MDS promedio aumenta de 1.730 gr/cm³ (suelo natural) a 1.807 gr/cm³ (12 % BPF) y el CBR promedio aumenta de 5.6 % (suelo natural) a 9.9 % (12 % BPF). Concluyó que la adición de bolsas de polietileno fundido sí mejora las propiedades físicas y mecánicas

del suelo arcilloso a nivel de subrasante; por lo tanto, se logró estabilizar el suelo en estudio según lo recomendado por el MTC ya que el CBR con 12 % BPF es 10.3 %.

Gil y Nuñez (2018), en su investigación “Influencia de la adición de fibras de PET reciclado sobre la resistencia, cohesión y ángulos e fricción interna de suelos arcillosos aplicado a la estabilidad de taludes” presentaron una alternativa para el mejoramiento de la resistencia, cohesión y ángulo de fricción interna de un suelo arcilloso de alta plasticidad (CH), mediante la aplicación del concepto de suelo fibro-reforzado, con la finalidad de incrementar el factor de seguridad correspondiente al análisis de estabilidad de taludes de terraplenes viales teóricos compuestos por dicho tipo de suelo. Realizaron la caracterización geotécnica del suelo natural, previo muestreo de 120 kilogramos de suelo arcilloso extraído del talud lateral derecho ubicado a la altura del kilómetro 172 de la carretera Trujillo-Huamachuco. La variable que tomó en cuenta para el suelo fibro-reforzado fue el porcentaje de adición de fibras de PET reciclado de 20 mm de longitud al 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 y 1.5 % del peso seco del suelo. Los resultados confirman que el porcentaje de adición de fibras de PET mejoró hasta en un 49.45 % la resistencia del suelo; de igual manera, los parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna mejoraron en un 22.28 y 72.73 % respectivamente. Concluyeron que las fibras de PET reciclado tienen el potencial suficiente para lograr mejorar la estabilidad de taludes de terraplenes viales conformados por suelos arcillosos, presentando así una nueva alternativa ecológica para el rehúso a gran escala de materiales de desecho en obras geotécnicas.

Capia (2020) en su tesis “Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera Juliaca – Caminaca, 2019”, planteó como objetivo establecer una dosificación adecuada de PET

reciclado para mejorar las principales características del suelo para subrasante de la vía Juliaca – Caminaca. Para ello tomó como muestra la progresiva 2+000 – 2+500, donde realizó ensayos PDC – insitu y calicatas de 1.50 m de profundidad; a las muestras obtenidas les adición polímeros de PET reciclados en concentraciones de 1 %, 3 % y 5 %; ejecutándose así 36 ensayos CBR. Es preciso mencionar que, complementaria al CBR, realizó los ensayos de granulometría, límites de Atterberg y Proctor. Los resultados que obtuvo muestran que el CBR – 95 % del suelo natural se encuentra con valores de 5.41 % aproximadamente; sin embargo, al adicionar PET reciclado en un valor del 3 %, el CBR se incrementa a 6.19 %. Si bien este valor está de acuerdo a la normatividad peruana, la reducción del espesor de capas de un pavimento no es considerable; puesto que solo se reduce una pulgada. Concluye finalmente que la mejor dosificación es el 3 % de PET con dimensiones de 5 a 10 mm.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Polietileno

Corresponde a un polímero sintético termoplástico sintético producto de la polimerización del etileno. Dependiendo de las diferentes condiciones de operación de la redacción de polimerización existen diversos tipos de polietileno (Leiva, 2016).

a) Estructura del polietileno

El polietileno tiene una estructura química de la siguiente forma $-(CH_2-CH_2-)_n$. Está compuesta esta molécula por dos átomos de carbono y 4 átomos de hidrógeno unidos por enlaces de tipo covalente. Los enlaces C-C y C-H tienen una fuerza de 347 y 414 KJ/mol respectivamente. Se puede repetir la unidad básica de forma indefinida para formar el polietileno. Las veces que se repita

esta unidad básica dependerá del tipo de catalizador que se utilice en la reacción química, la temperatura y la presión (Leiva, 2016).

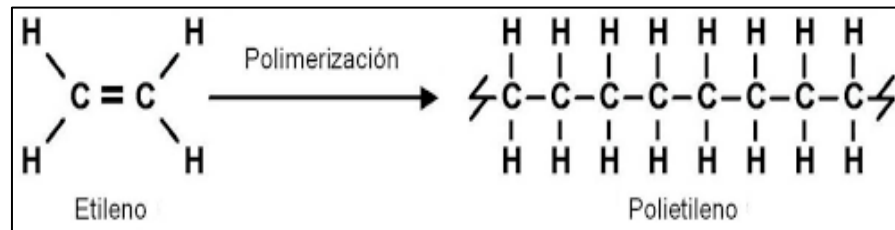


Figura 2. Estructura química del Polietileno.
Fuente: Leiva (2016).

b) Tipos de bolsas de polietileno

Bolsas de polietileno de baja densidad (PEBD). Son de mayor espesor y no transparentes, se utilizan cuando el peso de los productos es mayor o su forma requiere mayor resistencia al desgarre (Leiva, 2016).

Bolsas de Polietileno de alta densidad (PEAD). Se utilizan en los supermercados o tiendas, su espesor es más bajo y son más livianas (Leiva, 2016).

c) Reciclado del polietileno

El reciclado es la recuperación del plástico post-consumo (residencial) o post-industrial (scrap), para su posterior procesamiento físico-mecánico (Hernán, 2010).

- Residencial. – Según Hernán (2010) Es la recolección de plásticos utilizados del flujo urbano, estos se clasifican en:
 - o Simples. - Aquellos que tienen un tipo de resina.
 - o Mixtos. - Plásticos con mezcla de varios tipos de resina.
 - o Mixtos combinados. - Plásticos combinados con papel, cartón, etc.
- Scrap. - son residuos provenientes de la industria petroquímica; por lo general son más sencillos para

reciclar, debido a que presentan un solo tipo de resina como las cintas, adhesivos, etc (Hernán, 2010).

Un esquema generalizado del reciclaje se muestra en la siguiente figura:

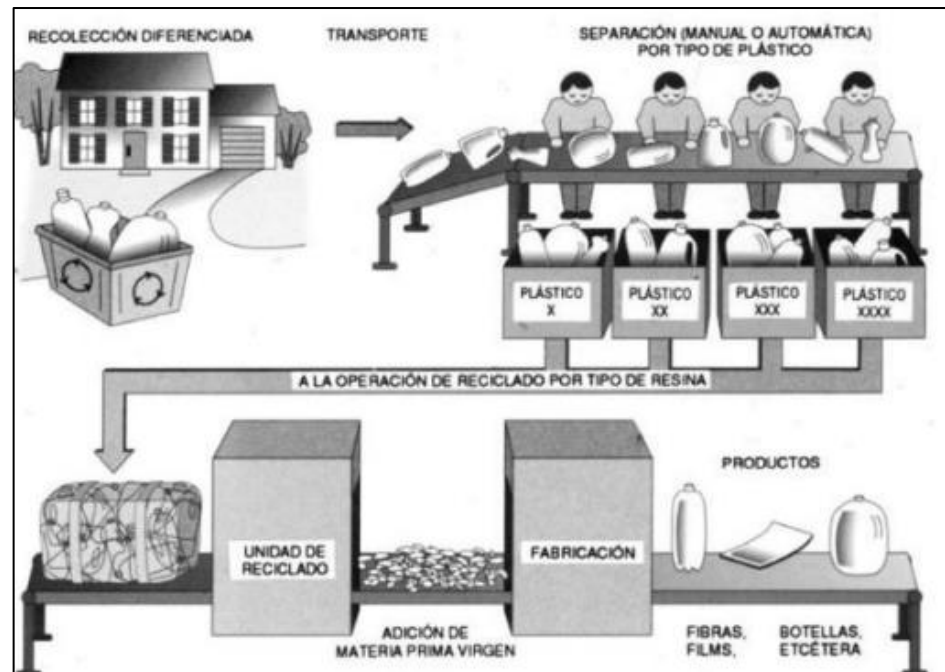


Figura 3. Proceso de reciclado mecánico.

- **Recolección.** - Consiste con la acumulación seleccionada de los residuos; por lo que es importante establecer el tipo de material exacto.
- **Lavado.** - Es la etapa en la que los elementos recolectados son limpiados mediante el uso de agua, este proceso puede realizarse de manera manual o mediante el uso de máquinas especiales.
- **Secado.** - Etapa en la que las bolsas pasan a un proceso de eliminación de la humedad retenida, esta se puede realizar de manera directa al sol o mediante máquinas de secado.

2.2.2. Subrasante

La subrasante es aquella zona en la que se asienta la parte prismática de una vía, es decir, es la superficie que se obtiene después del movimiento de tierras. Su función principal es la de soportar toda la estructura del pavimento; por lo que debe de estar conformada por suelos de buenas características y constituida por capas con el fin de obtener cuerpos más compactos que soportarán las cargas de diseño. Sus propiedades mecánicas son parámetros básicos para determinar los espesores de las capas del pavimento o el afirmado. En la etapa constructiva los 0.30 m debajo de la subrasante deben estar compactado al 95 % de su máxima densidad seca, la cual se obtiene según el ensayo MTC EM 115 (Gil y Nuñez, 2018).

Además a lo mencionado, el suelo que se encuentra a 0.60 m por debajo del nivel de la subrasante, debe cumplir con un CBR \geq 6%; por lo que si esto no se cumple, estos suelos deben ser reemplazados o mejorados, en función al análisis técnico del ingeniero responsable (MTC, 2014).

a) Caracterización de las subrasantes

De acuerdo al MTC (2014) las caracterizaciones de las propiedades físico-mecánicas para la subrasante deben realizarse a una profundidad de 1.50 m como mínimo. Si la vía es de bajo volumen de tránsito ($IMDA \leq 200$ veh/día) solo será necesario la construcción de una calicata por kilómetro. También es necesario considerar que, si la topografía en la zona de estudio es variable, tanto que generen cambios en el perfil del terraplén, o si la naturaleza del suelo varía considerablemente, se deben ejecutar más calicatas por kilómetro.

La caracterización de la subrasante es muy importante ya que, mediante ella, se podrá determinar la presencia de suelos, arcillosos, orgánicos, napas de agua, rellenos, etc., además que con esta información se logra identificar tramos para un

mejoramiento o estabilización de suelos. Si en el estudio se encuentra zonas rocosas, se deberá considerar lo que establece la norma MTC E101 (Gil y Nuñez, 2018).

b) Consideraciones para el registro de excavación en subrasante

De acuerdo al MTC (2014) las excavaciones realizadas se deberán obtener muestras representativas, las cuales deben tener una identificación mediante coordenadas UTM – WGS84; además se debe tener que considerar lo siguiente:

- Espesor de cada estrato del sub-suelo.
- Las características de gradación.
- El estado de compacidad de los materiales.

c) Propiedades de la subrasante

– Granulometría

La granulometría representa la distribución de los componentes de un material que se obtiene mediante un proceso de tamizaje (este ensayo debe realizarse envase al ensayo MTC EM 107). Con la determinación de esta propiedad se puede obtener un estimado con cierta aproximación de las otras propiedades (Ponce, 2018).

Para el MTC (2014) la finalidad de la granulometría es obtener la proporción de todos sus componentes en función de su tamaño. En este sentido, se puede clasificar de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla 1. Clasificación de las partículas según su tamaño.

| Tipo de material | | Tamaño de las 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).

Otra interpretación de esta propiedad según Ponce (2018), en la masa de suelos varían siempre los tamaños, gracias a esto, para su clasificación se necesita distribuirlos, esta distribución se hará mediante análisis granulométrico con el uso de mallas o con el hidrómetro en el caso de partículas muy finas, la primera opción siempre es la que se utiliza. La granulometría por mallas se ejecuta tomando cantidad medida de suelo seco, pulverizado y pasándola a través de una serie de mallas cada vez más pequeña y una charola en el fondo. La muestra de suelo retenido en cada malla se mide el porcentaje acumulado que pasa a través de cada malla.

Por lo general, según Leiva (2016), la granulometría es utilizada para la clasificación de suelos; por lo que, aquellos que se encuentren durante la exploración, solo pueden ser clasificados de acuerdo al AASHTO y SUCS, para ello se consideran los siguientes símbolos:

| Simbología | Clasificación | Simbología | Clasificación |
|------------|---------------|------------|-------------------|
| | A-1-a | | A-5 |
| | A-1-b | | A-6 |
| | A-3 | | A-7-5 |
| | A-2-4 | | A-7-6 |
| | A-2-5 | | MATERIA ORGANICA |
| | A-2-6 | | ROCA SANA |
| | A-2-7 | | ROCA DESINTEGRADA |
| | A-4 | | |

Figura 4. Signos convencionales para la clasificación AASHTO.
Fuente: MTC (2014).

| | | | |
|--|---|--|---|
| | Gravas bien graduadas mezcla, grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares | | Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo |
| | Gravas mal graduadas, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino | | Arenas arcillosas, mezcla de arena-arcillosa |
| | Gravas limosas mezclas de grava arena limosa | | Limos orgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosa o limos arcillosas con ligera plasticidad |
| | Gravas arcillosas mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino | | Limo orgánicos de plasticidad baja o mediano, arcillas gravas, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas magras |
| | Arenas bien graduadas, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios | | Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad |
| | Arenas mal graduadas con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedios | | Limos inorgánicos suelos finos granosos o limosos micáceas o diatomáceas, limos elásticos |

Figura 5. Signos convencionales para la clasificación SUCS.
Fuente: MTC (2014).

– Plasticidad

La plasticidad del suelo es una propiedad que indica su estabilidad con cierta cantidad de contenido de agua sin disgregarse; es por tal razón que esta propiedad depende de la cantidad de finos que posee este material. Debido a que es difícil obtenerlo mediante la granulometría, se debe considerar el ensayo establecido por Atterberg (Ramos, 2019).

Según el MTC (2014) los límites de Atterberg dan a conocer la sensibilidad del suelo ante su contenido de humedad. Esta propiedad se clasifica en tres fases: líquido, plástico y sólido; por lo que los límites que los cuantifican son:

- Límite líquido (LL). - se obtiene mediante el ensayo MTC EM 110, e indica cuando el suelo pasa del estado semilíquido al plástico, por lo que es moldeable (MTC, 2014).

- Límite plástico (LP). - Se obtiene mediante el ensayo MTC EM 111, e indica cuando el suelo pasa de un estado plástico a uno semisólido, por lo que tiende a romperse (MTC, 2014).
- Límite de contracción o retracción. - se puede determinar mediante la realización del ensayo MTC EM 112, e indica cuando el suelo pasa de un estado semisólido a uno sólido, por lo que deja de contraerse al no perder humedad (MTC, 2014).

Para Ramos (2019) un aspecto importante en esta propiedad es el índice de plasticidad (IP), el cual indica un intervalo de contenido de agua con el cual el suelo tiene una consistencia plástica. Su valor se puede determinar mediante la siguiente ecuación:

$$IP = LL - LP$$

Según el MTC (2014) un valor de un IP grande representa a un suelo muy arcilloso; mientras que uno pequeño es típico en suelos poco arcillosos, en tal sentido esta propiedad se puede clasificarse en función a la siguiente tabla:

Tabla 2. Clasificación del suelo según si índice de plasticidad.

| Índice de plasticidad | Plasticidad | Características |
|-----------------------|------------------|---------------------------------------|
| IP > 20 | Alta | Suelos muy arcillosos |
| 7 < IP ≤ 20 | Media | Suelos arcillosos |
| IP < 7 | Baja | Suelos poco arcillosos plasticidad |
| IP = 0 | No plástica (NP) | Suelos exentos de arcillas |

Fuente: MTC (2014).

Cabe mencionar que las presencias de arcilla en los suelos resultan ser riesgosos debido a su gran sensibilidad al agua.

– **Equivalente de arena**

Para el MTC (2014), es la cantidad relativa de contenido de polvo o material arcilloso en suelos o agregados finos. Este se puede determinar mediante el ensayo MTC EM 114.

El valor de equivalente de arena (EA), indica la plasticidad del suelo, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3. Clasificación del suelo según el equivalente de arena.

| Equivalente de arena | Características |
|----------------------|-----------------------------------|
| EA > 40 | Suelo no plástico, es arena |
| 20 < EA < 40 | Suelo poco plástico y no heladizo |
| EA < 20 | Suelo plástico y arcilloso |

Fuente: MTC (2014).

– Índice de grupo

Para Leiva (2016) es un valor normalizado por la AASHTO, el cual es utilizado para la clasificación de suelos. Este índice se basa gran parte en los límites de Atterberg, y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01(bd)$$

Dónde: a, F-35 (F, fracción del porcentaje que pasa el tamiz N°200) expresado en un número de 1 a 40; b, F-15 (F, fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200) expresado en un número de 1 a 40; c, LL – 40 y d, IP -10.

Generalmente, según el MTC (2014), este índice tiene un valor de 0 a 20. Si el valor es negativo se reporta como cero. Un valor de cero da indicios de un suelo excelente, mientras si da mayor a 20, es indicador que el suelo no es apto para caminos; tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4. Clasificación de la subrasante según el índice de grupo.

| Índice de grupo | Suelo subrasante |
|-----------------|------------------|
| IG > 9 | Muy pobre |
| 4 < IG ≤ 9 | Pobre |
| 2 < IG ≤ 4 | Regular |
| 1 < IG ≤ 2 | Bueno |
| 0 < IG ≤ 1 | Muy bueno |

Fuente: MTC (2014).

– **Humedad natural**

Es una característica esencial de los suelos, pues su resistencia depende en gran medida de su contenido de agua, especialmente de los suelos finos (MTC, 2014).

También, según Ramos (2019), es la relación expresada como el porcentaje del peso de agua en una masa de suelo, al peso de partículas sólidas; para su cálculo se determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 ± 5 °C. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua.

El método de cálculo de esta propiedad se realiza mediante el ensayo MTC EM 108. La importancia de su estimación radica en que este valor es comparado con el óptimo contenido de humedad que se obtiene de los ensayos para el CBR; siendo que, si la humedad natural resulta igual o inferior a la óptima, el responsable deberá estimar la cantidad de agua y el tipo de compactación del suelo; mientras que, si el valor es mayor, se deberá buscar medidas que disminuyan la saturación del suelo, tales como: aumentar la compactación, aireación o sustitución del material (Ramos, 2019).

El contenido de humedad de la muestra se calcula, mediante la siguiente fórmula, según Ramos (2019):

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_t} \times 100 = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

W : es el contenido de humedad (%).

W_w : peso del agua (g).

W_s : peso seco del material (g).

W_1 : es el peso de tara más el suelo húmedo (g).

W_2 : es el peso de tara más el suelo secado en horno (g).

W_t : es el peso de tara (g).

– Compactación

La compactación es una propiedad del suelo, con la cual se puede obtener suelos más resistentes. Esta propiedad puede estimarse mediante la prueba proctor (Ramos, 2018).

Según a lo mencionado por Ramos (2018), la prueba proctor estándar es usado para materiales arcillosos y limosos, mientras que el modificado, es para materiales granulares. El equipo comúnmente utilizado se muestra en la siguiente figura:

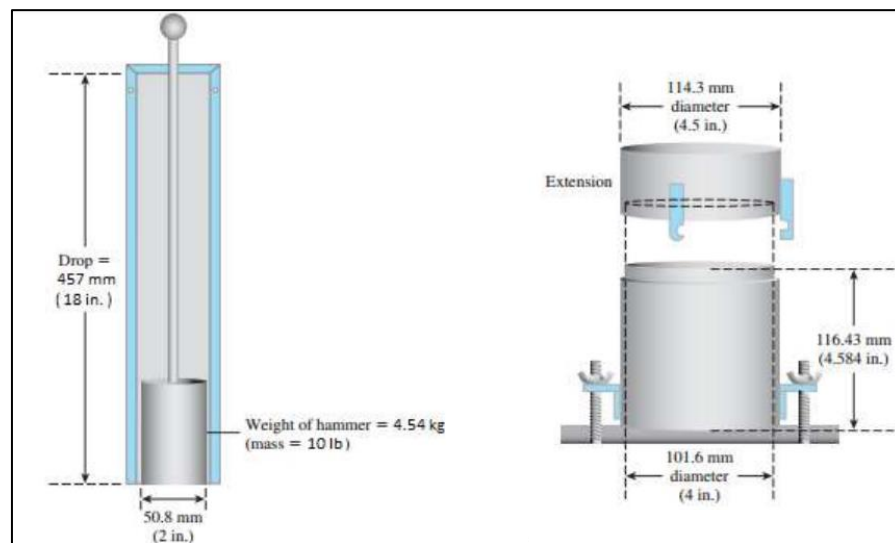


Figura 6. Equipo para el ensayo de proctor estándar, (a) molde y (b), pistón. Fuente: Ramos (2018).

De acuerdo al MTC (2014), el ensayo proctor, mide la relación entre la humedad y el peso unitario, el cual es compactado mediante una carga determinada; este valor se puede determinar mediante el ensayo MTC E – 116, siguiendo el siguiente procedimiento:

- Secar material al aire libre o al horno.
- Tamizar el material a través de las mallas 3/4", 3/8" y N°04.
- Preparar 6 muestras, esto de acorde con el método A.
- Mezclar de manera uniforme.
- Colocar las tres capas de suelo con 25 golpes.
- Extraer una muestra del suelo húmedo y compactado.
- Repetir para las 5 muestras, con la variación de humedad.
- Finalmente determinar la densidad seca de cada muestra.

– **Ensayo CBR:**

Es el valor de resistencia o soporte del suelo, que se refiere al 95 % de la máxima densidad seca y con una penetración de carga de 2.54 mm (MTC, 2014). Además, se define el porcentaje de CBR como la cantidad de fuerza que necesita un pistón normalizado para penetrar una profundidad determinada en una muestra de suelo compactada con un contenido de humedad y densidad dado, esto se compara con la fuerza que necesita el mismo pistón para penetrar la misma profundidad y con la misma velocidad a una probeta con muestra de suelo compactado.

Según el MTC (2014), esta propiedad del suelo se estima mediante lo recomendado en la norma MTC EM 132; y se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Clasificar el suelo por los sistemas AASHTO y SUCS.
- Elaborar un perfil estratigráfico en cada sector homogéneo o tramo de estudio.
- Con el perfil se deben programar los ensayos de CBR (resistencia del suelo)

- El CBR debe ser al 95 % de la MDS (máxima densidad seca) y a una penetración de 2.54 mm.

Una vez que se define el valor de CBR para cada sector con sus características homogéneas, se clasifica a qué categoría de subrasante pertenece, según la siguiente tabla:

Tabla 5. Categoría Subrasante.

| Categorías de subrasantes | CBR |
|--|-------------------|
| S ₀ : Subrasante Inadecuada | CBR < 3% |
| S ₁ : Subrasante Pobre | 3 % ≥ CBR < 6 % |
| S ₂ : Subrasante Regular | 6 % ≥ CBR < 10 % |
| S ₃ : Subrasante Buena | 10 % ≥ CBR < 20 % |
| S ₄ : Subrasante muy Buena | 20 % ≥ CBR < 30 % |
| S ₅ : Subrasante muy buena | CBR ≥ 30% |

Fuente: MTC (2014).

Según el MTC (2014) un aspecto importante para el diseño a partir de la estimación del CBR es el módulo resiliente (MR). Este valor se puede estimar mediante la siguiente fórmula que establece el AASHTO.

$$Mr (psi) = 2555 \cdot CBR^{0.64}$$

d) Estabilización de suelos

La estabilización consiste en mejorar las propiedades de los suelos y que se mantengan en el tiempo. Para esto se puede usar múltiples técnicas como la adición de suelos, incorporación de otros agentes, etc. sin embargo, cualquiera que sea el mecanismo empleado, esta debe consolidarse mediante mecanismos de compactación (Leiva, 2016).

De acuerdo a Ramos (2018) los métodos más comunes para la estabilización se muestran a continuación:

- Mecánica. - Este método consiste en la compactación del suelo, con la finalidad de mejorar sus propiedades (Leiva, 2016).

- Por combinación de suelos. - Consiste en la mezcla de diferentes tipos de materiales diferenciados en capas de 15 cm (Leiva, 2016).
- Por sustitución de suelos. - Consisten en el reemplazo total o parcial del suelo existente por un material que cumplan las especificaciones (Leiva, 2016).
- Con adición de cal.- Consiste en la mezcla de suelo, cal y agua, buscando que se convierta en un elemento más granular, lo cual incrementa el límite plástico y su humedad. El defecto de este método es que en lugares calurosos tienen a fisurarse (Leiva, 2016).
- Con adición de cemento. - También conocido como suelo – cemento, esto se logra al mezclar cemento, agua y suelo mediante una compactación y un adecuado curado (Leiva, 2016).
- Con adición de escoria. - Este material se comporta la adición de material granular, por lo que, ayuda a no utilizar canteras (Leiva, 2016).
- Con adición de sales. - Dentro de este grupo se pueden encontrar elementos como el cloruro de sodio, cloruro de calcio y el cloruro de magnesio; su principal efecto es el control del polvo, o para evitar las pérdidas de humedad del suelo (Leiva, 2016).
- Con productos asfálticos. - Su fin es aumentar la estabilidad del suelo, debido a que tiene elementos aglomerantes (Leiva, 2016).
- Con geosintéticos. - Estos elementos incrementa la resistencia a la tracción del suelo (Leiva, 2016).

2.3. Definición de términos

Según MTC (2016), se define:

Límite líquido del suelo (L.L.). – Es el contenido de humedad que se expresa en porcentaje donde el suelo se halla entre el estado líquido y plástico; se fundamenta de acuerdo al MTC E 110.

Límite plástico del suelo (L.P.). – Es la humedad más baja con la cual se puede formar barras de suelo de unos 3.2 mm (1/8”) de diámetro, sin que esta se desmorone; se fundamenta de acuerdo al MTC E 111.

Índice de plasticidad (I.P.). – Corresponde a la diferencia del límite líquido y plástico del suelo; se fundamenta de acuerdo al MTC E 111.

CBR de suelos. – California Bearing Ratio, es el índice de resistencia de los suelos que se denomina como valor de relación de soporte del suelo; se fundamenta de acuerdo al MTC E 132.

Desgaste de los Ángeles. – corresponde a una medida de degradación de agregados minerales de gradación normalizadas resultantes de una combinación de acciones, incluyen la abrasión o desgaste, impacto o trituración; se fundamenta de acuerdo al MTC E 207.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado tiene como resultado mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre en la provincia de Chupaca – Junín.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) La aplicación de las bolsas de polietileno fundido reciclado estabiliza de manera significativa las propiedades físicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre.

- b) La aplicación de bolsas de polietileno fundido reciclado influye de manera positiva en las propiedades mecánicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre.
- c) La aplicación de las bolsas de polietileno fundido reciclado incrementa el costo de la estabilización de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Variable independiente (X): Bolsas de polietileno fundido. – Son el residuo obtenido después del procesamiento de incineración y enfriamiento de las bolsas de polietileno recicladas (Leiva, 2016).

Variable dependiente (Y): Subrasante. – Es aquella zona en la que se asienta la parte prismática de una vía, es decir, es la superficie que se obtiene después del movimiento de tierras. Su función principal es la de soportar toda la estructura del pavimento; por lo que es muy importante medir sus propiedades (Gil y Nuñez, 2018).

2.5.2. Definición operacional de la variable

Variable independiente (X): Bolsas de polietileno fundido reciclado. – Se utilizó en 5, 7, 9 y 12% respecto al peso seco del suelo.

Variable dependiente (Y): Subrasante. – Se estimó de acuerdo los siguientes ensayos: Límite líquido, límite plástico, granulometría, CBR y Proctor modificado.

De acuerdo al análisis obtenido se ha demostrado que existe una relación entre la cantidad de bolsas de polietileno fundido reciclado en las propiedades de la subrasante; sin embargo, dicha relación debe ser de manera controlada pues en proporciones mayores a las establecidas en la presente investigación pueden disminuir las propiedades de la subrasante.

2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 6. Operacionalización de las variables.

| Variables | Dimensiones | Indicadores |
|---|---|--|
| Variable independiente (X): Bolsas de polietileno fundido | Bolsas de polietileno fundido reciclado | Cantidad en porcentaje |
| Variable dependiente (Y): Subrasante | Propiedades físicas | Límite líquido Límite plástico Granulometría |
| | Propiedades mecánicas | CBR Proctor modificado |
| | Costo | Mano de obra Materiales Equipos |

Fuente:

Elaboración

propia.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

La investigación utilizó el método científico, el cual busca el control de las variables que intervienen en el estudio mediante la observación de fenómenos naturales y la postulación de hipótesis y su posterior comprobación mediante la experimentación. Es por ello que, en esta investigación se siguen procedimientos sistematizados, como ensayos de laboratorios, que se usan para estudiar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante bajo el efecto de bolsas de polietileno fundido reciclado.

3.2. Tipo de investigación

La investigación fue del tipo aplicada, pues debido a que se tiene como objetivo resolver un determinado problema o planteamiento específico, basado en teorías y estudios establecidos mediante investigaciones del tipo básica. Es decir, se aplicó el conocimiento ya existente para estudiar e investigar cómo se comportan las características de la subrasante al adicionar bolsas de polietileno fundido reciclado.

3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación correspondió al descriptivo - explicativo, pues este nivel está orientado a describir las variables estudiadas y a buscar establecer las causas que están detrás de éste. En tal sentido esta investigación determinó cómo las bolsas de polietileno fundido reciclado estabilizan las propiedades del suelo para subrasante, esto mediante ensayos de laboratorio.

3.4. Diseño de investigación

La presente investigación fue del tipo experimental, pues se manipuló la variable independiente y existió un grupo de control y otro patrón con el que se comparó las propiedades físicas y mecánicas del suelo para subrasante.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población correspondió al suelo de subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre, en el distrito de Yanacancha, provincia de Chupaca del departamento de Junín, el cual tiene una longitud de 10 kilómetros; los cuales se han distribuido de acuerdo a lo descrito en la siguiente tabla:

Tabla 7. Número de especímenes

| Ensayo | Suelo inalterado | Suelos modificados | | | | Total |
|--------------------|------------------|--------------------|-----|------|------|-------|
| | | 4 % | 8 % | 12 % | 15 % | |
| Granulometría | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| Limite líquido | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| Limite plástico | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| CBR | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| Proctor modificado | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| Total | | | | | | 25 |

3.5.2. Muestra

Para esta investigación no se ha considerado un tipo de muestreo debido a que la muestra fue determinada mediante censo, es decir, se ha considerado el total de la población el cual es de 25 especímenes.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Observación directa. – Se realizó mediante la toma de muestras y recolección de bolsas de polietileno; debido a que se aplicó en la fase de planificación del proyecto.

Análisis de documentos. - Es la recopilación de bibliografía en físico y digital, mediante los datos obtenidos se elaboró una metodología para realizar el proyecto.

Trabajo en campo. - Consistió en recolección de datos, el cumplimiento del proyecto en laboratorio y se hizo las siguientes actividades:

- Recolección de bolsas de polietileno de la planta recicladora ubicada en el sector Intihuatana, de la provincia de Huancayo, departamento de Junín.
- Extracción de muestras de subrasante.
- Determinación de granulometría, límites de Atterberg, Proctor y CBR de las muestras extraídas.
- Fundido de las bolsas de polietileno, para lo cual se utilizó un aparato casero compuesto por dos latas de aceites vacías que se interconectarán entre sí mediante un tubo galvanizado, en una de ellas se colocó las bolsas de polietileno y en la otra se agregó agua para atrapar el humo cuando se realiza la combustión, esto se muestra en la siguiente figura:

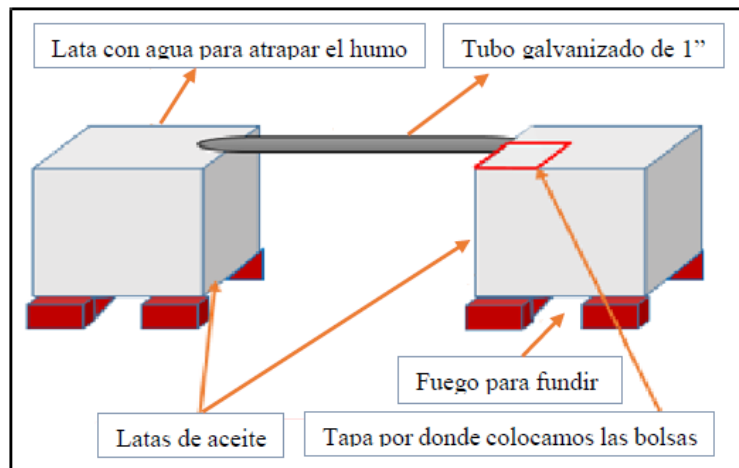


Figura 7. Máquina casera para fundir las bolsas de polietileno. Fuente: Linares (2019).

Se fundió las bolsas por un tiempo de 10 minutos para obtener un líquido.

- El material líquido obtenido se secó a temperatura ambiente, obteniendo una masa compacta de bolsas de polietileno fundido reciclado (BPF).
- Se procedió a desintegrar de manera mecánica el material obtenido; el cual fue tamizado con el fin obtener una granulometría fino.
- Con el material obtenido se procedió a elaborar las demás proporciones establecidas de 4, 8, 12 y 15 % respecto al peso del suelo seco.
- Finalmente se elaboraron especímenes para determinar el las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la vía de estudio.

3.7. Procesamiento de la información

El procesamiento de la información se dio en base a los datos recolectados en campo y laboratorio; para ello fue necesario elaborar matrices de tabulación con el fin de ordenar la información. Estas matrices fueron digitalizadas con el apoyo de Microsoft Excel para generar cuadros y gráficas que coadyuvaron a una adecuada interpretación de los

resultados obtenidos. Complementario a esto, se ha utilizado el software SPSS v.22, con el fin de probar estadísticamente la hipótesis planteada en la presente investigación y Google Earth, para la ubicación de la zona de estudio.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Los datos de esta investigación se analizaron con un enfoque cuantitativo, por lo que las técnicas utilizada para el desarrollo de la tesis fue la estadística.

La estadística descriptiva fue utilizada para la generalización de los resultados, por lo que se usó descriptivos como la media y frecuencia para la generalización de los datos de laboratorio.

La estadística inferencial fue aplicada para establecer la prueba de hipótesis planteada, la cual, para esta investigación consistió en la prueba R de Pearson, pues de acuerdo a los resultados se ha observado que existe correlaciones entre las variables de estudio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Efectos de la bolsa de polietileno fundido reciclado en la estabilización de las propiedades físicas de subrasantes

4.1.1. Granulometría

Mediante la granulometría se puede clasificar el suelo en base a la cantidad de partículas retenidas en ciertos tamices, por lo que es el ensayo más básico que se le realiza al suelo. Es por ello que la presente investigación, buscó determinar cómo es que la adición de bolsas de polietileno fundido reciclado (BPF) modifica la gradación del suelo; obteniéndose así los siguientes resultados:

Tabla 8. Variación de la granulometría según el porcentaje de BPF.

| Tipo de suelo | Grava | Arenas | Finos |
|---------------|-------|--------|-------|
| MP | 1.08 | 8.17 | 90.75 |
| MP + 4% BPF | 1.28 | 11.97 | 86.75 |
| MP+ 8% BPF | 1.15 | 14.72 | 84.13 |
| MP + 12% BPF | 1.63 | 18.37 | 80 |
| MP + 15% BPF | 2.42 | 21.96 | 75.63 |

La tabla anterior muestra como varia la concentración de grava, arena y finos en el suelo patrón; destacándose que a medida se

incrementa la concentración de BPF, la cantidad de finos disminuye de manera considerable de 90.75 % a 75.63 %.

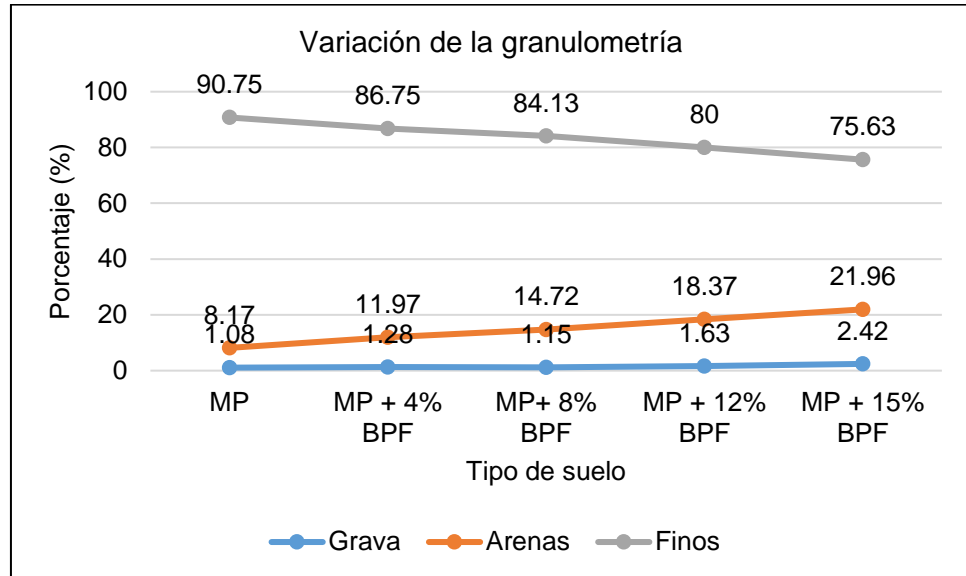


Figura 8. Variación de la granulometría del suelo en función al porcentaje de BPF.

En Figura 8 se puede observar la tendencia de los porcentajes de los diferentes tipos de partículas en el suelo; destacando que, a medida se incrementa la concentración de BPF, la cantidad de finos disminuye y se incrementa la cantidad de gravas y especialmente de arenas. Estos resultados dan indicios a que se mejorarán ciertas propiedades mecánicas como el CBR.

Tabla 9. Variación del tipo de suelo según el porcentaje de BPF.

| Clasificación de suelos | SUCS | AASHTO | Denominación |
|-------------------------|------|----------|------------------------|
| MP | CL | A-6 (16) | Arcilla fina |
| MP + 4% BPF | CL | A-6 (13) | Arcilla fina |
| MP + 8% BPF | CL | A-6 (12) | Arcilla fina con arena |
| MP + 12% BPF | CL | A-6 (6) | Arcilla fina con arena |
| MP + 15% BPF | CL | A-6 (10) | Arcilla fina con arena |

Finalmente se ha realizado la clasificación del suelo a base a las metodologías propuestas por SUCS y AASTHO; obteniéndose que, al considerar la primera, no existe variación alguna, sin embargo, al considerar la segunda se observa que el índice de

grupo disminuye de 16 hasta 6 (cuando el porcentaje de BPF fue de 12 %). Esto es un indicador de que la plasticidad del suelo es menor a medida que se incrementa el valor de BPF; sin embargo, a pesar de ello este suelo mantiene su clasificación inicial (A-6).

4.1.2. Límites de consistencia

Los límites de consistencia son utilizados principalmente para la clasificación del suelo, sin embargo, también indican de manera indirecta algunas propiedades mecánicas de la subrasante, como el CBR.

a) Límite líquido

El límite líquido es el contenido de agua que separa al suelo del estado plástico y líquido, su importancia radica en que pasado este valor el suelo pasa de un estado plástico a uno líquido, es por ello que mediante el desarrollo de la presente tesis se ha verificado lo siguiente:

Tabla 10. Variación del límite líquido según el porcentaje de BPF.

| Tipo de suelo | Límite líquido (%) | Variación porcentual (%) |
|---------------|--------------------|--------------------------|
| MP | 35.29 | 0 |
| MP + 4% BPF | 32.83 | -6.97 |
| MP+ 8% BPF | 30.04 | -14.88 |
| MP + 12% BPF | 29.61 | -16.10 |
| MP + 15% BPF | 29.61 | -16.10 |

En Tabla 10 se observa que a medida se incrementa el porcentaje de BPF el límite líquido del suelo disminuye desde 35.29 % hasta 29.61 %, lo cual equivale un 16.10 % menos del valor obtenido en el suelo patrón.

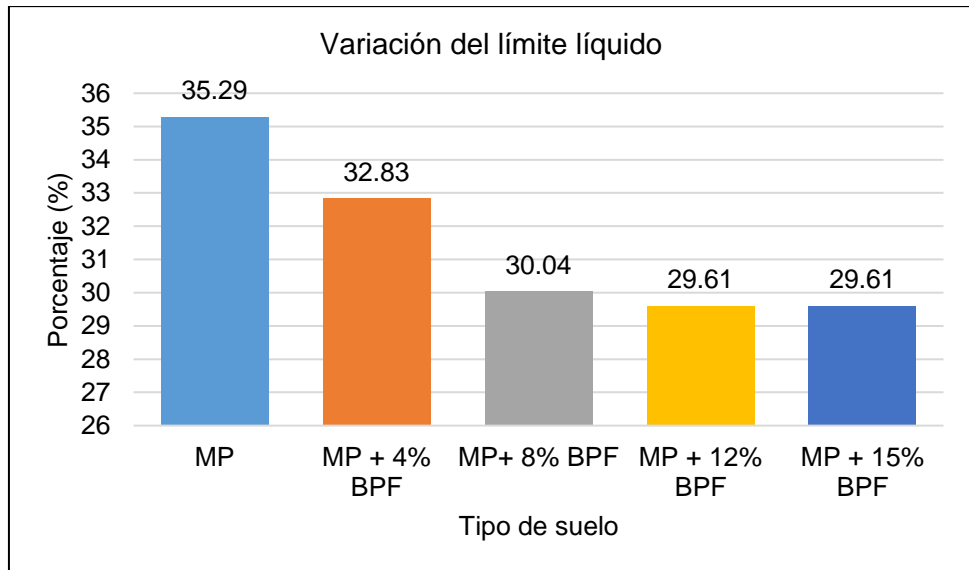


Figura 9. Variación del límite líquido en función al porcentaje de BPF.

Lo descrito anteriormente se puede apreciar en la Figura 9, el cual también muestra la tendencia negativa a medida se incrementa el porcentaje de BPF. Esto implica que para que el suelo pase de un estado plástico al líquido se necesita menos cantidad de agua que el suelo patrón.

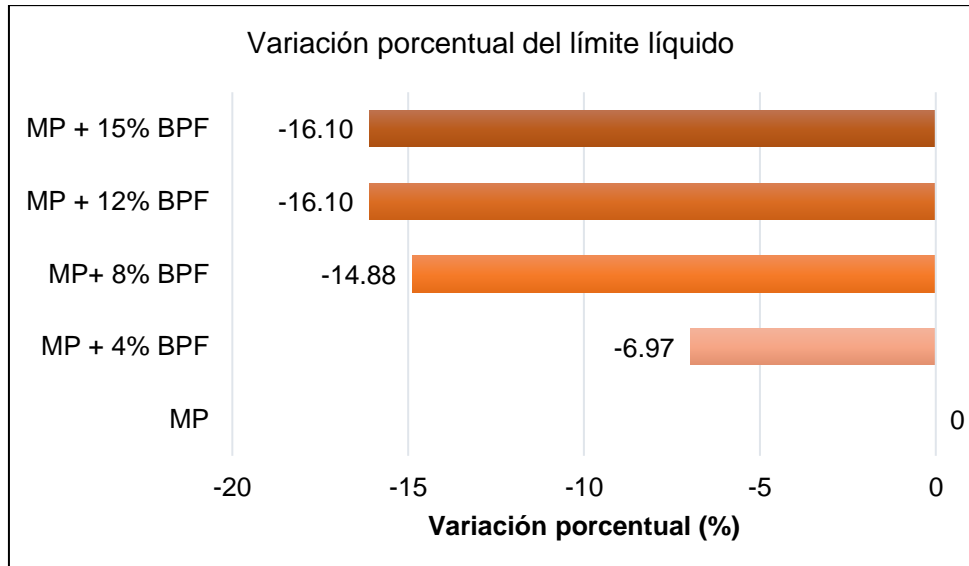


Figura 10. Variación porcentual del límite líquido en función al porcentaje de BPF.

En la Figura 10 se puede observar también como se da la variación porcentual del límite líquido a medida que se incrementa

la cantidad de BPF, lográndose así una reducción de hasta el 16.10 % respecto al valor obtenido inicialmente.

b) Límite plástico

Otro parámetro importante en la consistencia del suelo es el límite plástico, este se puede comprender como la cantidad de agua necesaria para que el suelo pase de un estado semisólido al estado plástico, es por ello su importancia al momento de verificar su comportamiento cuando se incrementa la concentración de las BPF, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11. Variación del límite plástico según el porcentaje de BPF.

| Tipo de suelo | Límite plástico (%) | Variación porcentual (%) |
|---------------|---------------------|--------------------------|
| MP | 17.38 | 0 |
| MP + 4% BPF | 16.40 | -5.64 |
| MP+ 8% BPF | 14.26 | -17.95 |
| MP + 12% BPF | 15.51 | -10.76 |
| MP + 15% BPF | 12.98 | -25.32 |

La tabla anterior muestra como disminuye el límite plástico a medida que se incrementa la concentración de BPF. En general se puede mencionar que tiene una tendencia negativa a excepción cuando se considera un porcentaje de BPF de 12 %.

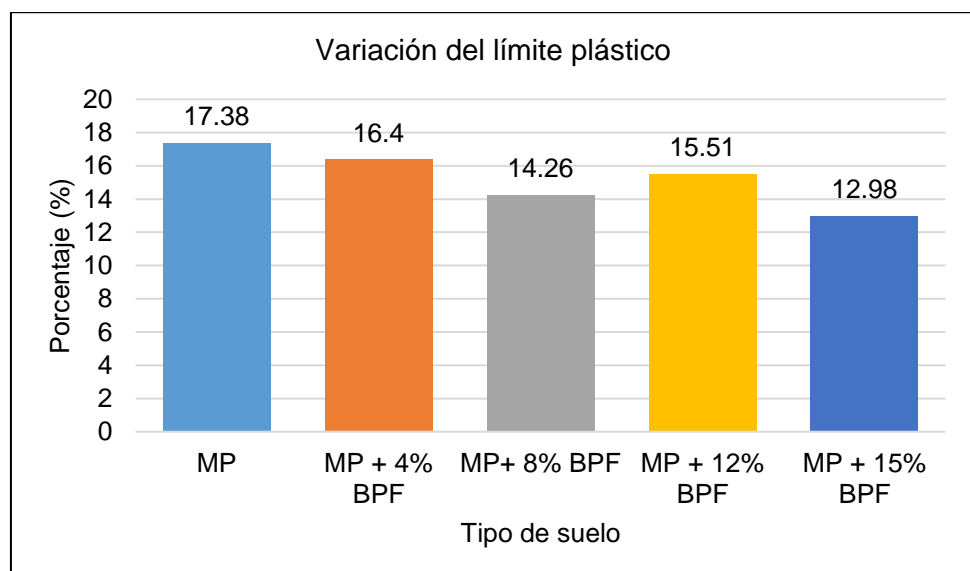


Figura 11. Variación del límite plástico en función al porcentaje de BPF.

En la figura anterior se muestra de manera gráfica la variación del valor del límite plástico cuando se modifica la concentración de BPF, observándose que a mayor cantidad de este material e valor del límite disminuirá.

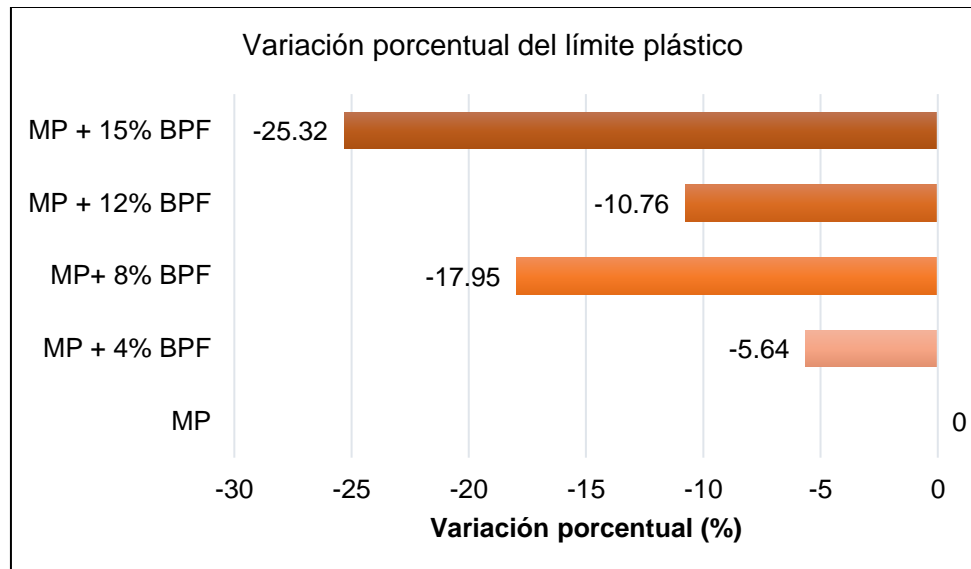


Figura 12. Variación porcentual del límite plástico en función al porcentaje de BPF.

En la figura anterior podemos observar la variación porcentual del límite plástico, obtenidos una disminución de hasta 25.32 % cuando se adiciona un 15 % de BPF.

c) Índice de plasticidad

El índice de plasticidad es el parámetro que tiene mayor relevancia para determinar la consistencia de un suelo, aunque depende directamente de los valores del límite líquido y el plástico. Los valores finales obtenidos en el desarrollo de la presente investigación son los que se muestra a continuación:

Tabla 12. Variación del índice de plasticidad según el porcentaje de BPF.

| Tipo de suelo | Índice de plasticidad (%) | Variación porcentual (%) |
|---------------|---------------------------|--------------------------|
| MP | 17.91 | 0 |
| MP + 4% BPF | 16.43 | -8.26 |
| MP+ 8% BPF | 15.78 | -11.89 |
| MP + 12% BPF | 14.1 | -21.27 |
| MP + 15% BPF | 16.63 | -7.15 |

En la Tabla 12 se muestra la variación del índice de plasticidad, a medida que se incrementa la cantidad de BPF, se observa que el valor del índice de plasticidad disminuye hasta una concentración de 12 % de BPF, después de este valor el índice de plasticidad vuelve a incrementarse; sin embargo, es importante resaltar que no se puede generalizar estos resultados debido a que solo se ha considerado una concentración máxima de BPF en 15 %.

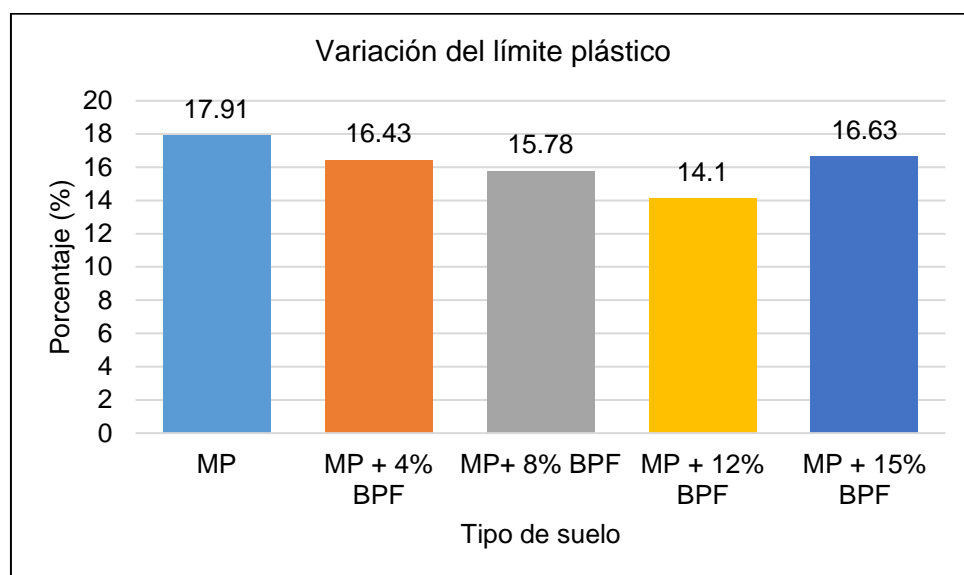


Figura 13. Variación del índice de plasticidad en función al porcentaje de BPF.

En la Figura 13 se observa como el límite plástico del suelo tipo CL disminuye a medida que se incrementa la concentración de BPF, en general se puede mencionar que al incrementar el porcentaje de BPF este valor tiende a disminuir, siendo beneficioso para el suelo, pues pasa de clasificarse como un suelo arcilloso a un suelo arcilloso con presencia de arena.

d) Potencial de hidrógeno del suelo

El potencial de hidrógeno fue determinado con el fin de establecer si la adición de las bolsas de polietileno fundido reciclado incide o perjudican de alguna manera el suelo. En este sentido se ha obtenido los siguientes resultados:

Tabla 13. Variación del pH en el suelo.

| % de BPF | pH | Variación porcentual |
|----------|------|----------------------|
| 0.00 | 7.68 | 0.00 |
| 4.00 | 8.04 | 4.69 |
| 8.00 | 8.04 | 4.69 |
| 12.00 | 8.04 | 4.69 |
| 15.00 | 8.04 | 4.69 |

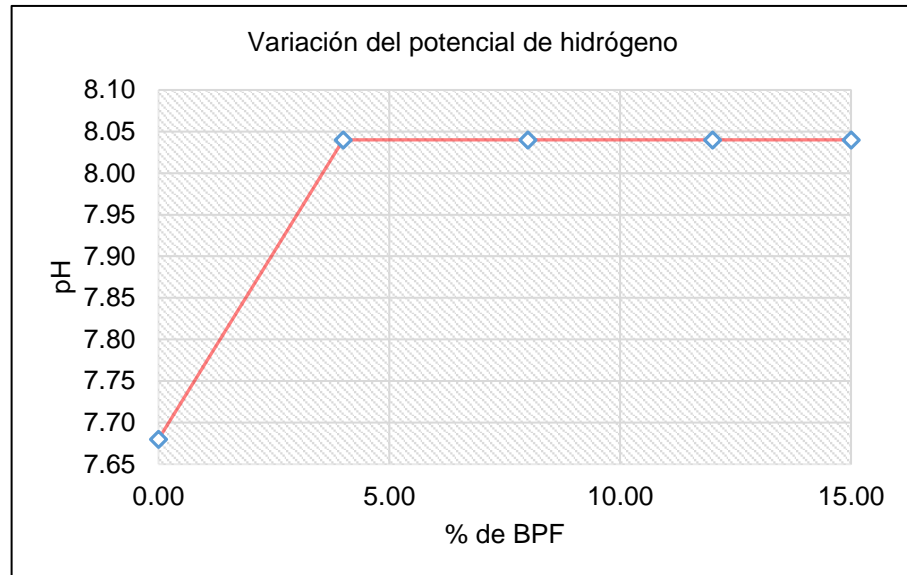


Figura 14. Variación del potencial de hidrógeno en el suelo.

Como se muestra en la tabla y figura anterior, el pH del suelo solo se modifica en 4.69 %; después de ello el valor se mantiene constante.

4.2. Incidencia de la bolsa de polietileno fundido reciclado en la estabilización de las propiedades mecánicas de la subrasante

4.2.1. Compactación

Una de las principales propiedades analizada en la presente investigación fue la compactación del suelo. Esta pudo medirse en función a dos aspectos importantes: el contenido de humedad y la densidad seca del suelo.

Para poder determinar el comportamiento del suelo, inicialmente se ha evaluado las curvas contenido de humedad –

densidad seca de cada porcentaje y del suelo patrón, tal como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 14. Variación del contenido de humedad – densidad seca, respecto al incremento de BPF.

| Muestra patrón | | Muestra patrón + 4% BPF | | Muestra patrón + 8% BPF | |
|----------------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|
| Contenido de humedad | Densidad seca | Contenido de humedad | Densidad seca | Contenido de humedad | Densidad seca |
| 9.12 | 1.22 | 9.36 | 1.25 | 9.84 | 1.27 |
| 11.48 | 1.43 | 11.61 | 1.51 | 11.37 | 1.55 |
| 13.82 | 1.45 | 13.49 | 1.53 | 13.59 | 1.53 |
| 15.26 | 1.27 | 15.82 | 1.31 | 15.82 | 1.2 |

Continuación de la Tabla 14.

| Muestra patrón + 12% BPF | | Muestra patrón + 15% BPF | |
|--------------------------|---------------|--------------------------|---------------|
| Contenido de humedad | Densidad seca | Contenido de humedad | Densidad seca |
| 8.61 | 1.47 | 7.54 | 1.6 |
| 10.23 | 1.68 | 9.32 | 1.78 |
| 12.45 | 1.71 | 11.67 | 1.75 |
| 14.84 | 1.56 | 13 | 1.54 |

Como se observa en la Tabla 14, los valores de humedad para el suelo patrón oscilan entre 9.12 y 15.26 % y la densidad seca entre 1.22 y 1.27 g/cm³. A medida se incrementa el porcentaje de bolsas de polietileno fundido reciclado (BPF), el contenido de humedad se incrementa hasta que el porcentaje de BPF alcanza un valor de 8%, después de esta concentración, la humedad tiende a disminuir; sin embargo, la densidad seca del suelo tiene a aumentar a medida que se incrementa el porcentaje de BPF hasta un concentración del 15 %.

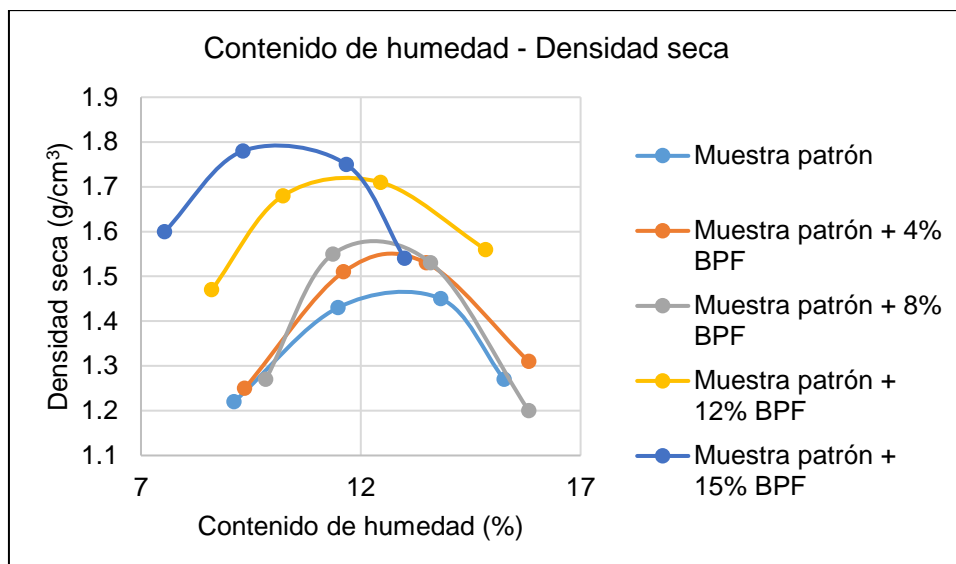


Figura 15. Variación del contenido de humedad – densidad seca, respecto al incremento de BPF.

En la Figura 15, se observa el comportamiento de las curvas contenido de humedad – densidad seca, cuando se le adiciona al suelo concentraciones de 4, 8, 12 y 15 % de bolsas de polietileno fundido reciclado (BPF); en esta se observa que a medida se incrementa el porcentaje de la adición, las curvas asciende con una tendencia a la izquierda, lo cual se puede incrementar que la máxima densidad seca incrementa, mientras que el óptimo contenido de humedad disminuirá, una vez alcance un valor máximo.

a) Óptimo contenido de humedad

Como se ha podido observar en la Figura 15, el contenido de humedad tiene una variación de tal forma que alcanza un valor máximo y después disminuye. Esto se puede notar en la siguiente tabla:

Tabla 15. Variación del óptimo contenido de humedad con adición de BPF.

| | Óptimo contenido de humedad (%) | Variación (%) |
|--------------|---------------------------------|---------------|
| MP | 12.70 | 0.00 |
| MP + 4% BPF | 12.80 | 0.79 |
| MP+ 8% BPF | 12.30 | -3.15 |
| MP + 12% BPF | 11.50 | -9.45 |
| MP + 15% BPF | 10.20 | -19.69 |

La Tabla 15, muestra que el contenido de humedad se incrementa ligeramente con una adición del 4% de BPF; después tiende a disminuir hasta alcanzar un valor de 10.20 %.

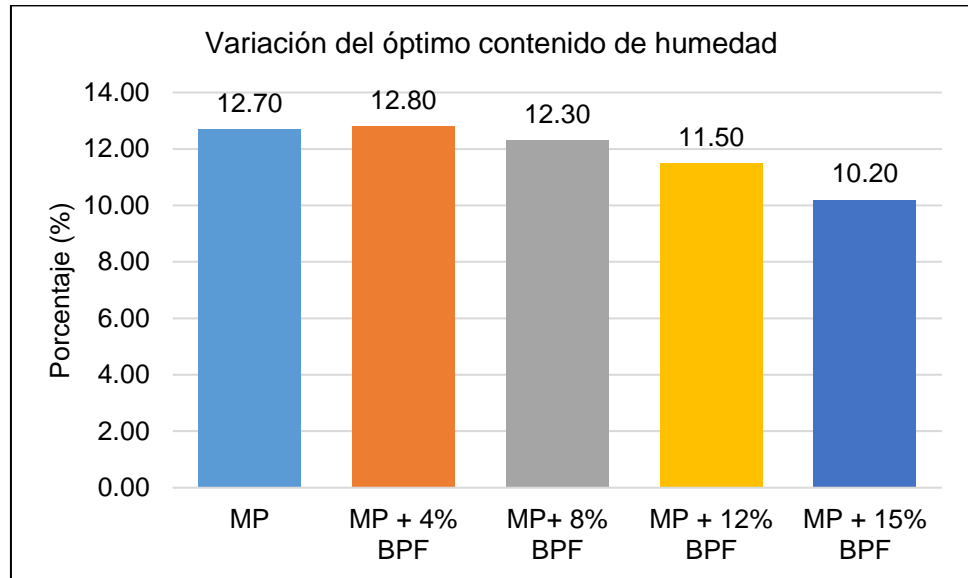


Figura 16. Variación del óptimo contenido de humedad, debido al incremento de BPF.

En la Figura 16, se muestra de manera esquemática la variación del óptimo contenido de humedad en el suelo, en la que se observa la tendencia a su reducción, cuando se incrementa el porcentaje de BPF.

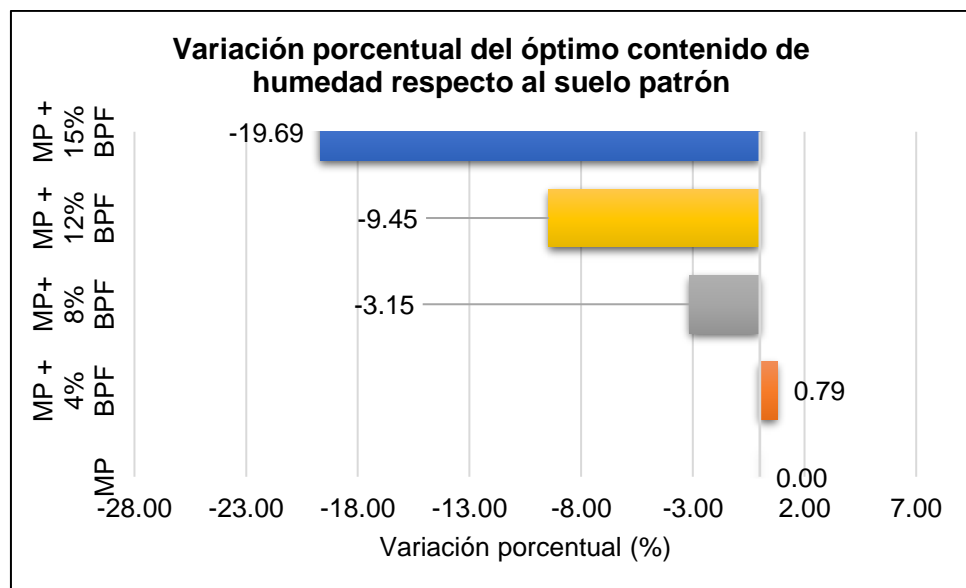


Figura 17. Variación porcentual del óptimo contenido de humedad, debido al incremento de BPF.

Finalmente, en la Figura 17, se muestra de manera gráfica las variaciones porcentuales del óptimo contenido de humedad del suelo estudiado; en esta se observa que después de incrementarse un 0.79 % con respecto al suelo patrón, esta propiedad disminuye de manera constante hasta reducirse en 16.69 %, cuando la concentración de BPF fue del 15 %.

b) Máxima densidad seca

Otro aspecto muy importante en la compactación del suelo, fue la máxima densidad seca. Los valores obtenidos en laboratorio, muestran los siguientes valores:

Tabla 16. Variación de la máxima densidad seca de BPF.

| | Máxima densidad seca (g/cm ³) | Variación (%) |
|--------------|---|---------------|
| MP | 1.48 | 0.00 |
| MP + 4% BPF | 1.55 | 4.73 |
| MP+ 8% BPF | 1.59 | 7.43 |
| MP + 12% BPF | 1.73 | 16.89 |
| MP + 15% BPF | 1.80 | 21.62 |

La Tabla 16 muestra el comportamiento de la máxima densidad seca a medida se incrementa la concentración de bolsas de polietileno fundido reciclado (BPF). En ella se nota claramente que el valor inicial de 1.48 g/cm³ incrementa a 1.80 g/cm³ cuando la concentración de BPF es de 15 %.

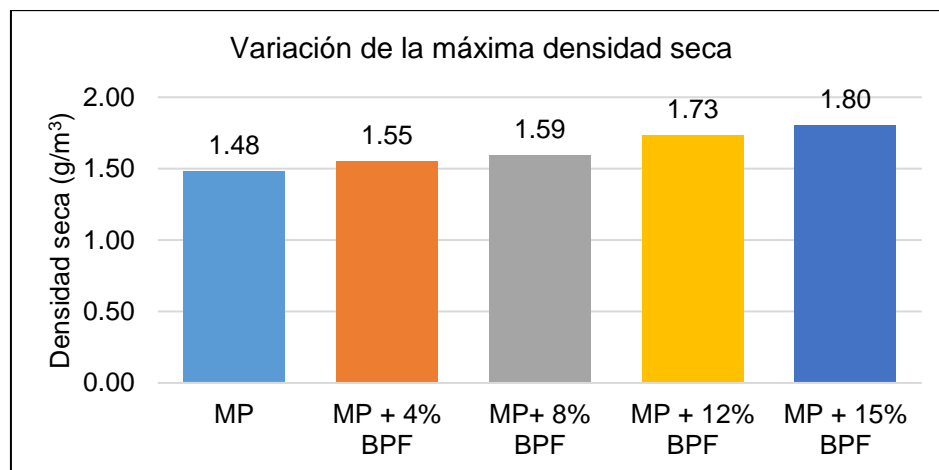


Figura 18. Variación de la máxima densidad seca, debido al incremento de BPF.

La tabla anterior se ha esquematizado en la Figura 18, en esta se puede observar que existe una relación directamente proporcional entre la máxima densidad seca del suelo y el porcentaje de adición de la bolsa de polietileno fundido; sin embargo, esta no puede ser concluyente a concentraciones mayores al 15 % de adición.

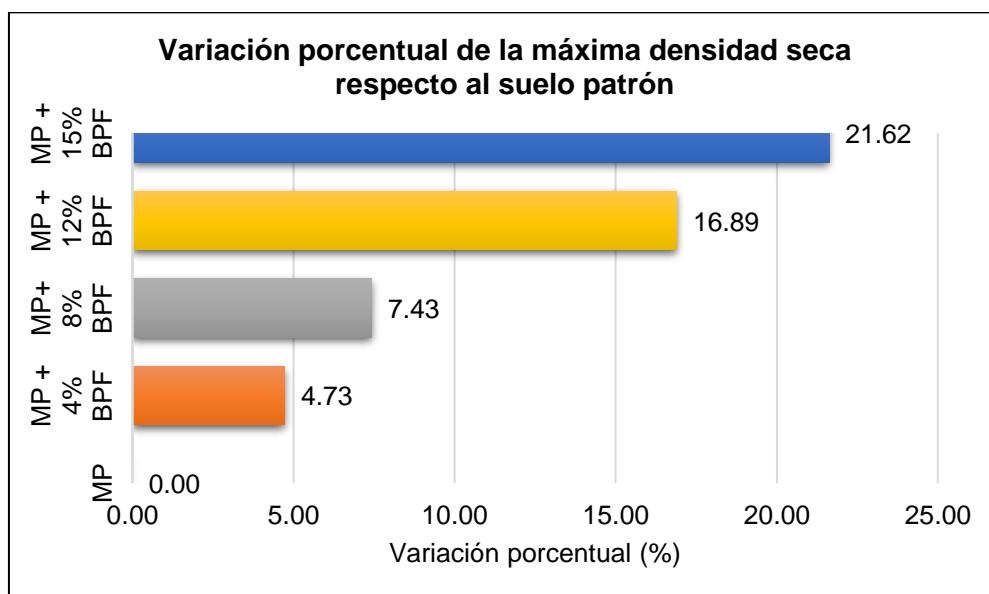


Figura 19. Variación porcentual de la máxima densidad seca, debido al incremento de BPF.

En la Figura 19, se muestra la variación porcentual de la máxima densidad seca del suelo con adiciones del 4, 8, 12 y 15 % de BPF; en ella se denota que el valor se incrementa con respecto

al suelo patrón en 4.73 %, 7.43 %, 16.89 % y 21.62 % respectivamente.

4.2.2. Expansión

La expansión del suelo es una propiedad importante, debido a que mediante ella se puede tener una idea del comportamiento del suelo al contacto con el agua o en condiciones saturadas. Los resultados obtenidos de esta propiedad se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 17. Expansión del suelo según la cantidad de bolsas de polietileno fundido reciclado.

| Tipo de suelo | Expansión (%) | | |
|---------------|---------------|------|------|
| | 56 | 25 | 10 |
| MP | 0.39 | 0.75 | 1.43 |
| MP + 4% BPF | 0.40 | 0.93 | 1.52 |
| MP+ 8% BPF | 0.35 | 0.79 | 1.36 |
| MP + 12% BPF | 0.32 | 0.87 | 1.35 |
| MP + 15% BPF | 0.37 | 0.84 | 1.47 |

En la tabla anterior se muestra como a medida que se incrementa el porcentaje de BPF, la expansión del suelo disminuye sin importar la energía de compactación utilizada. En este sentido se ha realizado la siguiente gráfica donde se muestra una mejor perspectiva del comportamiento del suelo.

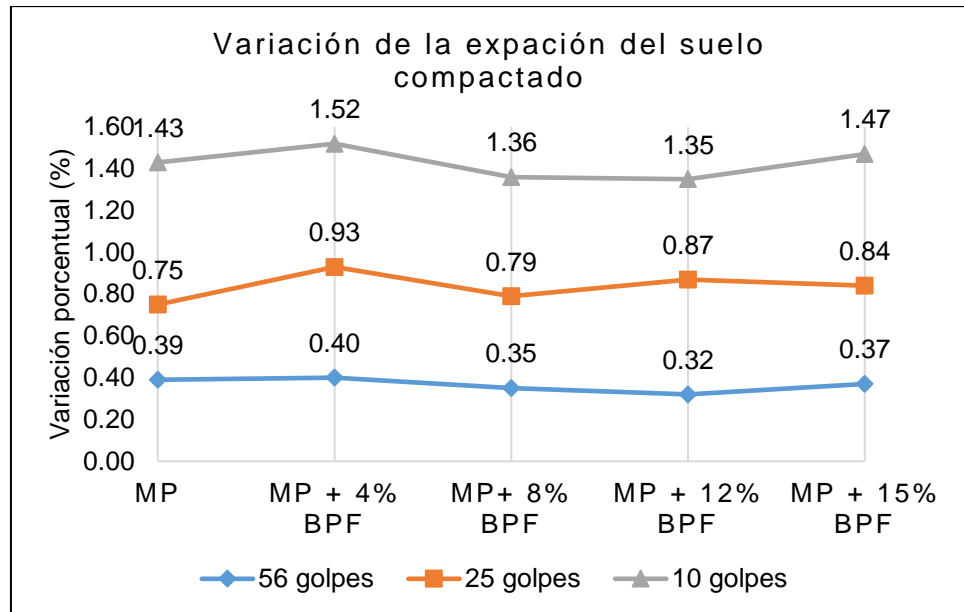


Figura 20. Variación de la expansión del suelo según la cantidad de BPF.

Como se muestra en la figura anterior, la tendencia general de la expansión del suelo es negativa, pues al utilizar una mínima energía de compactación el suelo, este valor disminuye de 1.43 % a 1.35%. Es dable resaltar también que mientras mayor sea la energía de compactación la expansión se reducirá de manera considerable.

4.2.3. Índice de soporte del suelo

El parámetro más importante en el estudio del suelo es el índice de soporte del suelo o índice CBR; pues indica su capacidad de resistencia ante cargas. En este sentido, se ha podido determinar su variación a medida se incrementa la adición de bolsas de polietileno fundido reciclado en el suelo, tal como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 18. Variación del índice de CBR debido al incremento de la cantidad de bolsas de polietileno fundido reciclado.

| Muestras | CBR | |
|----------|------------|-------------|
| | 0.1 95% | 0.1 100% |
| | | |

| | | |
|--------------------------|-------|-------|
| Muestra patrón | 5.49 | 9.51 |
| Muestra patrón + 4% BPF | 6.28 | 9.34 |
| Muestra patrón + 8% BPF | 9.01 | 12.8 |
| Muestra patrón + 12% BPF | 11.93 | 16.29 |
| Muestra patrón + 15% BPF | 10.81 | 15.37 |

La Tabla 18 muestra los valores del CBR con una penetración 0.1”, al 95 y 100 % de la máxima densidad seca; pudiéndose observar así que, el valor del CBR al 95 % se incrementa de 5.49 a 11.93 % cuando la adición de bolsas de polietileno fundido reciclado tiene una concentración del 12 %; después de ello, el valor del CBR disminuye a 10.81 %. Este mismo comportamiento se observa en el CBR al 100 % de la máxima densidad seca, siendo que el valor máximo fue de 16.29 %.

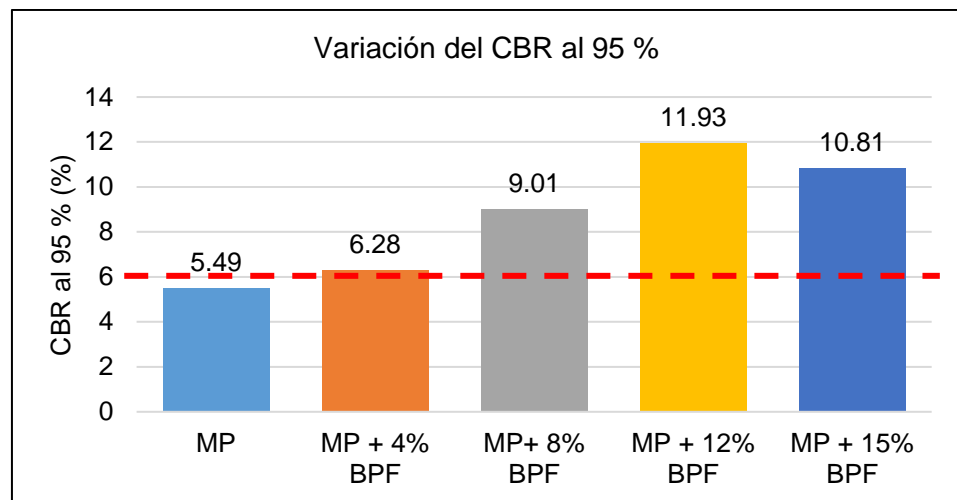


Figura 21. Variación del índice de CBR al 95 %, debido al incremento de bolsas de polietileno fundido reciclado.

La Figura 21 muestra el índice de CBR al 95 % del suelo estudiado y sus adiciones de 4, 8, 12 y 15 %; en esta se puede denotar que este valor logra sobrepasar el 6 % que la norma establece cuando se considera un porcentaje de adición de 4 %; sin embargo logra alcanzar su máximo valor (11.93 %) cuando la adición de BPF tiene una concentración de 12 %.

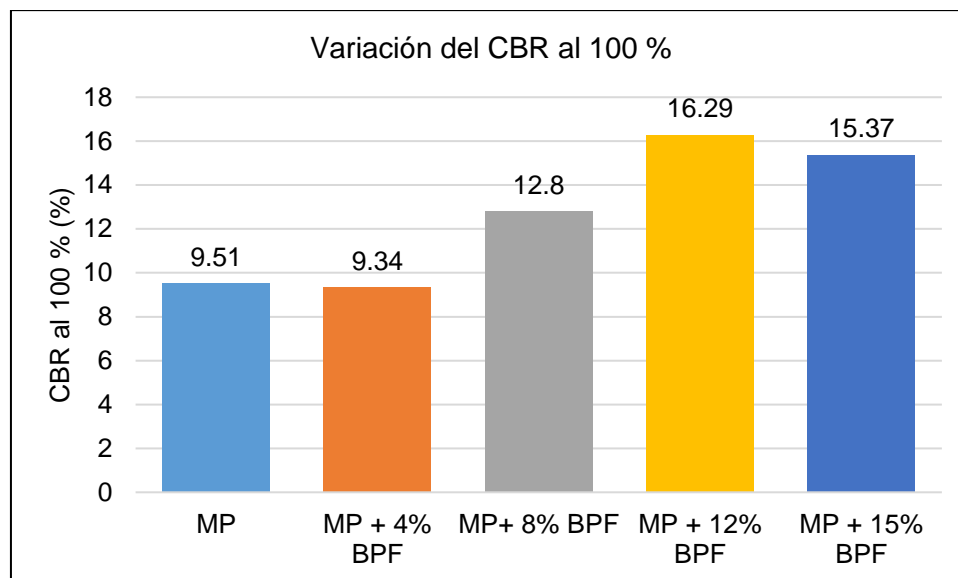


Figura 22. Variación del índice de CBR al 100 %, debido al incremento de bolsas de polietileno fundido reciclado.

También se evaluó el comportamiento del CBR al 100 % de la máxima densidad seca; en esta se puede notar un comportamiento similar al del CBR al 95 %, pues los valores tienden a incrementarse hasta que la adición de BPF tuvo un porcentaje de 12 %; después de ello, tiende a disminuir.

Tabla 19. Variación porcentual del índice de CBR debido al incremento de la cantidad de bolsas de polietileno fundido reciclado.

| Muestras | CBR (0.1" de penetración) 95% | Variación (%) |
|--------------|-------------------------------------|------------------|
| MP | 5.49 | 0.00 |
| MP + 4% BPF | 6.28 | 14.39 |
| MP+ 8% BPF | 9.01 | 64.12 |
| MP + 12% BPF | 11.93 | 117.30 |
| MP + 15% BPF | 10.81 | 96.90 |

En la Tabla 19 se muestran las variaciones porcentuales del CBR al 95 %, pues es un parámetro establecido por la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). También se puede notar la inclusión de BPF hasta en 12 incrementa el valor del CBR hasta en 53.98 %.

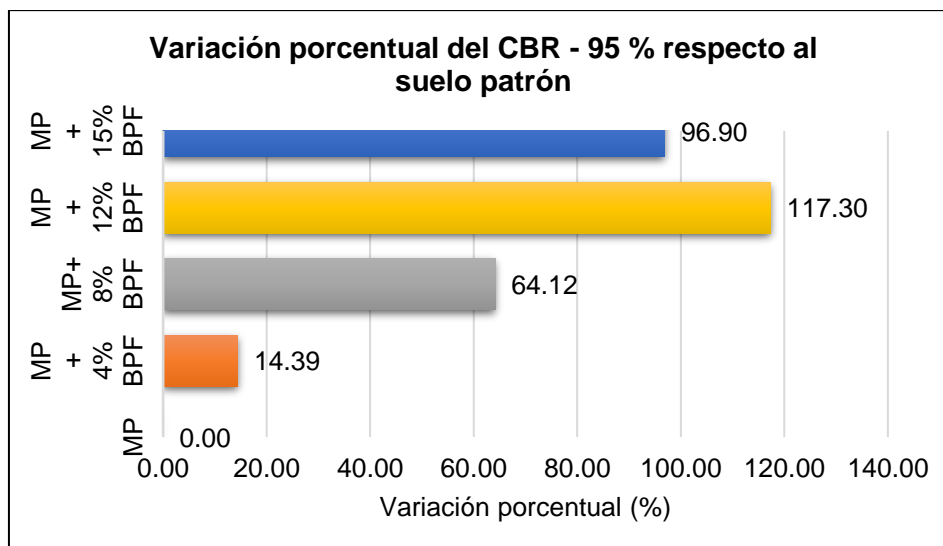


Figura 23. Variación porcentual del índice de CBR al 95 %, debido al incremento de bolsas de polietileno fundido reciclado.

Lo descrito anteriormente se ha esquematizado en la Figura 23, en la cual se puede observar claramente que con un 4 % de BPF el CBR del suelo incrementa en 14.39 %; esto es suficiente para sobrepasar el valor mínimo que la norma establece.

4.3. Costo de la aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado para la estabilización de la subrasante

Para la determinación del costo en el tratamiento del suelo con bolsas de polietileno fundido reciclado, primero se debe estimar el costo de producción del material, el cual se da en tres etapas, las cuales se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 20. Costo de la recolección y limpieza de bolsas de polietileno.

| Recursos | Unidad | Cantidad | Costo S/. | Parcial S/. |
|--------------------------------|--------|----------|-----------|-------------|
| Peón | hh | 0.016 | 11.58 | 0.19 |
| Bolsa de polietileno reciclado | kg | 1.01 | 0.80 | 0.81 |
| Herramientas manuales | %Mo | 3 | 0.19 | 0.01 |
| Costo total S/. | | | | 1.01 |

La Tabla 20 muestra el costo de la recolección y limpieza de las bolsas de polietileno, para lo cual fue necesario contar con un peón y herramientas manuales; además el costo de la bolsa de polietileno

reciclado es el obtenido de la planta recicladora ubicada en la provincia de Huancayo; la cual recolecta residuos reciclables de los distritos de Chupaca, Huancayo y Pilcomayo.

Tabla 21. Costo de la incineración de bolsas de polietileno reciclado.

| Recursos | Unidad | Cantidad | Costo S/. | Parcial S/. |
|------------------------|--------|----------|-----------|-------------|
| Peón | hh | 0.01 | 11.58 | 0.12 |
| Combustible | glb | 0.01 | 15 | 0.15 |
| Herramientas manuales | %Mo | 3 | 0.12 | 0.001 |
| Cámara de incineración | hm | 0.01 | 10 | 0.1 |
| Costo total S/. | | | | 0.37 |

El siguiente proceso consiste en la iniciación de manera controlada del material recolectado y limpio, el costo para ello es de S/ 0.37, el cual considera el uso de una cámara de incineración artesanal.

Tabla 22. Costo del procesamiento de bolsas de polietileno fundida reciclada.

| Recursos | Unidad | Cantidad | Costo S/. | Parcial S/. |
|---|--------|----------|-----------|-------------|
| Peón | hh | 0.02 | 11.58 | 0.23 |
| Herramientas manuales | %Mo | 3 | 0.23 | 0.01 |
| Recolección y limpieza de bolas de polietileno | kg | 1.05 | 1.01 | 1.06 |
| Incineración de bolsas de polietileno reciclado | kg | 1.05 | 0.37 | 0.39 |
| Costo total S/. | | | | 1.69 |

Finalmente, se procedió a secar a temperatura ambiente el material, para posteriormente por medios mecánicos, obtener BPF en forma granular, y cuyo costo de producción total fue de S/. 1.69 por kilogramo.

Tabla 23. Cantidad de BPF por tratamiento.

| Ítem | Unidad | 4% | 8% | 12% | 15% |
|-------------|-------------------|------|-------|--------|------|
| Volumen: | m ³ | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| Densidad: | kg/m ³ | 1550 | 1590 | 1730 | 1800 |
| Peso suelo: | kg | 930 | 954 | 1038 | 1080 |
| Peso BPF | kg | 37.2 | 76.32 | 124.56 | 162 |

Para estimar el costo de la estabilización de la subrasante utilizando las bolsas de polietileno fundido reciclado, se debe calcular la cantidad de este por cada porcentaje analizado; obteniéndose así los valores que se muestran en la Tabla 23; en la cual se puede notar que el peso del suelo seco está en función de su máxima densidad seca obtenida del ensayo Proctor.

Los valores obtenidos en la Tabla 23 fueron utilizados en el análisis de precios unitarios de las partidas que se muestran en la Tabla 24 (Ver anexo N°03); obteniéndose así los siguientes costos por metro cuadrado y considerando un espesor de 0.60 m.

Tabla 24. Costo de la estabilización de subrasante con BPF.

| Partida | Unidad | Metrado | Precio (S/) |
|--|----------------|---------|-------------|
| Mejoramiento de subrasante con 4% de BPF, e=0.60m | m ² | 1 | 57.70 |
| Mejoramiento de subrasante con 8% de BPF, e=0.60m | m ² | 1 | 131.42 |
| Mejoramiento de subrasante con 12% de BPF, e=0.60m | m ² | 1 | 212.95 |
| Mejoramiento de subrasante con 15% de BPF, e=0.60m | m ² | 1 | 276.22 |

La Tabla 24 muestra la variación del costo de la estabilización con diferentes porcentajes de BPF, destacándose que mientras mayor sea la concentración de este material mayor será el costo del tratamiento.

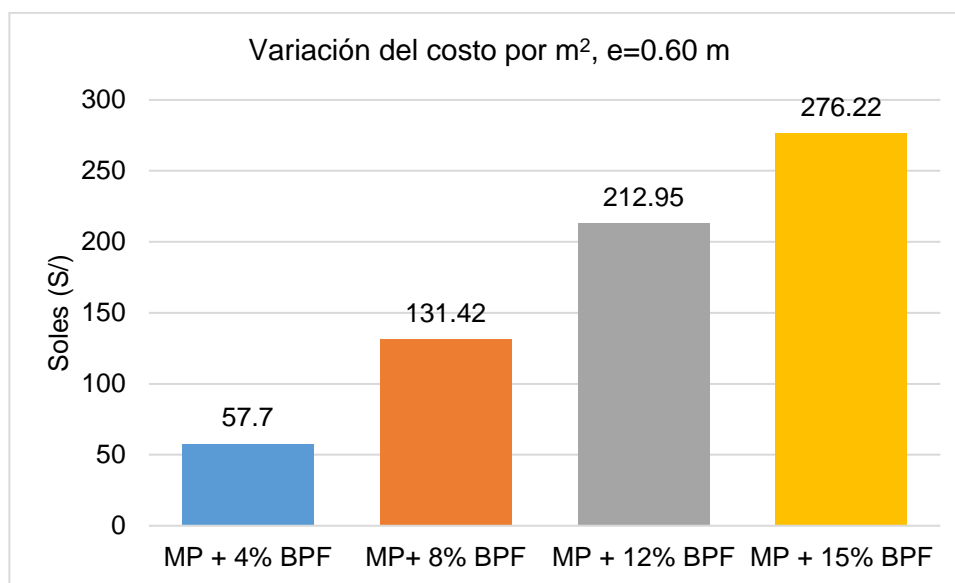


Figura 24. Variación del costo por tratamiento.

En la Figura 24 se observa de manera esquemática la variación del costo por el tratamiento de la subrasante con BPF, observándose una tendencia creciente a medida que se incrementa la cantidad de bolsas de polietileno fundido reciclado.

4.4. Prueba de hipótesis

4.4.1. Prueba de hipótesis específica A: La aplicación de las bolsas de polietileno fundido reciclado estabiliza de manera significativa las propiedades físicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre

Para la prueba de hipótesis específica A se ha planteado las siguientes proposiciones:

H₀₁: La aplicación de las bolsas de polietileno fundido reciclado no estabiliza de manera significativa las propiedades físicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre.

H₁₁: La aplicación de las bolsas de polietileno fundido reciclado estabiliza de manera significativa las propiedades físicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre.

Para probar esta hipótesis fue necesario aplicar el método estadístico R de Pearson con ayuda del software SPSS; cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 25. Correlación de Pearson para las propiedades físicas.

| Cantidad de BPF | Grava | Arena | Finos | Límite líquido | Límite plástico | IP |
|------------------------|-------|---------|----------|----------------|-----------------|--------|
| Correlación de Pearson | 0.847 | 0.997** | -0.992** | -0.931* | -0.872 | -0.598 |
| Sig. (bilateral) | 0.070 | 0.000 | 0.001 | 0.022 | 0.054 | 0.287 |
| N | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (2 colas).

* . La correlación es significativa en el nivel 0.05 (2 colas).

Tabla 26. Interpretación de valor R de Pearson.

| Valor de R | Interpretación |
|------------|-----------------------------------|
| -1.00 | Correlación negativa perfecta |
| -0.90 | Correlación negativa muy fuerte |
| -0.75 | Correlación negativa considerable |
| -0.50 | Correlación negativa media |
| -0.25 | Correlación negativa débil |
| -0.10 | Correlación negativa muy débil |

| | |
|------|-----------------------------------|
| 0.00 | No existe correlación |
| 0.10 | Correlación positiva muy débil |
| 0.25 | Correlación positiva muy débil |
| 0.50 | Correlación positiva media |
| 0.75 | Correlación positiva considerable |
| 0.90 | Correlación positiva muy fuerte |
| 1.00 | Correlación positiva perfecta |

Como se observa en la Tabla 25, si existe una relación entre la cantidad de bolsas de polietileno fundido reciclado (BPF) y la cantidad de grava, arena, finos, límite líquido y plástico, pues presentan valores absolutos de R superiores a 0.847, lo cual se puede clasificar como correlaciones muy fuertes; dejando solo al índice de plasticidad con un valor absoluto de 0.598, el cual se clasifica como una correlación media.

También es dable mencionar que, si influye de manera significativa la cantidad de bolsas de polietileno fundido reciclado (BPF) en las propiedades físicas del suelo para subrasante, especialmente en la cantidad de arenas, finos y el límite líquido, pues el valor de significancia obtenida fue menor a 0.05; por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna.

4.4.2. Prueba de hipótesis específica B: La aplicación de bolsas de polietileno fundido reciclado influye de manera positiva en las propiedades mecánicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre

Para el desarrollo de la prueba de hipótesis N° 02 se ha considerado las siguientes proposiciones:

H₀₂: La aplicación de bolsas de polietileno fundido reciclado no influye de manera positiva en las propiedades mecánicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre.

H₁₂: La aplicación de bolsas de polietileno fundido reciclado influye de manera positiva en las propiedades mecánicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre.

Para probar la hipótesis planteada se ha desarrollado el estadístico R de Pearson, cuyos valores se mencionan a continuación:

Tabla 27. Correlación de Pearson para las propiedades mecánicas.

| Cantidad de BPF | OCH | MDS | CBR al 95 % | CBR al 100 % |
|------------------------|---------|---------|-------------|--------------|
| Correlación de Pearson | -0.905* | 0.981** | 0.939* | 0.929* |
| Sig. (bilateral) | 0.035 | .003 | 0.018 | 0.023 |
| N | 5 | 5 | 5 | 5 |

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (2 colas).

* . La correlación es significativa en el nivel 0.05 (2 colas).

En la Tabla 27 se puede observar que existe correlación entre la cantidad de bolsas de polietileno fundido reciclado y las propiedades mecánicas de la subrasante, pues el valor absoluto de R superan la cantidad de 0.905, el cual según la Tabla 26 indica una correlación muy fuerte.

Es dable mencionar también que la significancia de todas las propiedades analizadas es menor a 0.05, por lo que se puede mencionar que la cantidad de BPF incide de manera significativa en las propiedades mecánicas del suelo; aceptando la hipótesis alterna.

4.4.3. Prueba de hipótesis específica C: La aplicación de las bolsas de polietileno fundido reciclado incrementa el costo de la estabilización de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre

La prueba de hipótesis N°03 consiste en dar solución a las siguientes proposiciones:

H₀₃: Las bolsas de polietileno fundido reciclado no incrementan el costo de la estabilización de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre.

H₁₃: Las bolsas de polietileno fundido reciclado incrementan el costo de la estabilización de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre.

Para probar la hipótesis planteada, se ha utilizado el estadístico R de Pearson, cuyos resultados se muestra a continuación:

Tabla 28. Correlación de Pearson para el costo.

| Cantidad de BPF | Costo |
|------------------------|---------|
| Correlación de Pearson | 0.998** |
| Sig. (bilateral) | 0.000 |
| N | 5 |

** . La correlación es significativa en el nivel 0.01 (2 colas).

Como se observa en la Tabla 28 existe una correlación fuerte entre la cantidad de BPF y costo del tratamiento, por lo que se puede mencionar que mientras más sea el contenido de BPF, mayor será el costo. También se demuestra que, si existe una variación significativa entre los costos de tratamiento, pues la significancia obtenida fue menor a 0.05; por lo que se acepta la hipótesis planteada.

4.4.4. Prueba de hipótesis general

De acuerdo a lo obtenido en los resultados se establece que la aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado estabiliza la subrasante, observándose una mejora significativa de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de la carretera Yanacancha a Laive Vista alegre; por lo que se acepta la hipótesis planteada en la investigación.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Efectos de la bolsa de polietileno fundido reciclado en la estabilización de las propiedades físicas de subrasantes

Como se ha mostrado en los resultados, las propiedades físicas analizadas en la presente investigación fueron la granulometría, el límite plástico, el límite líquido y el índice de plasticidad, esto en función a lo recomendado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Los procesos de inclusión de las bolsas de polietileno fueron mediante un proceso de incineración controlada, para después dejar endurecer a temperatura ambiente hasta obtener una masa compacta y finalmente triturlarla para su uso como estabilizante. Es con este último material (BPF) con los que se ha obtenido lo siguiente:

Con respecto a la granulometría los resultados (ver Tabla 8) indican que, cuando se adiciona diferentes porcentajes de bolsa de polietileno fundido (BPF), existe una tendencia negativa de la cantidad de finos presente en el suelo patrón, mientras que la cantidad de arena se incrementa de manera considerable. Esto hace que según la clasificación de suelos que se muestra en la Tabla 9, el suelo patrón pase a ser una

arcilla fina a una arcilla fina con arena. La razón de lo descrito es que la forma de incorporación de la BPF, fue de forma granular considerado una granulometría que correspondió del tamiz N°4 hasta el N°200, la cual sustituía en la misma proporción al suelo patrón. Desde el punto de vista de la clasificación de suelos SUCS, el tipo de suelo no sufre ninguna variación, lo cual coincide con Ramírez y Olano (2018), pues obtiene que la granulometría no se ve afectada al incorporar PET en concentraciones de 20 %, 30 % y 40 %; sin embargo al considerar la clasificación AASHTO, se observa una variación del índice de grupo, esto según Ramírez y Olano (2018) se debe a que también se modifica la consistencia del suelo a medida que se incrementa la concentración de BPF.

Otro aspecto importante en las propiedades del suelo es la consistencia. Con respecto a ello, en la presente tesis se ha considerado la evaluación del límite líquido, plástico y su índice de plasticidad y cuyos resultados finales al adicionar proporciones variadas de BPF se muestran en la Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12. El comportamiento del límite líquido tiene una forma descendente a medida que se incrementa la cantidad de BPF, esto implica que la cantidad de agua que separa el estado plástico del líquido es menor; lo cual se debe principalmente a que la adición de BPF disminuye la plasticidad del suelo. Con respecto al límite plástico se puede observar el mismo comportamiento que el límite líquido, pues tiende a disminuir a medida que se incrementa la cantidad de BPF, sin embargo esta disminución es mucho mayor porcentualmente (ver Figura 10 y Figura 12), es decir que la distancia entre el límite líquido y plástico (denominado también índice de plasticidad) cada vez se va disminuyendo, tal como se puede observar en la Figura 13; también es dable mencionar que a pesar que existe una disminución considerable, este sigue perteneciendo a la clasificación de plasticidad media según el MTC (2014). Este comportamiento también fue determinado por Linares (2019), aunque los valores no coinciden de manera exacta debido a que el tipo de suelo según la clasificación AASHTO son diferentes.

Para una correcta inferencia de los resultados, se ha estimado un análisis estadístico que se muestra en la Tabla 25, en ella se puede denotar que la adición de BPF si tiene una incidencia en las propiedades físicas del suelo para subrasante de la zona de estudio; especialmente en la granulometría (cantidad de arena y finos) y en el límite líquido; pues además de poseer correlaciones fuertes poseen una significancia menor a 0.05. Otro aspecto importante que se puede notar en la mencionada tabla es que el índice de plasticidad es el que menor correlación posee, esto se debe a que su valor solo disminuye hasta una concentración de BPF de 12 %, después de ello tiende a aumentar. Sin embargo, no es posible establecer una inferencia fehaciente con respecto a este parámetro pues en el estudio solo se ha considerado concentraciones de hasta 15 %, dejando así el estudio a futuras investigaciones porcentajes mayores para un análisis estadístico completo.

5.2. Incidencia de la bolsa de polietileno fundido reciclado en la estabilización de las propiedades mecánicas de la subrasante

Para la evaluación de la incidencia de las bolsas de polietileno fundido reciclado en las propiedades mecánicas, se ha considerado como estas a: la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad; determinados mediante el ensayo de Proctor, el índice de CBR y la expansión.

El ensayo Proctor se puede considerar como un indicador de la compactación del suelo, pues relaciona la cantidad de humedad de un suelo, su densidad y la energía necesaria para compactarla. Esto se puede observar en la Tabla 14, en la que fue necesario realizar varios ensayos con el fin de elaborar curvas de densidad – humedad y así determinar su valor óptimo y su máxima densidad de cada concentración (ver Figura 15).

Con respecto al óptimo contenido de humedad de cada proporción estudiada, se puede mencionar que existe una relación negativa entre las variables estudiadas, pues a mayor concentración de BPF, el OCH

disminuye; esto puede explicarse a que según Braja (2014) quien menciona que un suelo arcilloso tiene una propiedad de atraer al agua debido a las cargas que poseen sus partículas, sin embargo al sustituir las por BPF, cierta parte del suelo pierde dicha propiedad. Lo descrito concuerda con Linares (2019), pues en su estudio determinó que el OCH, también tiende a disminuir a medida que se incrementa la concentración de BPF.

Por otro lado, los resultados de la máxima densidad seca del suelo es un parámetro muy importante que va, muy relacionado con su capacidad de soporte. En este sentido, los resultados que se muestran en la Figura 18, indican un incremento de hasta 21.62 % con respecto al suelo patrón, lo cual se verá reflejado en el CBR. Este comportamiento coincide con lo determinado por Linares (2019), quien demuestra una relación directa entre la cantidad de BPF y la MDS. La explicación a estos resultados se da en base a que el suelo pierde la capacidad de absorber agua en proporción similar a la cantidad de BPF que se adiciona, dejando espacio para una mejor compactación del suelo.

A estos resultados se debe de considerar un parámetro que indica el comportamiento del suelo compactado al estar en condiciones saturada, se refiere, a la expansión del suelo. Según los resultados (ver Tabla 17) se puede observar que a medida que se incrementa la cantidad de bolsas de polietileno fundido reciclado en el suelo, su expansión disminuye, incrementándose esta expansión mientras mayor sea la energía de compactación. Demostrando así que el uso de BPF mejora esta propiedad del suelo.

El último parámetro analizado fue el índice de soporte del suelo o conocido también como índice de CBR, su importancia para determinar la factibilidad para que un suelo sea utilizado como subrasante, radican en la categorización del suelo mediante lo especificado en el manual de suelos geología, geotecnia y pavimentos, establecido por el MTC (2014). En este sentido, los resultados obtenidos al incorporar BPF al suelo

patrón se muestran en la Tabla 18 y Figura 21, destacándose que, a medida que se incrementa el porcentaje de BPF, el CBR de suelo también se incrementa, pero solo hasta alcanzar un valor de 12 %, después de ello, el CBR tiende a disminuir. El resultado de este valor se puede explicar en base a que las propiedades como la máxima densidad y el índice de plasticidad varían de manera favorable; es decir, se incrementa y disminuye respectivamente, pues según Braja (2014) estos valores están muy relacionados entre sí. Esto también coincide con lo determinado por Linares (2019) quien estableció que al incrementar una concentración BPF en 12 % se incrementa el valor del CBR. Finalmente, estos resultados se corroboraron mediante el análisis estadístico que se muestra en la Tabla 27, en la que se observa que además de obtener una correlación fuerte entre las variables estudiadas, la significancia de todas las propiedades es menor a 0.05.

5.3. Costo de la aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado para la estabilización de la subrasante

Otro aspecto importante del estudio fue la estimación del costo para el tratamiento de la subrasante utilizando BPF. El procedimiento para la estimación del costo fue realizado en tres fases, las cuales se describen la Tabla 20, Tabla 21 y Tabla 22, destacándose que el procesamiento de las bolsas de polietileno fundido reciclado es de S/ 1.69 por kilogramo (Ver anexo N° 03). Estas fases consisten en: la recolección y limpieza, incineración y finalmente el procesamiento mecánico de las bolsas de polietileno fundido reciclado.

Con el precio estimado por kilogramo de material, se procedió a obtener el costo por cada porcentaje considerado en la investigación (4, 8, 12 y 15 %), cuyos valores se muestran en la Tabla 24; en ella se puede apreciar que a medida que se incrementa la concentración de BPF, el costo del tratamiento también se incrementará, esto debido a que la cantidad de material necesario para el tratamiento se incrementa en función a la máxima densidad que se quiera obtener; sin embargo esto difiere con lo

obtenido por Linares (2019), pues la cantidad óptima para el tipo de suelo que estudió fue de 12 % respecto del volumen del material.

CONCLUSIONES

1. Las bolsas de polietileno fundido reciclado estabilizan la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista alegre, pues mejoran las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Siendo la dosificación óptima el 4% de BPF; pues con ella se logra una disminución del índice de plasticidad en 8.26 % y un incremento del CBR en 14.39 %, pero a un mayor costo por metro cuadrado (S/. 57.70) que los tratamientos convencionales.
2. Las bolsas de polietileno fundido reciclado sí mejoran sustancialmente la estabilización de las propiedades físicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre, específicamente en la granulometría, pues se incrementa la cantidad de arena y disminuye la cantidad de finos del suelo. Además, el límite líquido y el índice de plasticidad se reducen a medida que se incrementa la concentración de BPF, siendo su valor más bajo cuando la concentración es del 12 %. También se analizó el potencial de hidrógeno, el cual solo se modificó con la adición del 4 % de BPF, después de ello su valor se mantuvo constante.
3. Los resultados muestran que las bolsas de polietileno fundido reciclado incrementan la estabilización de las propiedades mecánicas de la subrasante de la vía Yanacancha a Vista Alegre; pues se ha observado un incremento de 4.73 %, 7.43 %, 16.89 % y 21.62 % de la máxima densidad seca cuando se incrementa BPF en 4 %, 8 %, 12 % y 15 % respectivamente; similarmente se denota que el CBR al 95 % se incrementa de 5.49 % (suelo patrón) hasta 11.93 % (cuando la concentración de BPF es de 12 %). Sin embargo, para satisfacer lo establecido por las normativas vigentes sólo es necesario una adición del 4 % de BPF.
4. De acuerdo a los resultados se demuestra que la cantidad de bolsas de polietileno fundido reciclado incide de manera significativa en el costo de la estabilización de la subrasante, pues al considerar concentraciones de BPF de 4 %, 8 %, 12 % y 15 % se obtuvo costos de tratamiento por metro cuadrado de S/ 57.7, S/ 131.42, S/ 212.95 y S/ 276.22 respectivamente, los cuales son más caros que los tratamientos convencionales.

RECOMENDACIONES

1. Según los resultados, se recomienda el uso de las bolsas de polietileno fundido reciclado (BPF) en concentraciones mayores al 4 % para suelos del tipo CL; pues estos cumplen los requerimientos para subrasantes establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones; sin embargo, debe tenerse en cuenta que son más costosos que un tratamiento convencional.
2. Es recomendable el uso del BPF en suelos con altos valores del índice de plasticidad, pues una adición del 12 %, logra reducir considerablemente este parámetro.
3. Según los resultados, la adición de BPF en el suelo mejora significativamente sus propiedades; siendo recomendable su uso del 15 % de BPF en subrasantes deficientes, pues el CBR del suelo puede incrementarse hasta en 21.62 %.
4. El costo de la aplicación del BPF es más caro que el uso de otros materiales; es por ello que se recomienda su uso particular en suelos con subrasantes muy bajos y que el uso de otros aditivos no sea suficiente para mejorarlos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Braja, M. D. (2014). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (Cuarta edi). México.
2. Calderón, J., & Velosa, C. (2017). *Análisis de resistencia a la compresión inconfiada y durabilidad de un suelo arcilloso estabilizado con cal adicionando fibras de material no biodegradable , polietileno de alta densidad (polisombra) reciclada*. Universidad de la Salle, Bogotá. Recuperado de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1135&context=ingen_civil
3. Capia, C. (2020). *Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de subrasante de la carretera Juliaca - Caminaca, 2019*. Universidad Peruana Unión, Juliaca. Recuperado de https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/3156/Cliver_Tesis_Licenciatura_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y
4. Gil, E., & Nuñez, I. (2018). *Influencia de la adición de fibras de pet reciclado sobre la resistencia, cohesión y ángulos e fricción interna de suelos arcillosos aplicado a la estabilidad de taludes*. Universidad Nacional de Trujillo.
5. Hernán, M. (2010). *Conveniencia de las bolsas de polietileno entre sus alternativas*. Instituto Tecnológico de Buenos Aires. Recuperado de https://ri.itba.edu.ar/bitstream/handle/123456789/1126/Bolsas_de_polietileno.pdf?sequence=1&isAllowed=y
6. Leiva, R. (2016). *Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en el Jr. Arequipa, progresiva KM 0+000 - KM 0+100, distrito de Orcotuna, Concepción*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
7. Linares, R. (2019). *Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido, Chachapoyas, 2018*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

8. López, J. (2013). *Suelos arcillosos reforzados con materiales de plástico reciclado (PET)*. Escuela de Ingeniería de Antioquía, Antioquía. Recuperado de https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/265/7/LopezJose_2013_SuelosArcillososReforzados.pdf
9. Massenlli, G., & De Paiva, C. (2019). Influencia de la deflexión superficial en pavimentos flexibles con subrasante de baja resistencia. *Revista chilena de ingeniería*, 27, 613–624.
10. Mitma, D. (2019). Perú Huancayo: 5 mil bolsas de tela para contrarrestar uso de 500 mil bolsas de plástico. *Diario el correo*, 11–13.
11. MTC. (2014). Manual de carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (Sección suelos y pavimentos). Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
12. MTC. (2016). Manual de seguridad vial. Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
13. Ponce, D. (2018). *Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha-Puyhuan Grande-Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica. Recuperado de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1414>
14. Ramírez, V., & Olano, J. (2018). *Evaluación de la resistencia de la sub-base granular mezclada con tereftalato de polietileno PET*. Universidad Libre Seccional Pereira.
15. Ramos, J. (2018). *Dosificación del concreto reciclado para el uso en unidades de pavimentos de bajo tránsito, distrito de Lince, Lima 2018*. Universidad César Vallejo.
16. Ramos, M. (2019). *Mejoramiento de la capacidad de soporte del suelo a nivel de subrasante a través de la utilización del sistema Rocamix entre la prolongación de la avenida San Antonio de Padua y de la calle 04 de la asociación de vivienda 2 de octubre del centro poblado S*. Universidad José Carlos Mariátegui.
17. Rivera, A., & Bedoya, J. (2019). *Inclusiones de Tereftalato de Polietileno*

como refuerzo en estructuras de suelo. Universidad de Ibagué.

18. Urazán, C., Escobar, D., & Moncada, C. (2017). Relación entre la red nacional de carreteras y el desarrollo económico nacional . Caso América Latina y el Caribe. *Revista Espacios*, 38(1993), 13. Recuperado de <http://es.revistaespacios.com/a17v38n61/a17v38n61p09.pdf>

ANEXOS

Anexo N° 01: Matriz de consistencia

Matriz de consistencia

Investigación: Aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado en la estabilización de la subrasante de la provincia de Chupaca - Junín.

| Problema | Objetivos | Hipótesis | Variables | Dimensiones | Indicadores | Metodología |
|---|--|--|--|--|--|--|
| <p>Problema general: ¿Qué resultado se obtiene de la aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado para la estabilización de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre en la provincia de Chupaca – Junín?</p> <p>Problemas específicos: a) ¿En qué medida la aplicación de las bolsas de polietileno fundido reciclado estabiliza las propiedades físicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre? b) ¿De qué manera la aplicación de las bolsas de polietileno fundido reciclado influye en las propiedades mecánicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre? c) ¿Cuál es el costo de aplicar las bolsas de polietileno fundido reciclado para la estabilización de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre?</p> | <p>Objetivo general: Evaluar el resultado de la aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado para estabilizar la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre en la provincia de Chupaca – Junín.</p> <p>Objetivos específicos: a) Determinar en qué medida la aplicación de las bolsas de polietileno fundido reciclado estabiliza las propiedades físicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre. b) Establecer la influencia de la aplicación de las bolsas de polietileno fundido reciclado en las propiedades mecánicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre. c) Determinar el costo de aplicar las bolsas de polietileno fundido reciclado para la estabilización de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre.</p> | <p>Hipótesis general: La aplicación de la bolsa de polietileno fundido reciclado tiene como resultado mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre en la provincia de Chupaca – Junín.</p> <p>Hipótesis específicas: a) La aplicación de las bolsas de polietileno fundido reciclado estabiliza de manera significativa las propiedades físicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre. b) La aplicación de bolsas de polietileno fundido reciclado influye de manera positiva en las propiedades mecánicas de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre. c) La aplicación de las bolsas de polietileno fundido reciclado incrementa el costo de la estabilización de la subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre.</p> | <p>Variable independiente (X): Bolsas de polietileno fundido</p> <p>Variable dependiente (Y): Subrasante</p> | <p>- Bolsas de polietileno fundido reciclado</p> <p>-Propiedades físicas</p> <p>-Propiedades mecánicas</p> <p>-Costo</p> | <p>- Cantidad en porcentaje</p> <p>-Granulometría - Límite líquido. -Límite plástico. -Índice de plasticidad</p> <p>-Proctor -CBR -Expansión</p> <p>-Mano de obra - Materiales -Insumos.</p> | <p>Método: científico. Tipo: aplicada. Nivel: Descriptivo - explicativo. Diseño: Experimental. Población: correspondió al suelo de subrasante de la carretera Yanacancha a Laive Vista Alegre, en el distrito de Yanacancha, provincia de Chupaca del departamento de Junín, y consiste en un total de 25 especímenes. Muestra: no se consideró un tipo de muestreo debido a que se aplicó el censo.</p> |

Anexo N° 02: Ensayos de laboratorio

EXPEDIENTE N° : 144-2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH.ING.CIVIL RUIZ MARTINEZ DAMY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN"
 UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

| |
|-----|
| MSL |
| 800 |

| | |
|----------|---------------------------|
| CALCATA | 0% DE BOLSA DE PLOETILENO |
| MUESTRA | M-1 |
| PROF.(m) | 1.50 |

| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (GR) | % PARCIAL RETENIDO (GR) | % ACUMULADO | |
|------------|---------------|--------------------|-------------------------|-------------|----------|
| | | | | RETENIDO | QUE PASA |
| 3" | 75.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1" | 25.400 | 0.000 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1/2" | 12.700 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1/4" | 6.350 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| N°4 | 4.760 | 8.67 | 1.08 | 1.1 | 98.92 |
| N°10 | 2.000 | 12.78 | 1.60 | 2.7 | 97.32 |
| N°20 | 0.840 | 6.93 | 0.87 | 3.5 | 96.45 |
| N°30 | 0.590 | 7.13 | 0.89 | 4.4 | 95.56 |
| N°40 | 0.425 | 6.02 | 1.00 | 5.4 | 94.56 |
| N°60 | 0.260 | 12.27 | 1.53 | 7.0 | 93.03 |
| N°100 | 0.149 | 9.64 | 1.21 | 8.2 | 91.82 |
| N°200 | 0.075 | 8.56 | 1.07 | 9.3 | 90.75 |
| FONDO | | 726.00 | 90.75 | 100.0 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 800.00 | 100.0 | | |

| | |
|------------------------------------|-------|
| LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 | |
| % LIMITE LIQUIDO | 35-29 |
| % LIMITE PLASTICO | 17-38 |
| INDICE PLASTICO | 17-91 |

| | |
|-------------|---------|
| PORCENTAJES | |
| % GRAVA | 1.08% |
| % ARENA | 8.17% |
| % FINO | 90.75% |
| | 100.00% |

| | |
|-------------------------|--------------|
| CLASIFICACIÓN DEL SUELO | |
| SUCS ASTM D-2487 | CL |
| AASHTO ASTM D-3282 | A-6(16) |
| NOMBRE DE CRUPO | ARCILLA FINA |

| | |
|---------------------------------|--------|
| % DE CONTENIDO DE HUMEDAD | |
| TARA No | C-8 |
| PESO DE TARA + SUELO HUMEDO gr. | 215.23 |
| PESO DE TARA + SUELO SECO gr. | 211.62 |
| PESO AGUA gr. | 3.61 |
| PESO DE LA TARA gr. | 162.00 |
| PESO SUELO SECO gr. | 49.62 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD, % | 7.28% |

YIMMY TAPIA GOMEZ
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Duval
 INGENIERO TECNICO EN MECANICA DE SUELOS
 ESPECIALIDAD EN MECANICA DE SUELOS
 ESPECIALIDAD EN GEOTECNIA Y GEOLÓGIA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP: GP-004: 1993)

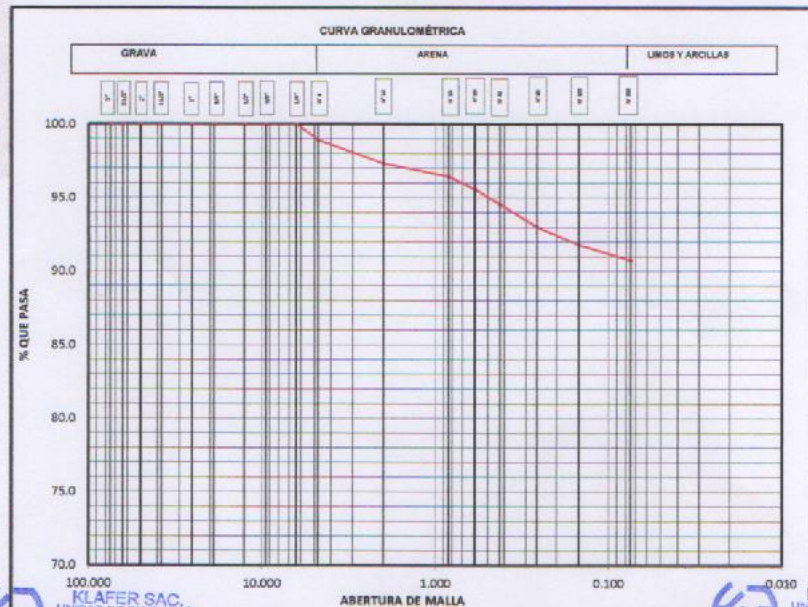
EXPEDIENTE N° : 124-2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA POLIETILENO FUNDIDO RECIKLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN"
 UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN

FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DEL 2020

FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

| | |
|----------|----------------------------|
| CALICATA | 0% DE BOLSA DE POLIETILENO |
| MUESTRA | M-1 |
| PROP.(m) | 1.50 |



KLAFER SAC
UNIDAD DE INGENIERÍA
EN MECÁNICA DE SUELOS
YIMAY TACUÑA GÓMEZ
TECNIC/A

KLAFER SAC
UNIDAD DE INGENIERÍA
EN MECÁNICA DE SUELOS
Ing. Civil Marco Peña Díaz
ABIGESTIONADO DE SUELOS, PISO CONSULTOR C
SPECIALIZADO EN MECÁNICA DE SUELOS
CORPORATIVO GESTIÓN Y GEOLOGÍA

| | | | | | |
|---------|-------|----------|-------|----------|--------|
| I GRAVA | 1.08% | II ARENA | 8.17% | III FINO | 90.75% |
|---------|-------|----------|-------|----------|--------|

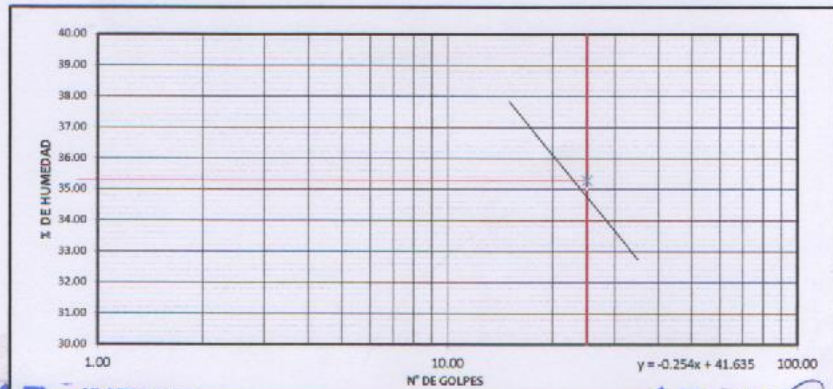
OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.
 EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP/ GP-004/ 1993)

EXPEDIENTE N° 144-2020
 ESTUDIO JULIO
 ATENCIÓN BACH. ING. CIVIL RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN"
 UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D423-66

| | |
|----------|---------------------------|
| CALICATA | 0% DE BOLSA DE PLOETILENO |
| MUESTRA | M-1 |
| PROF.(m) | 1.50 |

| ENSAYO N° | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | |
|-------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Recipiente + Suelo Hum. | 28.92 | 26.37 | 27.65 | 14.09 | 14.36 |
| Recipiente + Suelo Seco | 24.09 | 21.67 | 23.61 | 12.99 | 13.25 |
| Peso de agua | 4.83 | 3.71 | 4.04 | 1.10 | 1.11 |
| Peso del Recipiente | 11.37 | 12.09 | 11.31 | 6.49 | 7.03 |
| Peso de Suelo Seco | 12.72 | 10.58 | 11.29 | 6.50 | 6.12 |
| % de Humedad | 32.95 | 35.04 | 32.87 | 16.93 | 17.84 |
| N° de Golpes | 15.00 | 25.00 | 35.00 | | |



KLAFFER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
 YIMMY JACUNA GOMEZ
 INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS

| | |
|-------------------|-------|
| % LIMITE LIQUIDO | 35.39 |
| % LIMITE PLASTICO | 17.38 |
| INDICE PLASTICO | 17.91 |

KLAFFER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
 Ing. Civil Marco Peña Dueñas
 ASesor TÉCNICO DR. ING. PED. CONSULTOR C.A.S.
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP/ GP-004: 1993)

EXPEDIENTE N° 144-2020
ESTUDIO JULIO
ATENCIÓN BACH.ING.CIVIL RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
PROYECTO "APLICACIÓN DE BOLSA POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUD RAZANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA- ILMIN
UBICACIÓN PROVINCIA DE CHUPACA
FECHA DE RECEPCIÓN 13 DE JULIO 2020
FECHA DE EMISIÓN 20 DE JULIO 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

| | |
|-------------|-------|
| MSSL | |
| 800 | |
| POLIETILENO | 32 gr |

| | |
|----------|-----------------------------|
| CALICATA | 4 % DE BOLSA DE POLIETILENO |
| MUESTRA | M-1 |
| PROF.(m) | 1.50 |

| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (grs) | % PARCIAL RETENIDO (CAS) | % ACUMULADO | |
|------------|---------------|---------------------|--------------------------|-------------|----------|
| | | | | RETENIDO | QUE PASA |
| 3" | 75.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1" | 25.400 | 0.000 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1/2" | 12.700 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1/4" | 6.350 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| N°4 | 4.750 | 10.23 | 1.20 | 1.3 | 98.72 |
| N°10 | 2.000 | 8.42 | 1.05 | 2.3 | 97.67 |
| N°20 | 0.840 | 16.67 | 2.06 | 4.4 | 95.59 |
| N°30 | 0.590 | 14.45 | 1.81 | 6.2 | 93.78 |
| N°40 | 0.425 | 18.72 | 2.34 | 8.6 | 91.44 |
| N°60 | 0.260 | 14.32 | 1.79 | 10.4 | 89.65 |
| N°100 | 0.149 | 13.78 | 1.72 | 12.1 | 87.93 |
| N°200 | 0.075 | 9.43 | 1.10 | 13.3 | 86.75 |
| FORDO | | 694.00 | 86.75 | 100.0 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 800.00 | 100.0 | | |

| | |
|------------------------------------|-------|
| LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4518 | |
| % LIMITE LIQUIDO | 32.83 |
| % LIMITE PLASTICO | 16.40 |
| INDICE PLASTICO | 16.43 |

| | |
|-------------|---------|
| PORCENTAJES | |
| % GRAVA | 1.35% |
| % ARENA | 11.97% |
| % FINO | 86.75% |
| | 100.00% |

| | |
|-------------------------|--------------|
| CLASIFICACIÓN DEL SUELO | |
| SUCS ASTM D-2487 | CL |
| AASHTO ASTM D-3281 | A-6(13) |
| NOMBRE DE GRUPO | ARCILLA FINA |

CLAFER S.A.C.
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIO DE SUELOS
Ing. Civil Marino Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

CLAFER S.A.C.
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIO DE SUELOS
YIMMY FACUNA GOMEZ
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

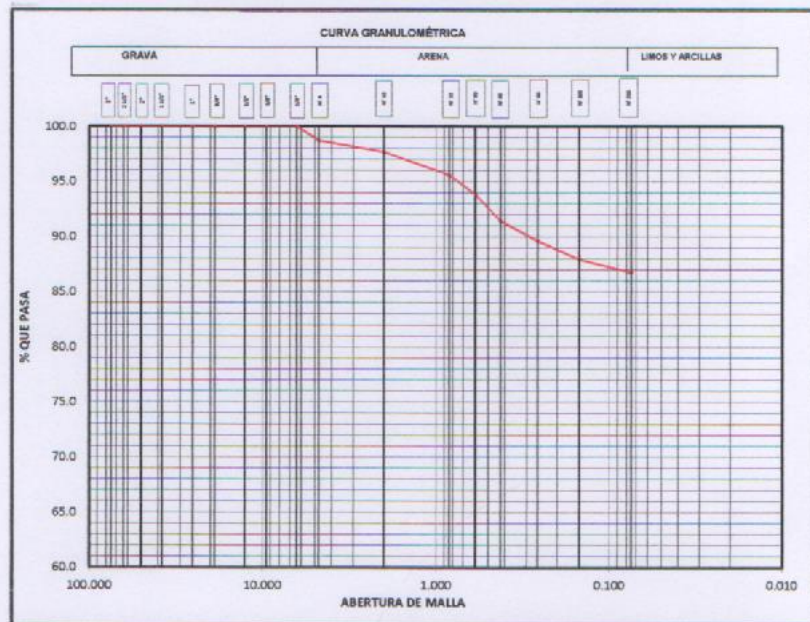
EXPEDIENTE N° 144-2020
ESTUDIO JULIO
ATENCIÓN BACH.ING. CIVIL RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
PROYECTO "APLICACIÓN DE LA BOLSA POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUD RAZANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA JUNIN"
UBICACIÓN PROVINCIA DE CHUPACA- JUNIN

FECHA DE RECEPCIÓN 13 DE JULIO DEL 2020

FECHA DE EMISIÓN 20 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

| | |
|----------|----------------------------|
| CALICATA | 4% DE BOLSA DE POLIETILENO |
| MUESTRA | M-1 |
| PROP.(m) | 1.50 |



OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

KLAFER SAC.
UNIDAD DE REG. EN MECÁNICA DE SUELOS
YIMMY GARCÍA GÓMEZ
TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

KLAFER SAC.
UNIDAD DE REG. EN MECÁNICA DE SUELOS
Ing. Civil Marcelo Per...
ASESOR TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECANICAS DE SUELOS -
GEOTECNIA CONCRETO, ASFALTO Y ENSAYOS ESPECIALES

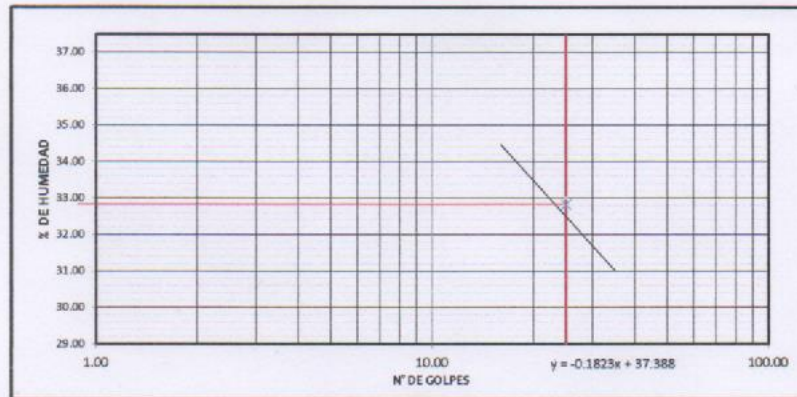
RUC 20487134911
CEL 945510108

EXPEDIENTE N° 144-2020
ESTUDIO JULIO
ATENCIÓN BACHLING CIVIL RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
PROYECTO "APLICACIÓN DE LA BOLSA POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUD RAZANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA.
UBICACIÓN PROVINCIA DE CHUPACA-JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN 13 DE JULIO DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN 20 DE JULIO DEL 2020

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D423-68

| | |
|----------|-----------------------------|
| CALICATA | 4 % DE BOLSA DE POLIETILENO |
| MUESTRA | M-1 |
| PROF.(m) | 1.50 |

| ENSAYO N° | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | |
|-------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Recipiente + Suelo Hum. | 32.57 | 34.85 | 36.15 | 14.25 | 15.84 |
| Recipiente + Suelo Seco | 37.45 | 29.33 | 30.57 | 13.54 | 14.33 |
| Peso de agua | 5.12 | 5.52 | 5.58 | 0.71 | 1.61 |
| Peso del Recipiente | 12.68 | 12.60 | 12.53 | 6.78 | 7.01 |
| Peso de Suelo Seco | 14.89 | 16.23 | 18.04 | 6.26 | 7.22 |
| % de Humedad | 34.39 | 33.99 | 30.93 | 10.50 | 23.30 |
| N° de Golpes | 15.00 | 25.00 | 35.00 | | |



| | |
|-------------------|-------|
| % LIMITE LIQUIDO | 37.83 |
| % LIMITE PLASTICO | 15.40 |
| INDICE PLASTICO | 16.43 |

OBSERVACIÓN: Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

CLAFER SAC.
UNIDAD DE INGENIERIA
EN MECANICA DE SUELOS
YINMY YACUÑA GOMEZ
TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

CLAFER SAC.
UNIDAD DE INGENIERIA
EN MECANICA DE SUELOS
Ing. Civil María Peña Dueñas
ASESOR TECNICO EN TRAZO, BPS, CONSULTOR EN OBRAS
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA
RUC 20487134911
CEL 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECANICAS DE SUELOS -
GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO Y ENSAYOS ESPECIALES

EXPEDIENTE N° : 144-2020
ESTUDIO : JULIO
ATENCIÓN : BACH.ING.CIVIL.RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN"
UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

| | |
|-------------|-------|
| MSSL | |
| 800 | |
| POLIETILENO | 64 gr |

| | |
|----------|-----------------------------|
| CALICATA | 8 % DE BOLSA DE POLIETILENO |
| MUESTRA | M-1 |
| PROP.(m) | 1.50 |

| TAMIZ | ABIERTURA (mm) | PESO RETENIDO (grs) | % PARCIAL RETENIDO (GRS) | % ACUMULADO | |
|------------|----------------|---------------------|--------------------------|-------------|----------|
| | | | | RETENIDO | QUE PASA |
| 3" | 75.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1" | 25.400 | 0.000 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1/2" | 12.700 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1/4" | 6.350 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| N°4 | 4.760 | 9.21 | 1.15 | 1.2 | 98.85 |
| N°10 | 2.000 | 12.65 | 1.58 | 2.7 | 97.27 |
| N°20 | 0.840 | 15.87 | 1.98 | 4.7 | 95.28 |
| N°30 | 0.590 | 18.43 | 2.30 | 7.0 | 92.98 |
| N°40 | 0.425 | 22.54 | 2.82 | 9.8 | 90.16 |
| N°60 | 0.260 | 19.25 | 2.41 | 12.2 | 87.76 |
| N°100 | 0.149 | 16.72 | 2.09 | 14.3 | 85.67 |
| N°200 | 0.075 | 12.32 | 1.54 | 15.9 | 84.13 |
| FONDO | | 673.00 | 84.13 | 100.0 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 799.99 | 100.0 | | |

| LIMITE DE CONSISTENCIA ASTM D4510 | |
|-----------------------------------|-------|
| % LIMITE LIQUIDO | 30.04 |
| % LIMITE PLASTICO | 14.26 |
| INDICE PLASTICO | 15.78 |

| PORCENTAJES | |
|-------------|---------|
| % GRAVA | 1.15% |
| % ARENA | 14.72% |
| % FINO | 84.13% |
| | 100.00% |

| CLASIFICACIÓN DEL SUELO | |
|-------------------------|------------------------|
| SUCS ASTM D-2487 | CL |
| AASHTO ASTM D-3081 | A-6(10) |
| NOMBRE DE GRUPO | ARCILLA FINA CON ARENA |

KLAFER SAC.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
 Ing. Civil Mario Peña Dueñas
 ASISTENTE TECNICO CAP. EN CONSULTORIA Y OBRAS
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS - CONCRETO ARMADO Y GEOLOGIA

KLAFER SAC.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
 YIMAZ TAPIA GOMEZ
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI/GP-004-1993)

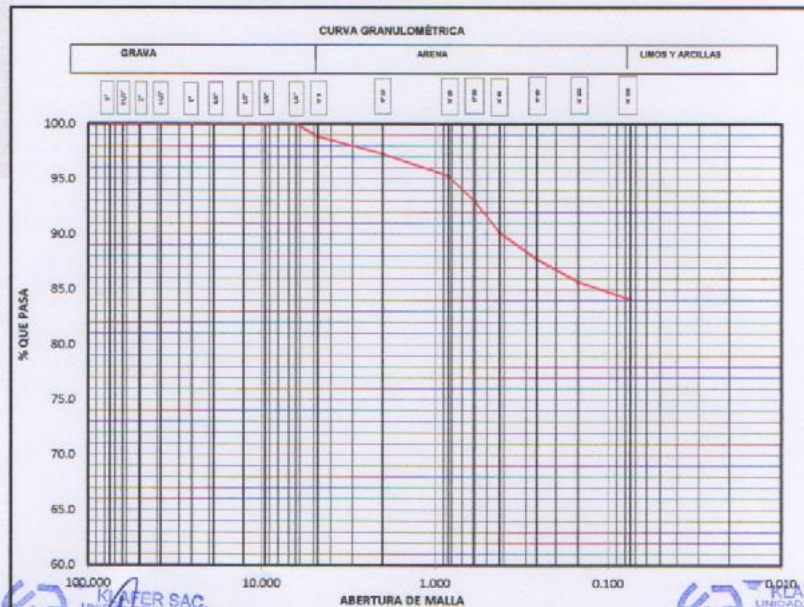
EXPEDIENTE N° : 164-2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH.ING.CIVIL.RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN"
 UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN

FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DEL 2020

FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

| | |
|----------|-----------------------------|
| CALICATA | 8 % DE BOLSA DE POLIETILENO |
| MUESTRA | M-1 |
| PROF.(m) | 1.50 |



KLAFER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS

KLAFER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Marino Peña Dueñas
 INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS

YIMMY FACUNDA GOMEZ
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

| | | | | | |
|-------|-------|-------|--------|------|--------|
| GRAVA | 1.15% | ARENA | 14.72% | FINO | 84.13% |
|-------|-------|-------|--------|------|--------|

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

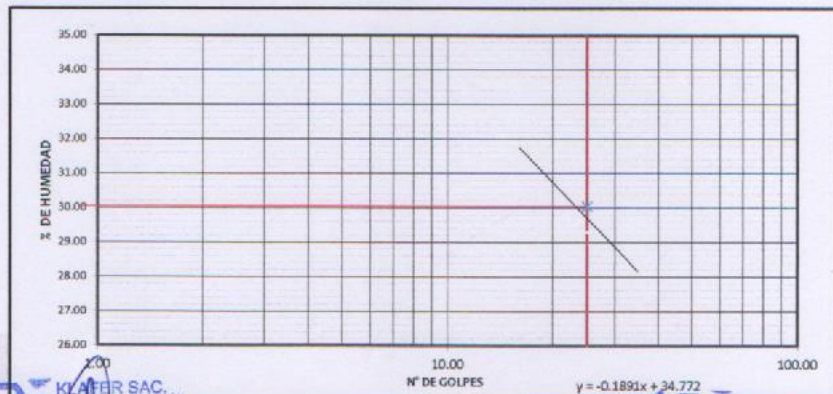
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD IGUA PERUANA INDECOPI: GP-004: 19931

EXPEDIENTE N° : 144-2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN"
 UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020

LIMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D423-68

| | |
|----------|-----------------------------|
| CALICATA | 8 % DE BOLSA DE POLIETILENO |
| MUESTRA | M-1 |
| PROF.(m) | 1.50 |

| ENSAYO N° | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | |
|-------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Recipiente + Suelo Hum. | 33.15 | 34.51 | 35.84 | 14.25 | 15.84 |
| Recipiente + Suelo Seco | 28.12 | 29.48 | 30.72 | 13.46 | 14.87 |
| Peso de agua | 5.03 | 5.03 | 5.12 | 0.39 | 0.97 |
| Peso del Recipiente | 12.47 | 12.31 | 12.76 | 8.01 | 7.95 |
| Peso de Suelo Seco | 15.65 | 17.17 | 17.96 | 5.45 | 6.92 |
| % de Humedad | 32.14 | 39.30 | 38.51 | 14.50 | 14.03 |
| N° de Golpes | 16.00 | 25.00 | 35.00 | | |



KLAFER S.A.C.
 EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil María Peña Durán
 Asesor Técnico en Mecánica de Suelos
 ESPECIALIDAD EN MECÁNICA DE SUELOS

KLAFER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA
 EN MECÁNICA DE SUELOS
YIMMY TACUNA GÓMEZ
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

| | |
|-------------------|-------|
| % LIMITE LIQUIDO | 30.04 |
| % LIMITE PLASTICO | 14.25 |
| INDICE PLASTICO | 15.78 |

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI/GP/004/1993)

EXPEDIENTE N° : 144-2020
ESTUDIO : JULIO
ATENCIÓN : BACH.ING.CIVIL RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN"
UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN
FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DEL 2020
FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

| | |
|-------------|-------|
| MSSL | |
| 800 | |
| POLIETILENO | 96 gr |

| | |
|----------|------------------------------|
| CALICATA | 12 % DE BOLSA DE POLIETILENO |
| MUESTRA | M-1 |
| PROF.(m) | 1.50 |

| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (grs) | % PARCIAL RETENIDO (GAS) | % ACUMULADO | |
|------------|---------------|---------------------|--------------------------|-------------|----------|
| | | | | RETENIDO | QUE PASA |
| 3" | 75.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 63.500 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1" | 25.400 | 0.000 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1/2" | 12.700 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1/4" | 6.350 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| N°4 | 4.760 | 13.06 | 1.63 | 1.6 | 98.37 |
| N°10 | 2.000 | 14.32 | 1.79 | 3.4 | 96.58 |
| N°20 | 0.840 | 17.68 | 2.21 | 5.6 | 94.37 |
| N°30 | 0.590 | 23.56 | 2.70 | 8.3 | 91.67 |
| N°40 | 0.425 | 26.72 | 3.34 | 11.7 | 88.33 |
| N°60 | 0.260 | 23.87 | 2.98 | 14.7 | 85.35 |
| N°100 | 0.149 | 25.06 | 3.13 | 17.8 | 82.22 |
| N°200 | 0.075 | 17.73 | 2.22 | 20.0 | 80.00 |
| FONDO | | 640.00 | 80.00 | 100.0 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 800.00 | 100.0 | | |

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4516

| | |
|-------------------|-------|
| % LIMITE LIQUIDO | 29.61 |
| % LIMITE PLASTICO | 15.51 |
| INDICE PLASTICO | 14.10 |

PORCENTAJES

| | |
|---------|---------|
| % GRAVA | 1.63% |
| % ARENA | 18.37% |
| % FINO | 80.00% |
| | 100.00% |

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

| | |
|--------------------|------------------------|
| SUCS ASTM D-2487 | CL |
| AASHTO ASTM D-3082 | A-6(9) |
| NOMBRE DE GRUPO | ARCILLA FINA CON ARENA |



KLAFER SAC.
 UNIDAD DE INGENIERIA
 EN MECANICA DE SUELOS
YIMMY TACUNA GOMEZ
 TÉCNICO EN MECANICA DE SUELOS



KLAFER SAC.
 UNIDAD DE INGENIERIA
 EN MECANICA DE SUELOS
Ing. Civil Máximo Peña Dueñas
 ASESOR TÉCNICO EN ASISTENCIA LABORATORIAL
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993).

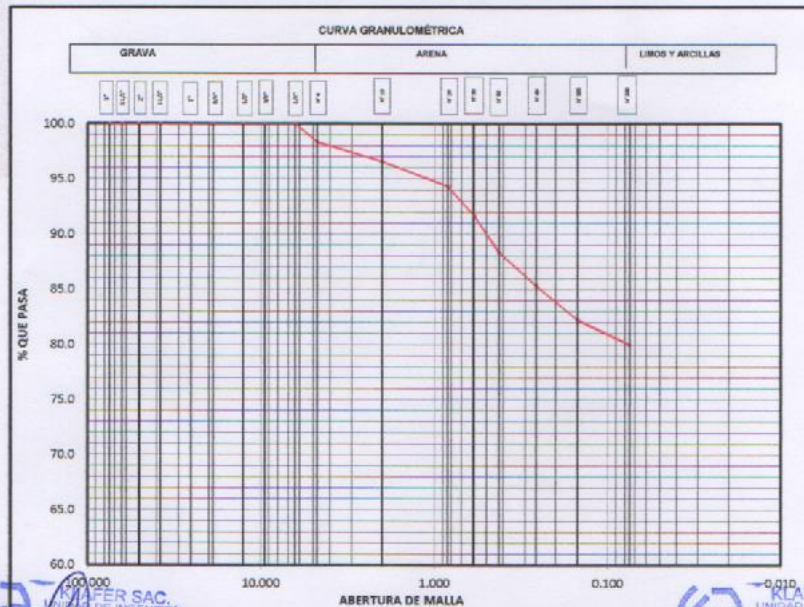
EXPEDIENTE N° : 104-2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH.ING.CIVIL.RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN"
 UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN

FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DEL 2020

FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422

| | |
|----------|------------------------------|
| CALICATA | 12 % DE BOLSA DE POLIETILENO |
| MUESTRA | M-1 |
| PROF.(m) | 1.50 |



KLAER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA
 EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil **Marino Peña Dueñas**
 ASESOR TÉCNICO
 ESPECIALIDAD: ESTUDIOS DE SUELOS
 CONTROL DE CALIDAD Y RECICLADO

KLAER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA
 EN MECÁNICA DE SUELOS
YIMMY TACUNA GOMEZ
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

| | | | | | |
|-------|-------|-------|--------|------|--------|
| GRAVA | 1.63% | ARENA | 18.37% | FINO | 99.80% |
|-------|-------|-------|--------|------|--------|

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

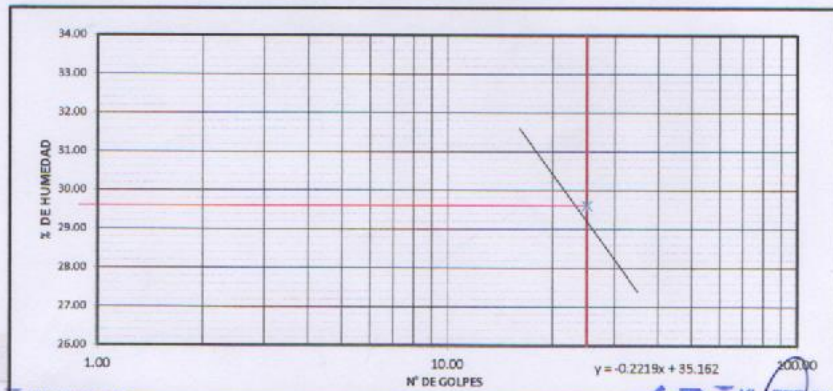
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP) GP-004-1993

EXPEDIENTE N° 144-2020
 ESTUDIO JULIO
 ATENCIÓN BACH. ING. CIVIL RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN"
 UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020

LIMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D423-66

| | |
|----------|------------------------------|
| CALICATA | 12 % DE BOLSA DE POLIETILENO |
| MUESTRA | M-1 |
| PROF.(m) | 1.50 |

| ENSAYO N° | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | |
|-------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Recipiente + Suelo Hum. | 33.15 | 34.51 | 35.84 | 13.78 | 13.65 |
| Recipiente + Suelo Seco | 28.73 | 29.87 | 31.04 | 12.77 | 12.74 |
| Peso de agua | 4.42 | 4.84 | 4.70 | 1.01 | 0.91 |
| Peso del Recipiente | 14.26 | 13.27 | 14.03 | 6.43 | 6.71 |
| Peso de Suelo Seco | 13.97 | 16.40 | 17.12 | 6.34 | 6.03 |
| % de Humedad | 31.65 | 29.54 | 37.43 | 15.93 | 15.09 |
| N° de Golpes | 16.00 | 25.00 | 35.00 | | |



KLAFFER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 YIM YIM NA GOMEZ DE SUELOS

| | |
|-------------------|-------|
| % LIMITE LIQUIDO | 29.61 |
| % LIMITE PLASTICO | 15.51 |
| INDICE PLASTICO | 14.10 |

KLAFFER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil Marco P. P. P.
 INGENIERO TÉCNICO CIVIL EN REG. Y ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP/EP/004-1993)

EXPEDIENTE N° : 144-2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH.JNS.CIVIL.RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN"
 UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

| | |
|-------------|--------|
| MSL | |
| 800 | |
| POLIETILENO | 120 gr |

| | |
|----------|------------------------------|
| CALICATA | 15 % DE BOLSA DE POLIETILENO |
| MUESTRA | M-1 |
| PROF.(m) | 1.50 |

| TAMIZ | ABERTURA (mm) | PESO RETENIDO (gr) | % PARECIAL RETENIDO (GRS) | % ACUMULADO | |
|------------|---------------|--------------------|---------------------------|-------------|----------|
| | | | | RETENIDO | QUE PASA |
| 3" | 75.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 2 1/2" | 62.500 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1" | 25.400 | 0.000 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 3/4" | 19.000 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1/2" | 12.700 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| 1/4" | 6.350 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 100.00 |
| N°4 | 4.750 | 19.32 | 2.42 | 2.4 | 97.59 |
| N°10 | 2.000 | 18.45 | 2.30 | 4.7 | 95.28 |
| N°20 | 0.840 | 25.32 | 3.17 | 7.9 | 92.12 |
| N°30 | 0.590 | 24.18 | 3.02 | 10.9 | 89.09 |
| N°40 | 0.425 | 29.56 | 3.70 | 14.6 | 85.40 |
| N°60 | 0.250 | 26.58 | 3.30 | 17.9 | 82.10 |
| N°100 | 0.149 | 30.11 | 3.76 | 21.7 | 78.34 |
| N°200 | 0.075 | 21.70 | 2.71 | 24.4 | 75.63 |
| FONDO | | 605.00 | 75.63 | 100.0 | 0.00 |
| PESO TOTAL | | 800.00 | 100.0 | | |

| | |
|------------------------------------|-------|
| LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 | |
| % LIMITE LIQUIDO | 29.61 |
| % LIMITE PLASTICO | 12.98 |
| INDICE PLASTICO | 16.63 |

| | |
|-------------|---------|
| PORCENTAJES | |
| % GRAVA | 2.42% |
| % ARENA | 21.96% |
| % FINO | 75.63% |
| | 100.00% |

| | |
|-------------------------|------------------------|
| CLASIFICACIÓN DEL SUELO | |
| SUCS ASTM D-2487 | CL |
| AASHTO ASTM D-3282 | A-6(10) |
| NOMBRE DE GRUPO | ARCILLA FINA CON ARENA |

KLAFFER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
 Ing. Cely María Dueñas
 ASISTENTE TECNICO EN MECANICA DE SUELOS
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS
 CONCRETO GEOTECNIA Y GEOLOGIA

KLAFFER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA EN MECANICA DE SUELOS
 YIMMY TAGUNA GOMEZ
 TECNICO EN MECANICA DE SUELOS

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.
 EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP/ GP-004/ 1993)

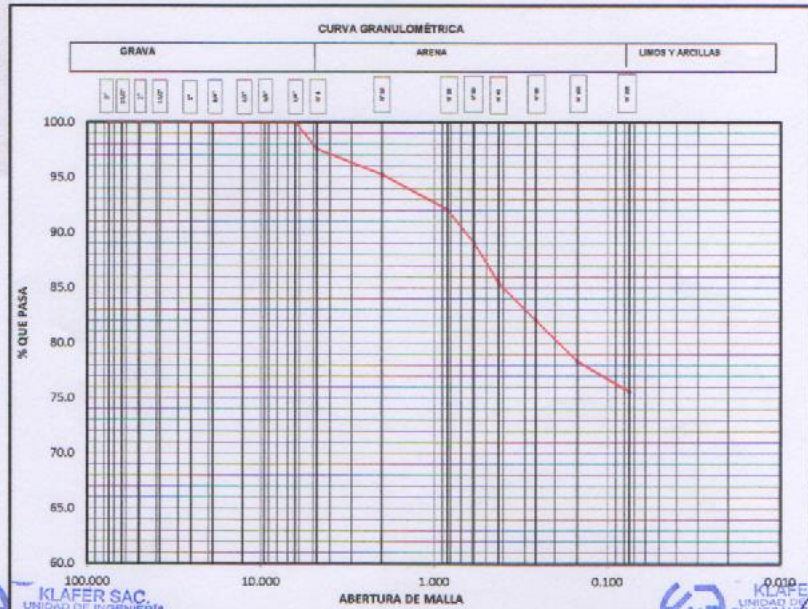
EXPEDIENTE N° : 164-2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA POLITILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN"
 UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN

FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DEL 2020

FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D422

| | |
|-----------|------------------------------|
| CALICATA | 15 % DE BOLSA DE POLIETILENO |
| MUESTRA | M-1 |
| PROF. (m) | 1.50 |



KLAFLER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 YIMMY FACHTA GOMEZ
 TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

KLAFLER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil Marina Peña Dueñas
 INGENIERO TÉCNICO EN MECÁNICA DE SUELOS

| | | | | | |
|---------|-------|---------|--------|--------|--------------------------------------|
| % GRAVA | 2.42% | % ARENA | 21.96% | % FINO | CONCRETO GASTRÓN Y CEMENTO 75.63% |
|---------|-------|---------|--------|--------|--------------------------------------|

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

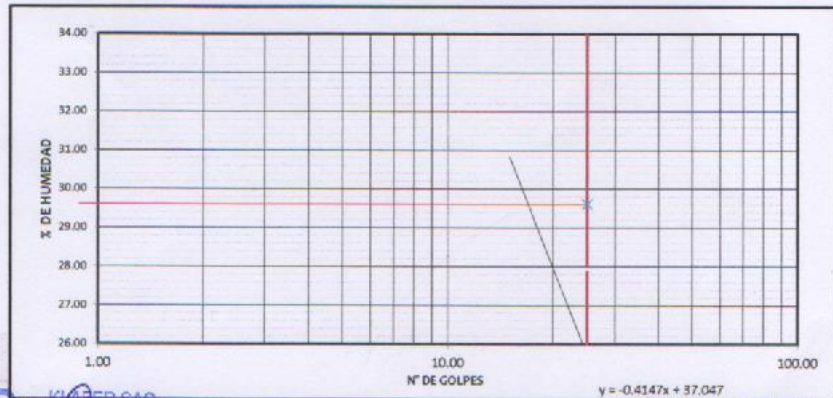
EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI-CP-004-1993)

EXPEDIENTE N° 144-2020
 ESTUDIO JULIO
 ATENCIÓN BACH.ING.CIVIL RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN"
 UBICACIÓN : PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DEL 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DEL 2020

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D423-66

| | |
|----------|------------------------------|
| CALICATA | 15 % DE BOLSA DE POLIETILENO |
| MUESTRA | M-1 |
| PROF.(m) | 1.50 |

| ENSAYO N° | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | |
|-------------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| Recipiente + Suelo Hum. | 33.43 | 31.49 | 28.76 | 14.35 | 13.67 |
| Recipiente + Suelo Seco | 29.16 | 27.43 | 25.28 | 13.54 | 13.91 |
| Peso de agua | 4.27 | 4.06 | 3.98 | 0.81 | 0.76 |
| Peso del Recipiente | 15.01 | 12.89 | 11.93 | 7.21 | 7.35 |
| Peso de Suelo Seco | 14.15 | 14.54 | 13.85 | 6.33 | 5.76 |
| % de Humedad | 30.17 | 27.93 | 21.52 | 12.76 | 13.19 |
| N° de Golpes | 15.00 | 25.00 | 35.00 | | |



KLAFER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA
 EN MECANICA DE SUELOS
 Ing. Civil Maximiliano Peña Dávalos
 ASESOR TÉCNICO CONSULTOR C-2884
 ESPECIALIST EN MECANICA DE SUELOS

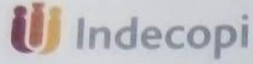
| | |
|-------------------|-------|
| % LIMITE LIQUIDO | 29.61 |
| % LIMITE PLASTICO | 12.98 |
| INDICE PLASTICO | 16.63 |

KLAFER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERIA
 EN MECANICA DE SUELOS
 YIMMY TEGONA GOMEZ
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOP: GP-004: 1993)

RESOLUCI



RESOLUCIÓN N° 009178-2020/DSD-INDECOPI



CERTIFICADO N° 00122965

KLAFER S.A.C.
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA ESTUDIOS DE SUELOS

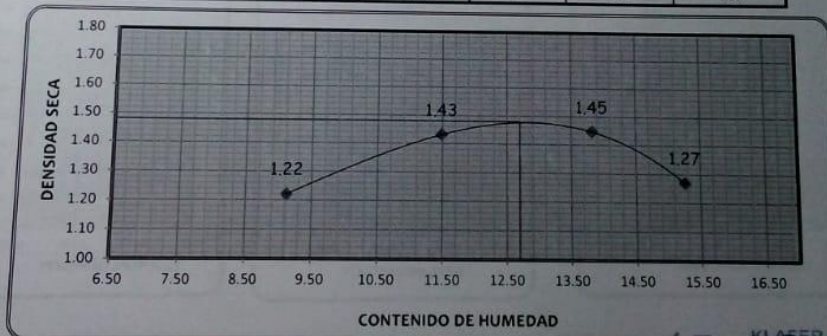
EXPEDIENTE N° : 144.2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNÍN"
 UBICACIÓN : PROGRESIVA 3 + 000 - DISTRITO DE YANACANCHA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DE 2020.
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DE 2020.

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

0% DE BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO

| | |
|-----------|--------------------|
| CALICATA | C - 1 prog 3 + 000 |
| MUESTRA | M - 01 |
| PROF. (m) | 1.50 |

| | | | | |
|------------------------------|------|-------|-------|-------|
| Peso suelo + molde | 8981 | 9561 | 9672 | 9273 |
| Peso del molde | 6058 | 6058 | 6058 | 6058 |
| Peso suelo húmedo compactado | 2923 | 3503 | 3614 | 3215 |
| Peso volumetrico húmedo | 1.33 | 1.60 | 1.65 | 1.46 |
| Contenido de agua | 9.12 | 11.48 | 13.82 | 15.26 |
| Peso volumetrico seco | 1.22 | 1.43 | 1.45 | 1.27 |



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.48 (gr/cm³)
CONTENIDO DE HUMEDAD : 12.70 (%)

KLAFER S.A.C.
 UNIDAD ADMINISTRATIVA EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil Marino Peña Dueñas
 ASesor TECNICO ESPECIALISTA EN CONSULTORÍA EN ESTABILIZACIÓN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, GEOTECNIA Y GEODINÁMICA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
 LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143-PUENTE PEATONAL -FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

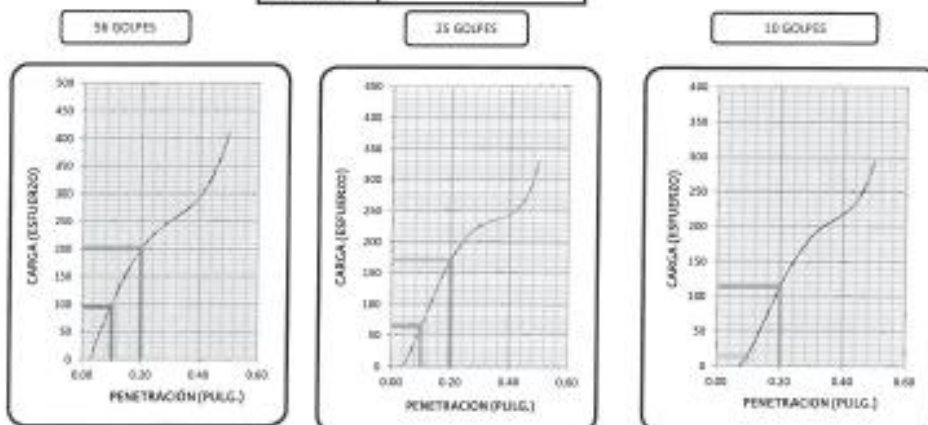
SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

EXPEDIENTE N° : 144.2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL RUIZ MARTINEZ DAVY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPISCA - JUNÍN"
 UBICACIÓN : PROGRESIVA 3 +000 - DISTRITO DE SANACANCHA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DE 2020.
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DE 2020.

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR. ASTM D1533
0% DE BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO

| | |
|-----------|--------------------|
| CALICATA | C - 1 prog 5 + 000 |
| MUESTRA | M - 01 |
| PROF. (m) | 1.34 |



| Exámenes | Numero de Golpes | CBR % | Densidad Seca (g/cm ³) | Expansión % |
|----------|------------------|-------|------------------------------------|-------------|
| 1 | 56 | 9.5 | 1.480 | 0.39 |
| 2 | 25 | 6.5 | 1.420 | 0.75 |
| 3 | 10 | 1.4 | 1.351 | 1.43 |

OBSERVACIÓN : Muestra recibida por el solicitante. El laboratorio, no es responsable por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO O DEBE REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO. SIENDO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD. (GUÍA PERUANA INDECOPÍ: 01/04-1991)

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.

LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL - FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.F.

RUC 20487134911

CEL. 94550108

SERVICIOS DE LABORATORIOS ESPECIALIZADO PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ENSAYOS DE SUELOS: BOLSA, ASBEGADOS, UNIDADES DE ALMACÉN, PAPERAS, ACIDOS, DISEÑO DE HERRAJES, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, FENÓMENO, ENSAYOS DE RESISTENCIA ELÉCTRICA, DE PUESTA A TIERRA, ETC.



RESOLUCIÓN N° 000178-2020-IND-DECOPI

CERTIFICADO N° 8012265

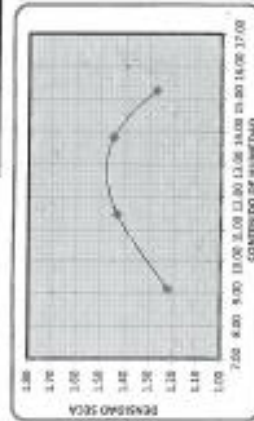
KLAFER S.A.C.
LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA
ESTUDIOS DE SUELOS



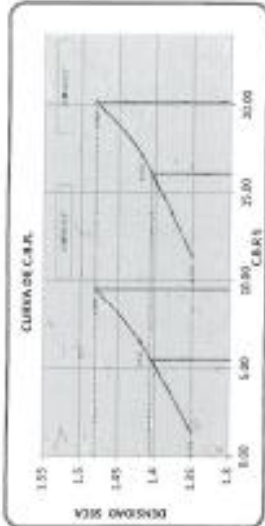
CONTRATO N° 144-2020
 OTORGADO POR: SMOY. ING. CIVIL. MSc. HANFRED DAVILA RAMA
 ATRIBUCIÓN: "ANÁLISIS DE LA BOLSAS DE POLIÉTERO FUNDIDO RECICLADO EN LA SUBESTACIÓN DE LA COMUNA DE CAJAMARCA - SMOY"
 PROYECTO: PROYECTO 1-008 - RECTORIO DE FUNDACIÓN
 UBICACIÓN: ITIEM SUCRE 3008
 TÉCNICO ENCARGADO: DORIS SANCHEZ SANCHEZ

ESTIMACIÓN DE VALORES RELATIVOS DE SOSTENIBILIDAD (ASTM D199)

| Índice de Bolsas de Polietileno Fundido Reciclado | |
|---|--------------|
| ANÁLISIS: | C-10483-1008 |
| MUESTRA: | M-14 |
| PROYECTO: | 1-008 |



Indice de Bolsas de Polietileno Fundido Reciclado = $\frac{1.48 \text{ (g/cm}^3\text{)}}{1.48 \text{ (g/cm}^3\text{)}}$
 = 1.00



| Presión de Diseño (Paq) | C.B.R. (N) |
|-------------------------|------------|
| 5.0 | 500 |
| 10.0 | 1000 |
| 15.0 | 1500 |
| 20.0 | 2000 |
| 25.0 | 2500 |
| 30.0 | 3000 |

Observación: Muestreo en la perforación, 10 laboratorios, de la responsabilidad por la exactitud de la muestra.

LOCALIDAD: CALLE REAL 443 - 645 CALLE (BARRIO) DE LA COMUNA DE CAJAMARCA - SMOY
 LOCALIDAD: PSE CAMPOS N° 143 - PUNTE VENTURI, DISTRITO DE FUNDACIÓN, PROVINCIA DE CAJAMARCA - SMOY

MATERIAS DE LABORATORIO ENTREGADAS PARA EL ESTUDIO DE ANÁLISIS DE SUELOS:
 GEOTECNIA, CONCRETO, AGRIENTO Y PRODUCTOS DERIVADOS.

MATERIAS DE SUELOS ENTREGADAS PARA EL ESTUDIO DE SUELOS:
 BARRIO DE MUELLAS, CONCRETO, PRODUCTOS DERIVADOS DE LA INDUSTRIA DE LA PASTA DE PULPERIA, RESISTENCIA ELECTRICA DE FIBRA A TENDIDA, ETC.

Ing. Christian
 SANCHEZ SANCHEZ

BSC 20487134911
 CEL. 945533108

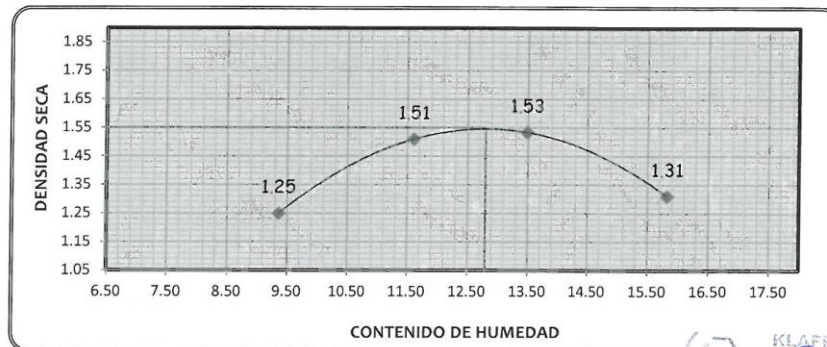
EXPEDIENTE N° : 144.2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA – JUNÍN"
 UBICACIÓN : PROGRESIVA 3 +000 - DISTRITO DE YANACANCHA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DE 2020.
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DE 2020.

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

**4% DE BOLSA DE POLIETILENO
FUNDIDO RECICLADO**

| | |
|-----------|--------------------|
| CALICATA | C - 1 prog 3 + 000 |
| MUESTRA | M - 02 |
| PROF. (m) | 1.50 |

| | | | | |
|------------------------------|------|-------|-------|-------|
| Peso suelo + molde | 9060 | 9759 | 9880 | 9391 |
| Peso del molde | 6058 | 6058 | 6058 | 6058 |
| Peso suelo húmedo compactado | 3002 | 3701 | 3822 | 3333 |
| Peso volumetrico húmedo | 1.37 | 1.69 | 1.74 | 1.52 |
| Contenido de agua | 9.36 | 11.61 | 13.49 | 15.82 |
| Peso volumetrico seco | 1.25 | 1.51 | 1.53 | 1.31 |



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.55 (gr/cm3)
CONTENIDO DE HUMEDAD : 12.80 (%)

KLAFLER S.A.C.
INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil Marino Peña Dueñas
 ASISTENTE TÉCNICO EN EL LABORATORIO
 DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
 CHUPACA - JUNÍN

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.
 EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
 LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL - FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

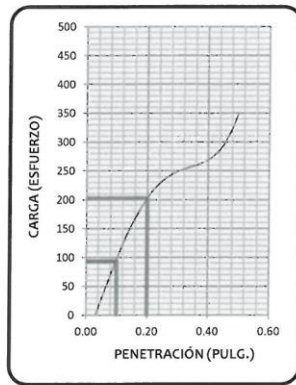
ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

EXPEDIENTE N° : 144.2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA – JUNÍN"
 UBICACIÓN : PROGRESIVA 3 +000 - DISTRITO DE YANACANCHA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DE 2020.
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE FEBRERO DEL 2020

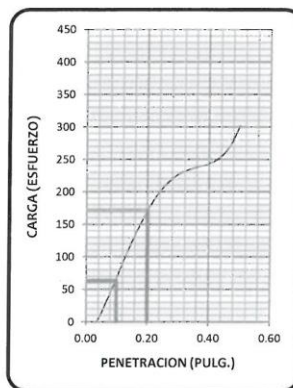
DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883
4% DE BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO

| | |
|-----------|--------------------|
| CALICATA | C - 1 prog 3 + 000 |
| MUESTRA | M - 02 |
| PROF. (m) | 1.50 |

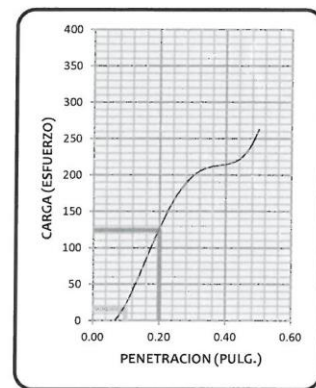
56 GOLPES



25 GOLPES



10 GOLPES



| Especimen | Numero de Golpes | CBR % | Densidad Seca (g/cm ³) | Expansión % |
|-----------|------------------|-------|------------------------------------|-------------|
| 1 | 56 | 9.3 | 1.550 | 0.40 |
| 2 | 25 | 6.3 | 1.471 | 0.93 |
| 3 | 10 | 1.6 | 1.393 | 1.52 |



KLAFER SAC.
 UNIDAD REGISTRADA EN EL MIPRE EN EL REGISTRO DE SUELOS
 Ing. Civil Marino Peña Duque
 ASesor TÉCNICO EN SUELOS Y GEOTECNIA
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS
 CONCRETO, ASFALTO Y ENSAYOS ESPECIALES

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI. GP.004. 1993)

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.

LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143-PUENTE PEATONAL -FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

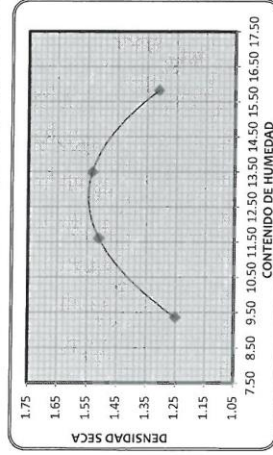
SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

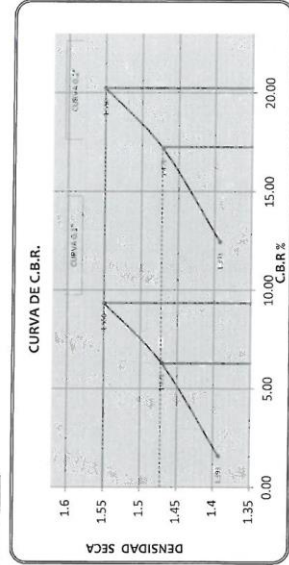
EXPEDIENTE N° : 144-2020
 ESTUDIO : IJILLO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : " APLICACIÓN DE LA BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA – JUNIN"
 UBICACIÓN : PROGRESIVA 3 4000 - DISTRITO DE YANACANCHA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DE 2020
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DE 2020.

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

| 4% DE BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO | |
|--|--------------------|
| CALICATA | C - 1 prog 3 + 000 |
| MUESTRA | M - 02 |
| PROF. (m) | 1,50 |



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.55 (g/cm³)
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 10.80 (%)



| Penetración (pulg.) | % M.D.S. | CBR % |
|---------------------|----------|-------|
| 0.1 | 100 | 9.34 |
| 0.1 | 95 | 6.28 |
| 0.2 | 100 | 20.23 |
| 0.2 | 95 | 17.25 |

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO
 LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL - FRENTE PUERTA PRINCIPAL UNACAF.

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUERTA A TIERRA, ETC.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

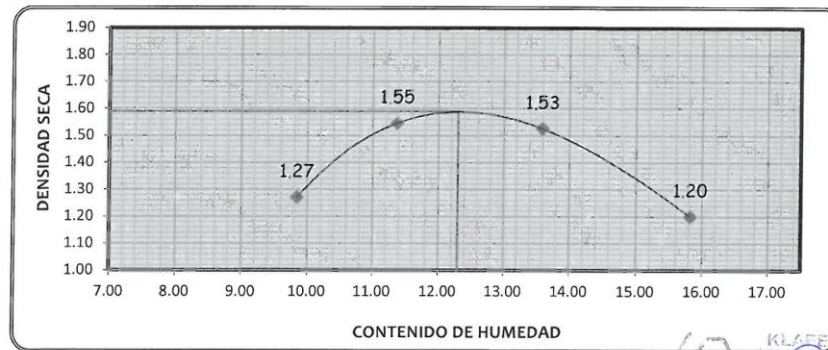


EXPEDIENTE N° : 144.2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA – JUNÍN"
 UBICACIÓN : PROGRESIVA 3 +000 - DISTRITO DE YANACANCHA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DE 2020.
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DE 2020.

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557
8% DE BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO

| | |
|-----------|--------------------|
| CALICATA | C - 1 prog 3 + 000 |
| MUESTRA | M - 03 |
| PROF. (m) | 1.50 |

| | | | | |
|------------------------------|------|-------|-------|-------|
| Peso suelo + molde | 9121 | 9838 | 9863 | 9110 |
| Peso del molde | 6058 | 6058 | 6058 | 6058 |
| Peso suelo húmedo compactado | 3063 | 3780 | 3805 | 3052 |
| Peso volumétrico húmedo | 1.39 | 1.72 | 1.73 | 1.39 |
| Contenido de agua | 9.84 | 11.37 | 13.59 | 15.82 |
| Peso volumétrico seco | 1.27 | 1.55 | 1.53 | 1.20 |



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.59 (gr/cm3)
CONTENIDO DE HUMEDAD : 12.30 (%)

KLAFER SAC
 LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA ESTUDIOS DE SUELOS
 Ing. Civil Maximiliano Peña Dueñas
 INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTECNIA
 ESPECIALISTA EN ANÁLISIS DE SUELOS
 CONCRETO, ASFALTO Y MEZCLAS

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004:1993)

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
 LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143-PUENTE PEATONAL -FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

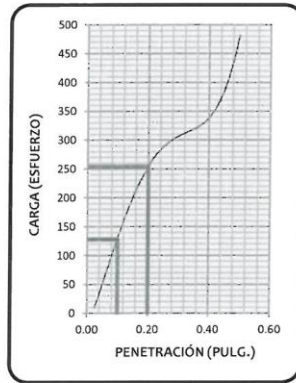
ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

EXPEDIENTE N° : 144.2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNÍN"
 UBICACIÓN : PROGRESIVA 3 +000 - DISTRITO DE YANACANCHA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DE 2020.
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE FEBRERO DEL 2020

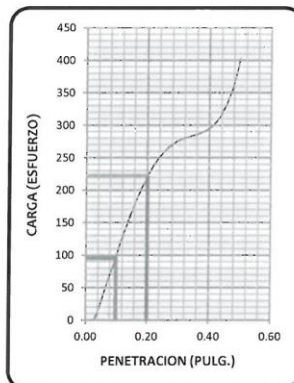
DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883
8% DE BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO

| | |
|-----------|--------------------|
| CALICATA | C - 1 prog 3 + 000 |
| MUESTRA | M - 03 |
| PROF. (m) | 1.50 |

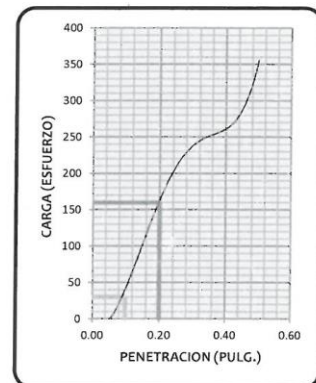
56 GOLPES



25 GOLPES



10 GOLPES



| Especimen | Numero de Golpes | CBR % | Densidad Seca (g/cm ³) | Expansión % |
|-----------|------------------|-------|------------------------------------|-------------|
| 1 | 56 | 12.8 | 1.590 | 0.35 |
| 2 | 25 | 9.5 | 1.517 | 0.79 |
| 3 | 10 | 3.0 | 1.445 | 1.36 |



OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.

LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143-PUENTE PEATONAL -FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

RUC 20487134911
CEL. 945510108

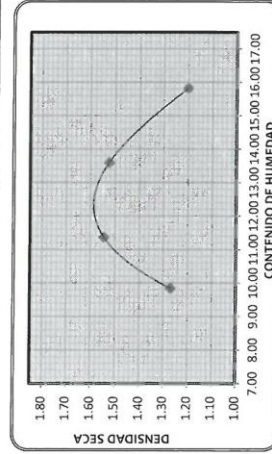
SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

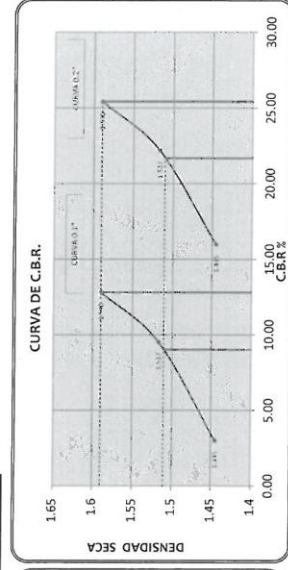
EXPEDIENTE N° : 144-2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNIN"
 UBICACIÓN : PROGRESIVA 3 +000 - DISTRITO DE YANACANCHA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DE 2020.
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DE 2020.

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR (ASTM D1883)

| 8% DE BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO | |
|--|--------------------|
| CALICATA | C - 1 prog 3 + 000 |
| MUESTRA | M - 03 |
| PROF. (m) | 150 |



MAXIMA DENSIDAD SECA : 1.59 (gr/cm3)
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 12.30 (%)



| Penetración (pulg) | % M.D.S. | CBR % |
|--------------------|----------|-------|
| 0.1 | 100 | 12.80 |
| 0.1 | 95 | 90.1 |
| 0.2 | 100 | 25.41 |
| 0.2 | 95 | 21.68 |

OBSERVACIÓN

: Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCirse SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL - FRENTE PUERTA PRINCIPAL CHANCI.

RIC 20487134911
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTÉCNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

KLAFLER S.A.C.
 LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA ESTUDIOS DE SUELOS
 Ing. Civil MARTÍN FORN P...
 T. 051 945 510 108
 C. 945 510 108

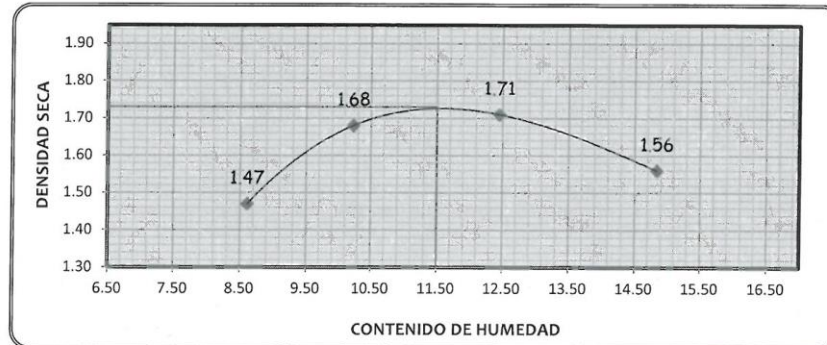
EXPEDIENTE N° : 144.2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA – JUNÍN"
 UBICACIÓN : PROGRESIVA 3 +000 - DISTRITO DE YANACANCHA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DE 2020.
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DE 2020.

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

12% DE BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO

| | |
|-----------|--------------------|
| CALICATA | C - 1 prog 3 + 000 |
| MUESTRA | M - 04 |
| PROF. (m) | 1.50 |

| | | | | |
|------------------------------|------|-------|-------|-------|
| Peso suelo + molde | 9564 | 10125 | 10281 | 9992 |
| Peso del molde | 6058 | 6058 | 6058 | 6058 |
| Peso suelo húmedo compactado | 3506 | 4067 | 4223 | 3934 |
| Peso volumetrico húmedo | 1.60 | 1.85 | 1.92 | 1.79 |
| Contenido de agua | 8.61 | 10.23 | 12.45 | 14.84 |
| Peso volumetrico seco | 1.47 | 1.68 | 1.71 | 1.56 |



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.73 (gr/cm³)
CONTENIDO DE HUMEDAD : 11.50 (%)

KLAFER SAC
 UNIDAD ADMINISTRATIVA EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil Marco Peña Durán
 DIRECTOR GENERAL

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCION SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP.004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
 LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143-PUENTE PEATONAL -FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

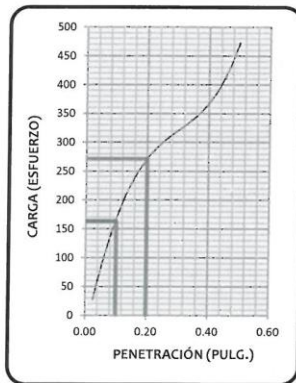
ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

EXPEDIENTE N° : 144.2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA – JUNÍN"
 UBICACIÓN : PROGRESIVA 3 +000 - DISTRITO DE YANACANCHA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DE 2020.
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE FEBRERO DEL 2020

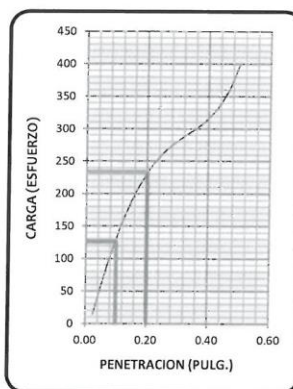
DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883
12% DE BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO

| | |
|-----------|--------------------|
| CALICATA | C - 1 prog 3 + 000 |
| MUESTRA | M - 04 |
| PROF. (m) | 1.50 |

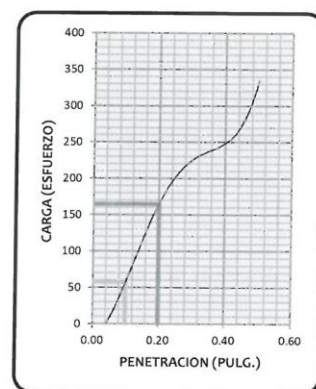
56 GOLPES



25 GOLPES



10 GOLPES



| Especimen | Numero de Golpes | CBR % | Densidad Seca (g/cm ³) | Expansión % |
|-----------|------------------|-------|------------------------------------|-------------|
| 1 | 56 | 16.3 | 1.730 | 0.32 |
| 2 | 25 | 12.6 | 1.654 | 0.87 |
| 3 | 10 | 5.8 | 1.569 | 1.35 |



KLAFER S.A.C.
 UNIDAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil *Martín Peña Balcón*
 INGENIERO DE SUELOS, GEOTECNIA Y GEOMECÁNICA
 ESPECIALISTA EN CÁLCULO DE SUELOS
 INGENIERO DE REGISTRO Y GEOLÓGICO

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERA REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP-004-1993)

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
 LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143-PUENTE PEATONAL -FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

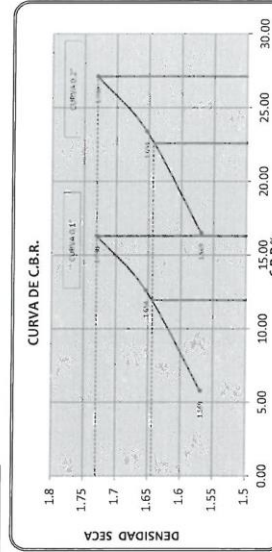
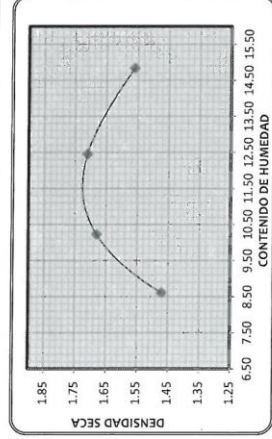
ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

EXPEDIENTE N° : 144-2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHIPACA - JUNÍN"
 UBICACIÓN : PROGRESIVA 3 +000 - DISTRITO DE YANACANCHA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DE 2020.
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DE 2020.

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR - ASTM D1883

12% DE BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO

| | |
|-----------|---------------|
| CALCATA | C-1 PROE3+000 |
| MUESTRA | M-04 |
| PROF. (m) | 1.50 |



| Penetración (pulg.) | % M.D.S. | CBR % |
|---------------------|----------|-------|
| 0.1 | 100 | 162.9 |
| 0.1 | 95 | 11.03 |
| 0.2 | 100 | 27.12 |
| 0.2 | 95 | 22.5R |

MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.73 (gr/cm³)
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 11.50 (%)

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
 LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL - FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.



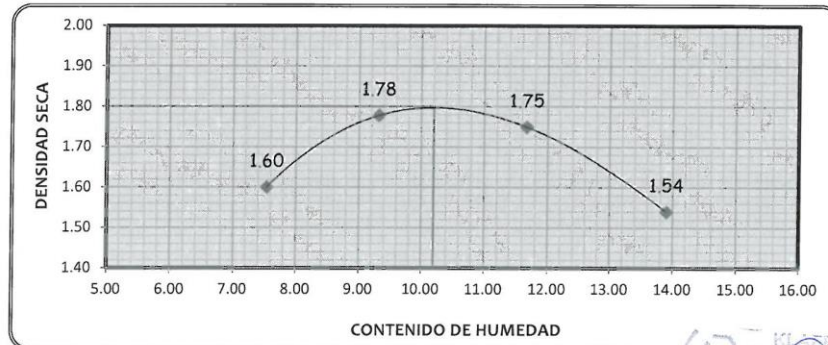
EXPEDIENTE N° : 144.2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNÍN"
 UBICACIÓN : PROGRESIVA 3 +000 - DISTRITO DE YANACANCHA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DE 2020.
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DE 2020.

PROCTOR MODIFICADO ASTM D 1557

15 % DE BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO

| | |
|-----------|--------------------|
| CALICATA | C - 1 prog 3 + 000 |
| MUESTRA | M - 05 |
| PROF. (m) | 1.50 |

| | | | | |
|------------------------------|------|-------|-------|-------|
| Peso suelo + molde | 9837 | 10325 | 10347 | 9910 |
| Peso del molde | 6058 | 6058 | 6058 | 6058 |
| Peso suelo humedo compactado | 3779 | 4267 | 4289 | 3852 |
| Peso volumetrico humedo | 1.72 | 1.94 | 1.95 | 1.75 |
| Contenido de agua | 7.54 | 9.32 | 11.67 | 13.90 |
| Peso volumetrico sero | 1.60 | 1.78 | 1.75 | 1.54 |



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.80 (gr/cm3)
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 10.20 (%)

Handwritten signature and stamp of Ing. Civil Marino Peña Díaz

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.
 EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI - GP.004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
 LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143-PUENTE PEATONAL -FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

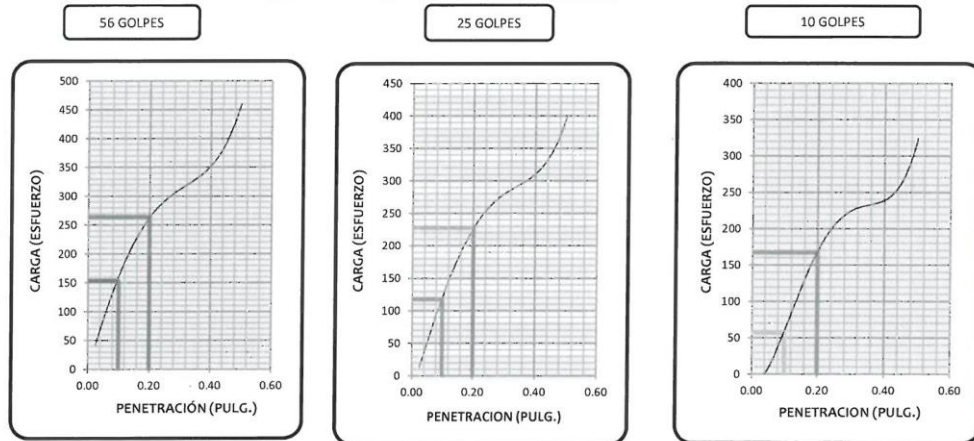
ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERÍA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

EXPEDIENTE N° : 144.2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNÍN"
 UBICACIÓN : PROGRESIVA 3 +000 - DISTRITO DE YANACANCHA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DE 2020.
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DE 2020.

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR ASTM D1883

15 % DE BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO

| | |
|-----------|--------------------|
| CALICATA | C - 1 prog 3 + 000 |
| MUESTRA | M - 05 |
| PROF. (m) | 1.50 |



| Especimen | Numero de Golpes | CBR % | Densidad Seca (g/cm3) | Expansión % |
|-----------|------------------|-------|-----------------------|-------------|
| 1 | 56 | 15.4 | 1.800 | 0.37 |
| 2 | 25 | 11.8 | 1.726 | 0.84 |
| 3 | 10 | 5.7 | 1.652 | 1.47 |



Ing. Civil Miro Peña Pérez
 ASISTENTE TECNICO EN EL LABORATORIO DE ESTUDIOS DE SUELOS, CONCRETO, GEOTECNIA Y GEODINAMICA

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

EL PRESENTE DOCUMENTO NO DEBERÁ REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO, SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU TOTALIDAD (GUÍA PERUANA INDECOPI: GP:004: 1993)

LOCAL HUANCAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA HUANCAYO.
 LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143-PUENTE PEATONAL -FRENTE PUERTA PRINCIPAL U.N.C.P.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108

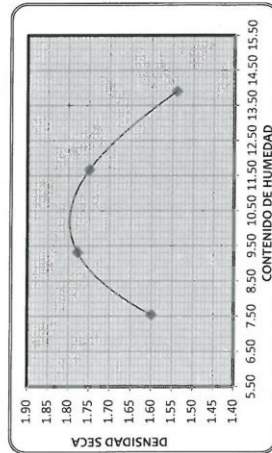
SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTIFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTECNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGUE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

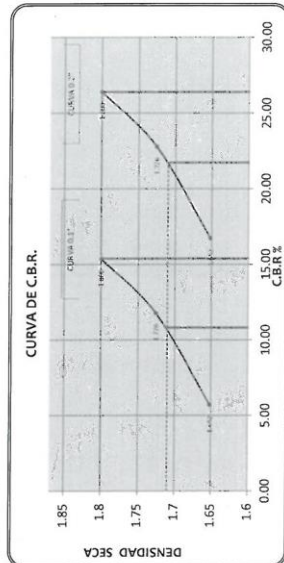
EXPEDIENTE N° : 144-2020
 ESTUDIO : JULIO
 ATENCIÓN : BACH. ING. CIVIL. RUIZ MARTINEZ DANY DANIEL
 PROYECTO : "APLICACIÓN DE LA BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA PROVINCIA DE CHUPACA - JUNÍN"
 UBICACIÓN : PROGRESIVA 3 +000 - DISTRITO DE YANACANCHA
 FECHA DE RECEPCIÓN : 13 DE JULIO DE 2020.
 FECHA DE EMISIÓN : 20 DE JULIO DE 2020.

DETERMINACIÓN DEL VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR - ASTM D1883

| | |
|---|------------------|
| 15 % DE BOLSA DE POLIETILENO FUNDIDO RECICLADO | |
| CALCATA | C-1 prog 3 + 000 |
| MUESTRA | M-05 |
| PROF. (m) | 1,50 |



MÁXIMA DENSIDAD SECA : 1.8 (g/cm³)
 CONTENIDO DE HUMEDAD : 10.20 (%)



| Penetración (pulg.) | ± M.D.S. | C.B.R. % |
|---------------------|----------|----------|
| 0.1 | 100 | 15.37 |
| 0.1 | 95 | 10.81 |
| 0.2 | 100 | 26.39 |
| 0.2 | 95 | 21.72 |

OBSERVACIÓN : Muestra remitida por el solicitante. El laboratorio, no se responsabiliza por la veracidad de la misma.

LOCAL HUANGAYO: CALLE REAL 441 - 445 CHILCA **IMPRESO** DOCUMENTO NO DEBE REPRODUCIRSE SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO. SALVO QUE LA REPRODUCCIÓN SEA EN SU LOCAL EL TAMBO: PSJE CAMPOS N° 143 - PUENTE PEATONAL - FRENTE PUERTA PRINCIPAL DE LA FERIA ANA INDECOPÍ (GP.04.1493)

SERVICIOS DE LABORATORIOS CIENTÍFICOS PARA EL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - GEOTÉCNIA, CONCRETO, ASFALTO, Y ENSAYOS ESPECIALES.

ESTUDIOS DE SUELOS, ROCAS, AGREGADOS, UNIDADES DE ALBAÑILERIA, MADERA, ACERO, DISEÑO DE MEZCLAS, CONCRETO, ENSAYOS HIDRÁULICOS EN AGUA, DESAGÜE, ENSAYOS DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE PUESTA A TIERRA, ETC.

RUC 20487134911
 CEL. 945510108



Anexo N° 03: Análisis de precios unitarios

Análisis de precios unitarios

Presupuesto 0102005 Aplicación de la bolsa de polietileno reciclado fundido reciclado en la estabilización de la subrasante de la provincia de Chupaca - Junín

Subpresupuesto 002 Tratamiento Fecha presupuesto 28/07/2020

Partida 01.01 Mejoramiento de subrasante con 4 % de BPF e=0.60 m

Rendimiento m2/DIA MO. 1,800.0000 FQ. 1,800.0000 Costo unitario directo por . m2 57.70

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio SI. | Parcial SI. |
|---------------------|--|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 010101004 | Oficial | hh | 2.0000 | 0.0089 | 18.44 | 0.16 |
| 010101005 | Peón | hh | 8.0000 | 0.0356 | 11.58 | 0.41 |
| 0.57 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 030101006 | Herramientas manuales | %mo | | 3.0000 | 0.57 | 0.02 |
| 0301100006002 | Rodillo liso vibratorio autopropulsado 7-9 ton | hm | 1.0000 | 0.0044 | 150.00 | 0.66 |
| 03012000010001 | Motoniveladora 130 -135 HP | hm | 1.0000 | 0.0044 | 150.00 | 0.66 |
| 0301220005 | Camión sistema | hm | 1.0000 | 0.0044 | 120.00 | 0.53 |
| 1.87 | | | | | | |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010106050110 | Procesamiento de bolsas recicladas | kg | | 32.7000 | 1.69 | 55.26 |
| 55.26 | | | | | | |

Partida 01.02 Mejoramiento de subrasante con 8 % de BPF e=0.60 m

Rendimiento m2/DIA MO. 1,800.0000 EQ. 1,800.0000 Costo unitario directo por . m2 131.42

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio SI. | Parcial SI. |
|---------------------|--|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 010101004 | Oficial | hh | 2.0000 | 0.0089 | 18.44 | 0.16 |
| 010101005 | Peón | hh | 8.0000 | 0.0356 | 11.58 | 0.41 |
| 0.57 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 030101006 | Herramientas manuales | %mo | | 3.0000 | 0.57 | 0.02 |
| 0301100006002 | Rodillo liso vibratorio autopropulsado 7-9 ton | hm | 1.0000 | 0.0044 | 150.00 | 0.66 |
| 03012000010001 | Motoniveladora 130 -135 HP | hm | 1.0000 | 0.0044 | 150.00 | 0.66 |
| 0301220005 | Camión sistema | hm | 1.0000 | 0.0044 | 120.00 | 0.53 |
| 1.87 | | | | | | |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010106050110 | Procesamiento de bolsas recicladas | kg | | 76.3200 | 1.69 | 128.98 |
| 128.98 | | | | | | |

Partida 01.03 Mejoramiento de subrasante con 12 % de BPF e=0.60 m

Rendimiento m2/DIA MO. 1,800.0000 EQ. 1,800.0000 Costo unitario directo por . m2 212.95

| Código | Descripción Recurso | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio SI. | Parcial SI. |
|---------------------|--|--------|-----------|----------|------------|-------------|
| Mano de Obra | | | | | | |
| 010101004 | Oficial | hh | 2.0000 | 0.0089 | 18.44 | 0.16 |
| 010101005 | Peón | hh | 8.0000 | 0.0356 | 11.58 | 0.41 |
| 0.57 | | | | | | |
| Equipos | | | | | | |
| 030101006 | Herramientas manuales | %mo | | 3.0000 | 0.57 | 0.02 |
| 0301100006002 | Rodillo liso vibratorio autopropulsado 7-9 ton | hm | 1.0000 | 0.0044 | 150.00 | 0.66 |
| 03012000010001 | Motoniveladora 130 -135 HP | hm | 1.0000 | 0.0044 | 150.00 | 0.66 |
| 0301220005 | Camión sistema | hm | 1.0000 | 0.0044 | 120.00 | 0.53 |
| 1.87 | | | | | | |
| Subpartidas | | | | | | |
| 010106050110 | Procesamiento de bolsas recicladas | kg | | 121.5800 | 1.69 | 210.51 |
| 210.51 | | | | | | |

Análisis de precios unitarios

| | | | | | | | |
|----------------|--|----------------|----------------|---------------------------------|-----------------|-------------------|------------------------------|
| Presupuesto | 0102005 Aplicación de la bolsa de polietileno reciclado fundido reciclado en la estabilización de la subrasante de la provincia de Chupaca - Junín | | | | | | |
| Subpresupuesto | 002 Tratamiento | | | | | | Fecha presupuesto 26/07/2020 |
| Partida | 01.04 Mejoramiento de subrasante con 15 % de BPF c=0.60 m | | | | | | |
| Rendimiento | m2/DIA | MO. 1,800.0000 | EQ. 1,800.0000 | Costo unitario directo por : m2 | | | 276.22 |
| Código | Descripción Recurso | | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio SI. | Parcial SI. |
| | Mano de Obra | | | | | | |
| 0101010004 | Oficial | | hh | 2.0000 | 0.0089 | 18.44 | 0.16 |
| 0101010005 | Peón | | hh | 8.0000 | 0.0366 | 11.58 | 0.41 |
| | | | | | | | 0.57 |
| | Equipos | | | | | | |
| 0301010008 | Herramientas manuales | | %mo | | 3.0000 | 0.57 | 0.02 |
| 03011000090002 | Rodillo liso vibratorio autopulsado 7-9 ton | | hm | 1.0000 | 0.0044 | 150.00 | 0.66 |
| 03012000010001 | Motoniveladora 130 -135 HP | | hm | 1.0000 | 0.0044 | 150.00 | 0.66 |
| 0301220005 | Camión cisterna | | hm | 1.0000 | 0.0044 | 120.00 | 0.53 |
| | | | | | | | 1.87 |
| | Subpartidas | | | | | | |
| 010106050110 | Procesamiento de bolsas recicladas | | kg | | 162.0000 | 1.69 | 273.78 |
| | | | | | | | 273.78 |

Análisis de precios unitarios de subpartidas

Presupuesto 0102005 Aplicación de la bolsa de polietileno reciclado fundido reciclado en la estabilización de la subrasante de la provincia de Chupaca - Junín
 Subpresupuesto 002 Tratamiento Fecha presupuesto 28/07/2020

| Partida | (010106050108-0102005-01) Recolección y limpieza de bolsas recicladas | | | | | | |
|-------------|---|-------------------|-----------|---------------------------------|----------|------------|-------------|
| Rendimiento | kg/DIA | MO 500.00 | EQ 500.00 | Costo unitario directo por : kg | | | 1.01 |
| Código | Descripción Recurso | Mano de Obra | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| 0101010005 | Peón | | hh | 1.0000 | 0.0190 | 11.58 | 0.19 |
| | | Materiales | | | | | 0.19 |
| 0290110008 | Bolsa de polietileno reciclado | | kg | | 1.0100 | 0.80 | 0.81 |
| | | Equipos | | | | | 0.81 |
| 0001010006 | Herramientas manuales | | %mo | | 3.0000 | 0.19 | 0.01 |
| | | | | | | | 0.01 |

| Partida | (010106050109-0102005-01) Incineración de bolsas de polietileno reciclado | | | | | | |
|-------------|---|-------------------|-----------|---------------------------------|----------|------------|-------------|
| Rendimiento | kg/DIA | MO 800.00 | EQ 800.00 | Costo unitario directo por : kg | | | 0.37 |
| Código | Descripción Recurso | Mano de Obra | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| 0101010005 | Peón | | hh | 1.0000 | 0.0100 | 11.58 | 0.12 |
| | | Materiales | | | | | 0.12 |
| 0201030002 | combustible | | glb | | 0.0100 | 15.00 | 0.15 |
| | | Equipos | | | | | 0.15 |
| 0301010006 | Herramientas manuales | | %mo | | 3.0000 | 0.12 | 0.00 |
| 0301220009 | Cámara de incineración | | hm | 1.0000 | 0.0100 | 10.00 | 0.10 |
| | | | | | | | 0.10 |

| Partida | (010106050110-0102005-01) Procesamiento de bolsas recicladas | | | | | | |
|--------------|--|--------------------|-----------|---------------------------------|----------|------------|-------------|
| Rendimiento | kg/DIA | MO 400.00 | EQ 400.00 | Costo unitario directo por : kg | | | 1.69 |
| Código | Descripción Recurso | Mano de Obra | Unidad | Cuadrilla | Cantidad | Precio S/. | Parcial S/. |
| 0101010005 | Peón | | hh | 1.0000 | 0.0200 | 11.58 | 0.23 |
| | | Equipos | | | | | 0.23 |
| 0301010006 | Herramientas manuales | | %mo | | 3.0000 | 0.23 | 0.01 |
| | | | | | | | 0.01 |
| | | Subpartidas | | | | | |
| 010106050109 | Incineración de bolsas de polietileno reciclado | | kg | | 1.0500 | 0.37 | 0.39 |
| 010106050108 | Recolección y limpieza de bolsas recicladas | | kg | | 1.0500 | 1.01 | 1.06 |
| | | | | | | | 1.45 |

Anexo N° 04: Certificados de calibración

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 371 - 2019***Área de Metrología
Laboratorio de Longitud*

Página 1 de 3

| | | |
|--|--|---|
| 1. Expediente | 190867 | Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). |
| 2. Solicitante | KLAFFER S.A.C. | |
| 3. Dirección | Cal. Real N° 445, Chilca - Huancayo - JUNIN | |
| 4. Instrumento de Medición | COMPARADOR DE CUADRANTE (DIAL) | Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. |
| Alcance de indicación | 0 mm a 25 mm | |
| División de Escala / Resolución | 0,01 mm | |
| Marca | BAKER | |
| Modelo | J08A | |
| Número de Serie | N7271 (*) | |
| Procedencia | U.S.A. | |
| Identificación | NO INDICA | |
| Tipo de indicación | ANALÓGICO | |
| 5. Fecha de Calibración | 2019-09-30 | El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2019-09-30


JUAN C. QUISPE MORALES


Metrología & Técnicas S.A.C.

Av. San Diego de Alcalá 86 F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
T.M. - 75171 240 0000correo: metrologia@metrologiatecnicas.com
www.metrologiatecnicas.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 371 - 2019*Área de Metrología*
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del SNM-INDECOPI, Segunda Edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Longitud de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 20,7 °C | 20,7 °C |
| Humedad Relativa | 69,7 % | 69,7 % |

9. Patrones de Referencia

| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado/Informe de calibración |
|---|--|------------------------------------|
| BLOQUES PATRÓN (Grado K) 170439001 | BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Modelo 4100-47 | DM / INACAL LLA-C-091-2018 |
| COMPARADOR MECÁNICO DE BLOQUES: LLA-138-2018 | | |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- (*) Serie grabado en el instrumento.



Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 371 - 2019

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN (f_0)

| VALOR PATRÓN (mm) | INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm) | ERROR DE INDICACIÓN (μm) |
|------------------------|--|---|
| 2,500 | 2,500 | 0 |
| 5,000 | 5,000 | 0 |
| 7,500 | 7,501 | 1 |
| 10,000 | 10,000 | 0 |
| 12,500 | 12,501 | 1 |
| 15,000 | 15,000 | 0 |
| 17,500 | 17,501 | 1 |
| 20,000 | 20,000 | 0 |
| 22,500 | 22,501 | 1 |
| 25,000 | 25,002 | 2 |

Alcance del error de indicación (f_0) : 2 μm

Incertidumbre del error de indicación : $\pm 3 \mu\text{m}$ para ($k=2$)

ALCANCE DEL ERROR DE REPETIBILIDAD (f_w)

| VALOR PATRÓN (mm) | INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm) | ERROR DE INDICACIÓN (μm) |
|------------------------|--|---|
| 25,000 | 25,002 | 2 |
| | 25,002 | 2 |
| | 25,002 | 2 |
| | 25,002 | 2 |
| | 25,002 | 2 |

Error de Repetibilidad (f_w) : 0 μm

Incertidumbre del error de indicación : $\pm 3 \mu\text{m}$ para ($k=2$)



12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

FICHA TECNICA
TRIPODE DE EXPANSION PARA CBR CON DIAL
MANUFACTURADO POR
TECNICAS CP S.A.C.
EQUIPOS DE LABORATORIO

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO:

El equipo ha sido fabricado en fundición de aluminio y de acuerdo con las especificaciones de la norma: ASTM D- 1883

ESPECIFICACIONES:



| | |
|-------------------------------------|---------|
| Modelo | TCP-095 |
| TRIPODE | |
| Altura | 50.8 mm |
| Distancia entre soportes | 152 mm |
| DIAL | |
| Rango | 25 mm |
| División | 0.01 mm |

Este certificado se emite como una declaración del hecho de que en esta fecha el instrumento tiene una precisión como se indica. No debe interpretarse ni considerarse como una garantía o garantía de ningún tipo (en favor del cliente, de los clientes o del público en general) que el (los) instrumento (s) seguirá(n) manteniendo el mismo porcentaje (%), de exactitud o eficiencia, tal como se detalla en la ficha, cuando la calibración y los ajustes, si es necesario, fueron realizados e intervenidos por: TECNICAS CP S.A.C, ya que la calibración no tiene absolutamente ningún control sobre la operación futura, daños o pérdidas sufridos por todas las partes. Del deterioro, de la obsolescencia, del mal funcionamiento, o de la sub-ejecución estándar de dicho instrumento (s) que se considerará y que seguirá siendo la única responsabilidad del usuario, propietario y / o fabricante del equipo.



ANGEL ROBLES ORELLANA
INGENIERO INDUSTRIAL
No. de Colegiación Profesional N° 3784

Ing. Angel Robles Orellana



TECNICAS CP
S.A.C.



Metrotest
LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACION

CFM-92-2020
Pág. 1 de 3

OBJETO DE PRUEBA

MÁQUINA DE ENSAYOS MARSHALL - CBR

Rangos
Dirección de carga
FABRICANTE
Modelo
Serie
Celda de carga
Ubicación
Codigo identificación
Norma utilizado
Intervalo calibrado

Temperatura de prueba °C
Inspeccion general

5 000 Kgf
Ascendente
PINZUAR
PS-25
NO INDICA
NO INDICA
Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L.
CM-245 (*)
ASTM E4 // ISO 7500-1
Escala (s) 5000 kgf
De 500 a 4500 kgf 10% A 100%
Inicial 25.6 Final 25.6
La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento

Solicitante
Dirección
Ciudad

KLAFER
CALLE REAL 445 CHILCA
HUANCAYO

PATRON(ES) UTILIZADOS(S)

Tipo / Modelo PS-25M
No. Serie 106 - 7557
Certif. de calibr. INF-LE 54-04B PUCP

Unidades de medida

Sistema Internacional de Unidades (SI)

FECHA DE CALIBRACION
FECHA DE EMISION

24/02/2020
24/02/2020

FIRMAS AUTORIZADAS



Jesus Quiroz C.
Jesus Quiroz C.



Metrotest

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION

CFM-092-2020

Método de calibración:

FUERZA INDICADA CONSTANTE

Pág. 2 de 3

DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA: 042 m Resolución: 0,05 kN Dirección de la carga Ascendante
 5 000 kgf 0,005 kgf Factor de conversión 0,0098 $\frac{kgf}{N}$

| Indicación de la máquina (F) | Indicaciones del patrón (series de mediciones) | | | | | | Accesorios |
|------------------------------|--|------|-------|-------|-----------|-------|------------|
| | % | kN | kgf | 0° | 120° | 240° | |
| 10 | 4,90 | 100 | 4,92 | 4,92 | No aplica | 4,91 | No aplica |
| 20 | 9,81 | 2000 | 9,77 | 9,75 | No aplica | 9,77 | No aplica |
| 30 | 14,71 | 3000 | 14,66 | 14,63 | No aplica | 14,68 | No aplica |
| 40 | 19,61 | 4000 | 19,55 | 19,56 | No aplica | 19,56 | No aplica |
| 50 | 24,52 | 5000 | 24,47 | 24,46 | No aplica | 24,46 | No aplica |
| 60 | 29,42 | 6000 | 29,36 | 29,36 | No aplica | 29,37 | No aplica |
| 70 | 34,32 | 7000 | 34,27 | 34,27 | No aplica | 34,28 | No aplica |
| 80 | 39,23 | 8000 | 39,23 | 39,24 | No aplica | 39,24 | No aplica |
| 90 | 44,13 | 9000 | 44,14 | 44,15 | No aplica | 44,15 | No aplica |
| Indicación después de carga | 000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | No aplica |

ESCALA: 001,01 kN Incertidumbre del patrón: 0,097 %

| Indicación de la máquina (F) | Cálculo de errores relativos | | | | Accesorios | Resolución |
|------------------------------|------------------------------|-------|-------|------------|------------|----------------|
| | % | kN | kgf | Resolución | | |
| 30 | 4,9 | 100 | 0,35 | 0,20 | No aplica | 0,39 |
| 20 | 9,81 | 2000 | 0,45 | 0,20 | No aplica | 0,65 |
| 30 | 14,71 | 3000 | 0,64 | 0,20 | No aplica | 0,34 |
| 40 | 19,61 | 4000 | 0,29 | 0,05 | No aplica | 0,27 |
| 50 | 24,52 | 5000 | 0,26 | 0,04 | No aplica | 0,22 |
| 60 | 29,42 | 6000 | 0,21 | 0,03 | No aplica | 0,19 |
| 70 | 34,32 | 7000 | 0,11 | 0,03 | No aplica | 0,15 |
| 80 | 39,23 | 8000 | 0,09 | 0,02 | No aplica | 0,13 |
| 90 | 44,13 | 9000 | 0,04 | 0,02 | No aplica | 0,1 |
| Error de cero fo (%) | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | No aplica | Err max 0 =000 |

FIRMAS AUTORIZADAS



[Handwritten Signature]
 JESÚS GUTIÉRREZ



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM-092-2020

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE

MÁQUINA DE ENSAYOS MARSHALL - CBR

Errores relativos máximos absolutos hallados

| | | | | | |
|-------------------------|-------|-----------|---------------------|--|-----------------|
| ESCALA | 5 000 | kgf | | | |
| Error de exactitud | | 0,47 % | Error de cero | | 0 |
| Error de repetibilidad | | 0,20 % | Error por accesorio | | 0% |
| Error de Reversibilidad | | No aplica | Resolución | | 0,30 En el 20 % |

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica colombiana NTC - ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica en :

ESCALA 5 000 kgf Ascendente.

TRAZABILIDAD

METROTEST E.I.R.L. asegura el mantenimiento y trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados y certificados por la Pontificia Universidad Católica de Perú y la SNM INDECOPI

OBSERVACIONES

1. Las cartas de calibración sin las firmas no tienen validez.
2. El usuario es responsable de la re calibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso, A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1)
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes" (ISO 7500-1).
4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas No podrá ser producido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Los resultados contenidos parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.

(*) Código asignado por METROTEST E.I.R.L.

FIRMAS AUTORIZADAS



Jesús Quinto C
Jesús Quinto C



Metrotest
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración
Calibration Certificate

LM-098-2020
Laboratorio de Masa

Página 1 de 2

Página 1 de 2

Solicitante KLAFER SAC.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el sistema internacional de Unidades (SI).

Customer HUANCAYO

Objeto - Fabricante ESTUFA
Objeto - Manufacturer

Tipo Modelo PS - H1
Type Model

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento de ejecución de una recalibración.

Temperatura de Trabajo 110 ° C
Temperature Work

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Ventilación NATURAL
Ventilation

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Fecha de calibración 2020-02-27
Date of calibration

This Calibration certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

Lugar de Calibración Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L.
Calibration Site

The measurement are valid at the time of calibration. The applicant is responsible for arranging a recalibration in due course of time.

Expediente 012
Order N°

This calibration certificate can not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory.

Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Fecha
Date

Jefe del Laboratorio de calibración
Head of the calibration laboratory

Sello
Seal

Jesús Quinto C.





Metrotest

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

LM-098-2020
Laboratorio de Masa

Página 1 de 2.

Página 1

Método de Calibración

Calibration method

La calibración se realizó según el método descrito en el PC -019 del SNM - INDECOPI. "Procedimientos para la calibración de baños termostáticos".

Para la calibración se ha tomado como referencia el Método de comparación entre las indicaciones de lectura del termómetro controlador del equipo a calibrar con termómetro patrón con 10 termopares.

Instrumento de medición:

Instrument of measure

| Nombre | Marca Modelo | Código | Rango de calibración | División Mínima | Tipo de calibración |
|------------------------|--------------|----------------|----------------------|-----------------|---------------------|
| Termómetro Controlador | THOLZ | Defla DTO 4848 | 0 °C a 350 °C | 1 °C | Digital |

Observaciones

Comments

De la evaluación de los resultados se puede concluir que el equipo se encuentra APTO PARA SU USO. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.

Fin del documento





Metrotest
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración
Calibration Certificate

LM-099-2020
Laboratorio de Masa

Página 1 of 3

Página 1 de 3

| | |
|---|--|
| Solicitante Customer | KLAFER SAC Calle Real N° 445 Chica Huancayo. |
| Objeto - Fabricante Objeto- Manufacturer | BALANZA - OHAUS |
| Tipo Modelo Type Model | CS200 Electronica |
| Capacidad Máxima Capacity max. | 30 0000 gr |
| División de escala,d Actual scale interval,d | 0,1 g |
| Div.de verificación,e Verification scale interval,e | 0.1 g |
| Clase de exactitud Accuracy class | II |
| Capacidad mínima Order N° | 0,1 g |
| Identificación Identificación | No indica |
| Fecha de Calibración Date of calibration | 2020-02-27 |
| Lugar de calibración Calibration site | Lab. Fuerza de Metrotest E.I.R.L. |
| Numero de Páginas Number of pages the certificate | 3 |
| Expediente Order N° | : 011 |

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el sistema internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento de ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

This Calibration certificate documents the traceability to national e international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The measurement are valid at the time of calibration. The applicant is responsible for arranging a recalibration in due course of time.

This calibration certificate can not be reproduced other than in full except with the permission of the issuing laboratory.

Calibration certificates without signature and seal are not valid.

Fecha
Date

Jefe del Laboratorio de calibración
Head of the calibration laboratory

Sello
Seal

Jesús Quintero C.





Metrotest

LABORATORIO DE METROLOGIA

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

LM-0099-2020
Laboratorio de Masa

Página 2 of 3

Página 2 de 3

Método de Calibración
Calibration method

La calibración se realizó según el método descrito en el PC -019 del SNM - INDECOPI Edición tercera.

Calibration was performed as described in the pc-011 SNM- Indecopi. Third edition.
Trazabilidad
Traceability

Se utilizaron patrones calibrados en el SNM/INDECOPI, con certificados de calibración: LM-1200-2010

Resultados (results)

INSPECCION VISUAL

| Item | TIENE | ESCALA | NO TIENE |
|------------------|-------|------------|----------|
| AJUSTE DE CERO | TIENE | NO TIENE | |
| OSCILACION LIBRE | TIENE | CURSOR | NO TIENE |
| PLATAFORMA | TIENE | NIVELACION | NO TIENE |
| SISTEMA DE TRABA | TIENE | | |

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Temperatura | | Inicial 16,8 °C | | | Final 16,8 °C | | |
|-------------|------------------|-----------------|-------|------------------|---------------|-------|--|
| Medición N° | Carga L1 = 100 g | | | Carga L2 = 200 g | | | |
| | L (g) | AL (g) | E (g) | L (g) | AL (g) | E (g) | |
| 1 | 100,0 | 0,07 | -0,02 | 199,9 | 0,06 | -0,10 | |
| 2 | 100,0 | 0,07 | -0,02 | 199,9 | 0,05 | -0,10 | |
| 3 | 100,0 | 0,07 | -0,02 | 199,9 | 0,06 | -0,10 | |
| 4 | 100,0 | 0,07 | -0,02 | 199,9 | 0,05 | -0,10 | |
| 5 | 100,0 | 0,07 | -0,02 | 199,9 | 0,06 | -0,10 | |
| 6 | 100,0 | 0,07 | -0,02 | 199,9 | 0,05 | -0,10 | |
| 7 | 100,0 | 0,07 | -0,02 | 199,9 | 0,06 | -0,10 | |
| 8 | 100,0 | 0,07 | -0,02 | 199,9 | 0,05 | -0,10 | |
| 9 | 100,0 | 0,07 | -0,02 | 199,9 | 0,05 | -0,10 | |
| 10 | 100,0 | 0,07 | -0,02 | 199,9 | 0,06 | -0,10 | |

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

| Temperatura | | Inicial 16,8 °C | | Final 16,7 °C | |
|-------------|---|------------------------|--|---------------|--|
| 2 | 5 | Posición de las Cargas | | | |
| 3 | 1 | | | | |
| | 4 | | | | |

| Posición De la Carga | Determinación del Error en Cero E0 | | | | Determinación de Error Completo E0 | | | | |
|----------------------|------------------------------------|-------|--------|--------|------------------------------------|-------|--------|-------|--------|
| | Carga Mínima | L (g) | AL (g) | E0 (g) | Carga | L (g) | AL (g) | E (g) | E0 (g) |
| 1 | 10 | 1,0 | 0,07 | -0,02 | 50 | 50,0 | 0,06 | -0,01 | 0,01 |
| 2 | | 1,0 | 0,07 | -0,02 | | 50,0 | 0,06 | -0,01 | 0,01 |
| 3 | | 1,0 | 0,07 | -0,02 | | 50,0 | 0,06 | -0,01 | 0,01 |
| 4 | | 1,0 | 0,07 | -0,02 | | 50,0 | 0,06 | -0,01 | 0,01 |
| 5 | | 1,0 | 0,07 | -0,02 | | 50,0 | 0,06 | -0,01 | 0,01 |





Certificado de Calibración
Calibration Certificate

LM-099-2020
Laboratorio de Masa

ENSAYO DE PESAJE
Temperatura

| CARGA | Inicial 16,7 °C | | | | Final 16,8 °C | | | |
|-------|-----------------|-------|-------|-------|---------------|-------|-------|-------|
| | L(g) | AL(g) | E(g) | Ec(g) | R(g) | AL(g) | E(g) | EC(g) |
| 5.0 | 5.0 | 0.08 | -0.03 | 0.00 | 5.0 | 0.01 | 0.04 | 0.07 |
| 10.0 | 10.0 | 0.08 | -0.03 | 0.00 | 10.0 | 0.01 | 0.04 | 0.07 |
| 20 | 20.0 | 0.08 | -0.03 | 0.00 | 20.0 | 0.01 | 0.04 | 0.07 |
| 30 | 30.0 | 0.08 | -0.03 | 0.00 | 30.0 | 0.01 | 0.04 | 0.07 |
| 50 | 50.0 | 0.08 | -0.03 | 0.00 | 50.0 | 0.01 | 0.04 | 0.07 |
| 80 | 80.0 | 0.08 | -0.03 | 0.00 | 80.0 | 0.01 | 0.04 | 0.07 |
| 100 | 100.0 | 0.08 | -0.03 | 0.00 | 99.9 | 0.01 | -0.06 | -0.03 |
| 150 | 100.0 | 0.08 | -0.03 | 0.00 | 99.9 | 0.01 | -0.06 | -0.03 |
| 200 | 149.9 | 0.08 | -0.13 | -0.10 | 149.9 | 0.01 | -0.06 | -0.03 |

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
 AL: Carga adicional.
 E: Error encontrado.
 Ec: Error en cero.
 Ec: Error corregido.

Incertidumbre de medición $U = 2 \times \sqrt{ (0.0021108 + 3.98E-10 R^2) }$
 Lectura corregida $K \text{ corregida} = R + 3.54E-04$

Evaluación de los resultados
 Evaluation of results
 Ensayo de repetibilidad : Error máximo permisible \geq E carga L1, E carga L2
 Ensayo de excentricidad : Error máximo permisible \geq Ec excentricidad
 Ensayo de pesaje : Error máximo permisible \geq Ec pesaje

Observaciones
 Comments
 De la evaluación de los resultados se puede concluir que el equipo se encuentra APTO PARA SU USO.
 Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



Fin del documento

document order

Anexo N° 05: Panel fotográfico



Fotografía 1. Extracción de muestra de la progresiva 3+000.



Fotografía 2. Cámara de incineración de las bolsas de polietileno fundido reciclado.



Fotografía 3. Extracción de las bolsas de polietileno fundido.



Fotografía 4. Bloque de polietileno fundido reciclado, listo para su procesamiento.



Fotografía 5. Trituración mecánica de las bolsas de polietileno fundido reciclado.



Fotografía 6. Material listo para el proceso de granulometría.



Fotografía 7. Análisis granulométrico de las muestras.



Fotografía 8. Preparación de las muestras para el límite líquido.



Fotografía 9. Ensayo del límite líquido de las muestras.



Fotografía 10. Ejecución del ensayo del límite plástico de las muestras.



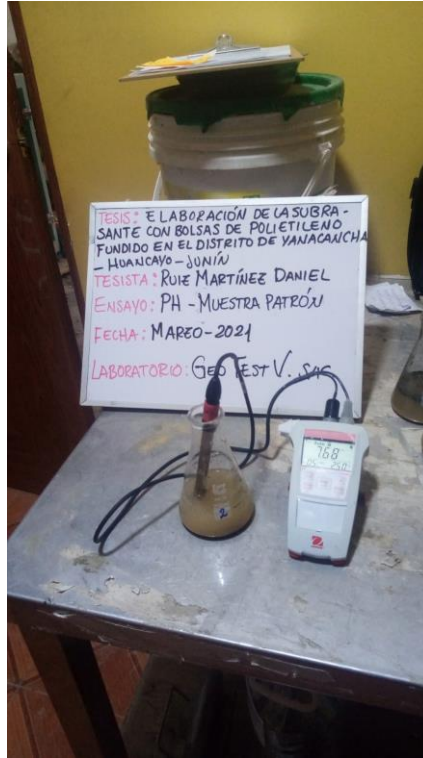
Fotografía 11. Ejecución del ensayo de Proctor.



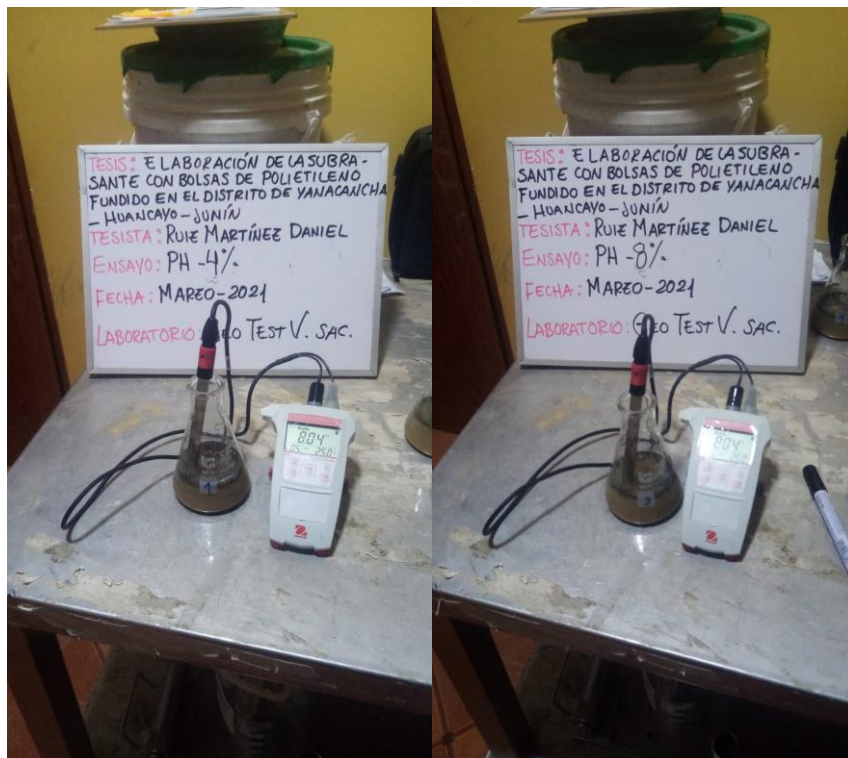
Fotografía 12. Medición de la expansión de las muestras de suelo analizadas.



Fotografía 13. Preparación de muestra para el ensayo de CBR.



Fotografía 14. Medición del potencial de hidrógeno del suelo patrón.



Fotografía 15. Medición del potencial de hidrógeno del suelo con 4 % y 8 % de BPF.



Fotografía 16. Medición del potencial de hidrógeno del suelo con 12 % y 15 % de BPF.