

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**Influencia técnica económica y ambiental de la estabilización
de suelos arcillosos-vías de Azapampa, mediante desechos
poliméricos y cal**

**Para optar : El Grado Académico de Maestro en
Ingeniería Civil, Mención: Ingeniería de
Transportes**

Autor (a) : Bach. Soledad Yanina Porta Romero

Asesor (a) : PhD. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed

**Línea de investigación : Transporte y urbanismo
Institucional**

Fecha de inicio/término : 31-07-2019/ 05-04-2023

Huancayo - Perú -2023

JURADOS DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Dr. Aguedo Alvino Bejar Mormontoy
Presidente

Mg. Alcides Luis Fabián Bráñez
Miembro

Mtro. Jesús Idén Cárdenas Capcha
Miembro

Mg. David Ramos Piñas
Miembro

Dr. Manuel Silva Infantes
Secretario Académico

ASESOR:

PhD. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed

DEDICATORIA:

A manera de un sencillo gesto de agradecimiento y por el profundo amor, respeto y admiración que siento por ella, esta investigación de grado, se la dedico a mi madre Victoria Romero Bautista, porque no soy yo, es ella la fuerza que dirige cada segundo de mi vida, es ella quien me prodigó valores, principios, carácter y perseverancia, es ella la que a pesar de no estar aquí resuelve mis dudas, corrige mis errores y abraza mi alma; y lo más importante es ella quien me enseñó que el amor que cala mentes y corazones no muere en el tiempo.

-----soledad-----

AGRADECIMIENTO

A Dios por dotarme de salud, sabiduría y fortaleza y acompañarme en cada problema o reto que me toca enfrentar.

A mi madre Victoria Romero Bautista, por haberme dado todo, por su paciencia y compresión en la formación de mi carácter y por su infinito amor que hoy vitaliza mi ser.

A la Escuela de Posgrado de la Universidad Peruana Los Andes, a los profesionales que la dirigen, a la plana docente y al personal administrativo, por haberme brindado una estadía académica a la altura de esta digna institución.

Al Ph.D. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed, mi Asesor, un agradecimiento enorme por haberme permitido recurrir a su capacidad y a su valiosa experiencia profesional para cumplir con el objetivo de esta investigación; así mismo agradecer su atención accesible, generosa y tan profesional de lo cual me llevo una gran lección.

A mi familia en general, a los que verdaderamente me aprecian y me dan energías positivas y son los que gozan con cada uno de mis logros.

La Autora.



UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

Escuela de Posgrado

CONSTANCIA

DE SIMILITUD DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN POR EL SOFTWARE DE PREVENCIÓN DE PLAGIO Y TURNITIN

La Dirección de la Escuela de Posgrado, hace constar por la presente, que la tesis titulada:

**Influencia técnica económica y ambiental de la estabilización de suelos
arcillosos-vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal**

Cuyo autor : BACH. SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO

Asesor : Ph D. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed

Que fue presentado con fecha 16.06.2023 y después de realizado el análisis correspondiente en el software de prevención de plagio Turnitin con fecha 21.06.2023 con la siguiente configuración del software de prevención de plagio Turnitin:

- Excluye bibliografía
- Excluye citas
- Excluye cadenas menores a 15 palabras
- Otro criterio (se excluyeron fuentes)

Dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 20%**

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecido en el artículo N° 11 del Reglamento de uso de software de prevención del plagio, el cual indica que no se debe superar el 25%. Se declara, que el trabajo de investigación: Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.

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




Dr. Aguedo Alvaro Bejar Mormontoy
Director de la Escuela de Posgrado

Huancayo, 21 de junio de 2023

964256181 - 064232776



direccion_ep@upla.edu.pe

Av. Giraldex N° 741
Huancayo - Junín



Contenido

DEDICATORIA:.....	4
AGRADECIMIENTO	4
CONTENIDO DE TABLAS	10
CONTENIDO DE FIGURAS	14
RESUMEN	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN.....	16
Capítulo I	18
1 Problema de Investigación	18
1.1 Planteamiento del Problema	18
1.2 Delimitación del problema	19
1.2.1 Espacial.....	19
1.2.2 Temporal.....	19
1.2.3 Económica	20
1.3 Formulación del Problema.....	20
1.3.1 Problema General	20
1.3.2 Problema Específico	20
1.4 Justificación.....	20
1.4.1 Justificación social.....	20
1.4.2 Justificación teórica	21
1.4.3 Justificación metodológica	21
1.5 Objetivos.....	22

1.5.1 Objetivo General.....	22
1.5.2 Objetivos Específicos	22
Capítulo II.....	23
2 Marco Teórico	23
2.1 Antecedentes del Estudio	23
2.1.1 Antecedentes Nacionales	23
2.1.2 Antecedentes Internacionales	28
2.2 Bases Teóricas o Científicas.....	33
2.2.1 Suelos Arcillosos y su Estabilización.....	33
2.3 Marco Conceptual.....	61
Capítulo III	64
3 Hipótesis	64
3.1 Hipótesis General	64
3.2 Hipótesis Específica	64
3.3 Variables.....	64
3.3.1 Definición Conceptual de las Variables	64
3.3.2 Definición Operacional de las Variables	65
Capítulo IV	65
4 Metodología.....	66
4.1 Método de investigación.....	66
4.2 Tipo de Investigación	66
4.3 Nivel de Investigación	66
4.4 Diseño de la Investigación.....	66

4.5 Población y Muestra	67
4.5.1 Población	67
4.5.2 Muestra	67
4.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	67
4.6.1 Métodos y Técnicas	67
4.6.2 Instrumentos de Recolección de Datos.....	68
4.7 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	69
4.7.1 Técnicas de Procesamiento de datos	69
4.7.2 Técnicas de Análisis de Datos	70
4.7.3 Conceptos Metodológicos de la Investigación	70
4.8 Aspectos Éticos de la Investigación	86
Capítulo V	88
5 Resultados.....	88
5.1 Descripción de Resultados.....	88
5.1.1 Resultado de ensayos preliminares del suelo (propiedades físicas y mecánicas).....	88
5.1.2 Ensayo PROCTOR.....	92
5.1.3 Ensayo CBR	93
5.1.4 Evaluación económica.....	102
5.1.5 Evaluación ambiental	107
5.2 Contrastación de Hipótesis	109
5.2.1 Contrastación de la Hipótesis General.....	109
5.2.2 Contrastación Hipótesis Específica nula y alternativa	110
Análisis y Discusión de Resultados.....	113

Conclusiones.....	116
Conclusión General	116
Conclusiones Específicas	116
Recomendaciones	117
Referencias Bibliográficas.....	118

Anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia

Anexo 2: Operacionalización de variables

Anexo 3: Instrumentos de recolección de datos

Anexo 4: Proceso de validación y confiabilidad de instrumentos de recolección de datos

Anexo 5: certificado de ensayos de laboratorio

Anexo 6: fotos

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación de Suelos Según Tamaños de sus Partículas -----	33
Tabla 2 Diferencias Entre Suelos Gruesos y Suelos Finos-----	34
Tabla 3 Grado de expansividad en función de distintas propiedades geotécnicas. -----	40
Tabla 4 Tipos de plástico (código), propiedades y usos-----	53
Tabla 5 Compracion de propiedades entre el PET virgen y PET reciclado -----	55
Tabla 6 Definición operacional de las variables -----	65
Tabla 7 Número de calicatas para pavimentos urbanos por tipo de vía-----	68
Tabla 8 Métodos de compactación (proctor modificado) -----	75
Tabla 9 Penetración a considerar en el ensayo-----	76
Tabla 10 Penetración vs presión -----	77
Tabla 11 Criterios de evaluación -Matriz de Leopld-----	82
Tabla 12 Matriz de Leopold -----	86
Tabla 13 Granulometría de calicatas -----	88
Tabla 14 Tipo de material en porcentaje-----	89
Tabla 15 Contenido de humedad -----	90
Tabla 16 Características plásticas del suelo -----	90
Tabla 17 Clasificación SUCS y AASHTO -----	91
Tabla 18 Ensayo Proctor suelo Natural -----	92
Tabla 19 Ensayo Proctor suelo + cal -----	92
Tabla 20 Ensayo CBR de suelo natural (C1)-----	93
Tabla 21 Ensayo CBR de suelo natural (C2)-----	94

Tabla 22 Ensayo CBR de suelo + 1% de polímero (C1) -----	95
Tabla 23 Ensayo CBR de suelo + 1.5 % de polímero (C1) -----	95
Tabla 24 Ensayo CBR de suelo + 2 % de polímero (C1) -----	96
Tabla 25 Ensayo CBR de suelo + 1 % de polímero (C2) -----	96
Tabla 26 Ensayo CBR de suelo + 1.5 % de polímero (C2) -----	97
Tabla 27 Ensayo CBR de suelo + 2 % de polímero (C2) -----	97
Tabla 28 Porcentaje óptimo para CBR Máximo-----	98
Tabla 29 CBR con polímero cuadrado (C1)-----	98
Tabla 30 CBR con polímero alargado (C1) -----	99
Tabla 31 CBR con polimero cuadrado (C2)-----	99
Tabla 32 CBR con polímero alargado (C2) -----	100
Tabla 33 -----	100
Tabla 34 -----	101
Tabla 35 CBR de suelo + cal + polímero -----	101
Tabla 36 Matriz de evaluación económica -----	102
Tabla 37 -----	103
Tabla 38 Espesor de las capa de pavimento flexible (CBR: 18.1%)-----	103
Tabla 39 Espesor de las capa de pavimento flexible (CBR: 19.39%)-----	103
Tabla 40 Cálculo del espesor de la subrasante a mejorar (CBR: 5.84%) -----	104
Tabla 41 Cálculo del espesor de la subrasante a mejorar (CBR: 18:10%)-----	104
Tabla 42 Cálculo del espesor de la subrasante a mejorar (CBR: 19.39%)-----	105
Tabla 43 Espesores de las capas de un pavimento para los diferentes CBRs -----	106
Tabla 44 Costos de material de las capas para los diferentes CBRs -----	107

Tabla 45 Matriz de evaluación de impacto ambiental -----	109
Tabla 46 Cálculo de normalidad -----	110
Tabla 47 Prueba de hipótesis -----	111

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1 Imagen del Jr. Arequipa (arriba) y Av. Alfonso Ugarte (abajo) - realidad de las vías con suelo arcilloso	19
Figura 2 Curva Granulométrica de un Suelo	35
Figura 3 Muestras de arcillas de distintos colores.....	36
Figura 4 Imágenes microscópicas de distintos suelos arcillosos, illita (izquierda) y montmorillonita (derecha).	37
Figura 5 Absorción de agua por ósmosis	39
Figura 6 Daños en edificios (izquierda) y pavimentos (derecha) por arcillas expansivas	40
Figura 7 Arcilla floculada con cal	48
Figura 8 Composición De Residuos Sólidos, 2011	58
Figura 9 Esquema general del manejo de los envases usados de PET	60
Figura 10 Diseño de la Investigación	67
Figura 11 Etapas del procesamiento de datos.....	69

RESUMEN

Las obras viales fundadas sobre suelo arcilloso, sufren graves complicaciones si estos suelos no reciben una estabilización adecuada; por esta razón, desde épocas pasadas se ha puesto mucha atención en el descubrimiento de nuevos materiales estabilizantes y hoy en día, la contaminación que aqueja a nuestro planeta nos ha puesto como reto encontrar estabilizantes que sean ecoamigables, como es el caso de los desechos poliméricos. Existen varias alternativas de solución para mejorar un suelo arcilloso; sin embargo, algunos de estos métodos demanda gran inversión económica y los recursos naturales son sobreexplotados alterándose así el ecosistema. Con el interés de aportar conocimientos en el área de geotecnia vial- estabilización de suelos, y cooperar con el cuidado del medio ambiente nace la idea de esta investigación que tiene por objetivo evaluar la influencia técnica económica y ambiental al estabilizar suelos arcillosos, con desechos poliméricos y cal, esta evaluación se realiza en las vías de Azapampa- Huancayo. La evaluación técnica se realizó a través de ensayos de CBR, para la evaluación económica se analizó los costos en materiales y otros que demanda ejecutar un 1km de pavimento flexible y la evaluación ambiental se realizó por el método de matriz de Leopold. Concluyendo que: el uso de polímeros en la estabilización de suelos arcillosos, técnicamente es poco favorable, económicamente y ambientalmente es muy favorable; mientras que la cal, técnicamente es muy favorable, económicamente muy desfavorable y ambientalmente desfavorable y la combinación de ambos aditivos, técnicamente es muy favorable, económicamente muy desfavorable.

Palabras clave: Estabilización de suelos arcillosos, mediante desechos poliméricos, cal.

ABSTRACT

Road works founded on clayey soil suffer serious complications if these soils do not receive adequate stabilization; For this reason, since the past, much attention has been paid to the discovery of new stabilizer materials and today, the pollution that afflicts our planet has challenged us to find stabilizers that are eco-friendly, as is the case with polymeric waste. There are several solution alternatives to improve a clayey soil; however, some of these methods demand a large economic investment and natural resources are overexploited, thus altering the ecosystem. With the interest of contributing knowledge in the area of road geotechnics-soil stabilization, and cooperating with the care of the environment, the idea of this research was born, whose objective is to evaluate the technical, economic and environmental influence of stabilizing clayey soils, with polymeric waste. and lime, this evaluation is carried out on the Azapampa-Huancayo roads. The technical evaluation was carried out through CBR tests, for the economic evaluation the costs in materials and others that demand to execute a 1km of flexible pavement were analyzed and the environmental evaluation was carried out by the Leopold matrix method. Concluding that: the use of polymers in the stabilization of clayey soils is technically unfavorable, economically and environmentally it is very favorable; while lime is technically very favourable, economically very unfavorable and environmentally unfavorable and the combination of both additives is technically very favourable, economically very unfavorable.

Keywords: Stabilization of clayey soils, through polymeric waste, lime.

INTRODUCCIÓN

En la construcción de vías terrestres, es una constante tener que lidiar con problemas relacionados a la inestabilidad de suelos, en este contexto la estabilización de suelos es una técnica ampliamente utilizada para mejorar los diversos requerimientos y obtener un comportamiento esfuerzo-deformación idóneo de los mismos, para de esta forma garantizar la estabilidad de la estructura que se coloque sobre ellos. El suelo se estabiliza generalmente para mejorar su resistencia al esfuerzo cortante, lograr una estabilidad volumétrica a la presencia de agua o usencia del mismo, la compresibilidad o deformabilidad, entre otros aspectos. A lo largo de los años se han evaluado muchos estabilizadores de suelos expansivos tales como: cal, productos asfálticos, cemento portland, resinas poliméricas, ácidos orgánicos, sales, cenizas, fibras de animales, etc.

En esta investigación, se propone un método de estabilizar suelos arcillosos (suelos expansivos) con desechos poliméricos y cal. El suelo que se valúa su estabilización son las vías de Azapampa, los desechos poliméricos son plásticos o envases de bebidas reciclados cortadas. De manera independiente se evalúa estos dos estabilizadores y su impacto técnico económico y ambiental, así mismo se analiza la combinación polímero-cal con el fin de conocer el porcentaje idóneo que técnicamente resulte favorable.

Capítulo I

Problema de Investigación

1.1 Planteamiento del Problema

Sabemos que la pavimentación de las vías mejora sustancialmente la calidad de vida de las comunidades. Al realizar estas obras muchas veces nos enfrentamos con terrenos de fundación complicados (suelos arcillosos) como es el caso de las vías de Azapampa-Chilca-Huancayo, que en la actualidad tiene la mayoría de sus calles abiertas en terreno natural sin ninguna obra de afirmado ni pavimentado que en épocas de lluvia se convierte en lodazal, dificultando el tránsito vehicular y peatonal. El suelo arcilloso de Azapampa por naturaleza sufre grandes cambios volumétricos a la presencia del agua, su resistencia al esfuerzo cortante es baja, entre otros; por ello en esta zona las obras de mejora de las vías a nivel afirmado o pavimentado requerirán un tratamiento exigente en lo que se refiere a estabilización de suelo, si se desea preservar las estructuras que sobre éste se construyan, para evitar daños estructurales, problemas sociales y económicos futuros. Por otro lado, llegamos a una época donde el cuidado del medio ambiente debe ser una filosofía en todo campo de la existencia humana, y el sector ingenieril no es ajena a esta responsabilidad, así la utilización de materiales ambientalmente amigables en la construcción, en este caso la utilización de desechos polimericos o envases de bebidas recicladas en el tratamiento de suelos inestables es un aporte sustancial en el campo de la investigación. En esta investigación se realiza un análisis experimental de la cal y polímeros reciclados para estabilizar el suelo arcilloso de las vías de Azapampa - Chilca-Huancayo, para luego analizar las ventajas técnica, económica y ambiental de estos dos estabilizantes.

Figura 1

Imagen del Jr. Arequipa (arriba) y Av. Alfonso Ugarte (abajo) - realidad de las vías con suelo arcilloso.



Fuente: Obtención propia

1.2 Delimitación del problema**1.2.1 Espacial**

Esta investigación se realizó en el departamento de Junín, provincia de Huancayo, Distrito de Chilca, centro poblado de Azapampa.

1.2.2 Temporal

La investigación se desarrolló desde junio del 2019, hasta diciembre del 2021, pasando por un proceso de planificación, trabajo de campo, trabajo de laboratorio y procesamiento de información.

1.2.3 Económica

La presente información fue financiada íntegramente con recursos propios, para cubrir los gastos de: personal, útiles de escritorio, equipos de cómputo, laboratorio, herramientas y otros.

1.3 Formulación del Problema

1.3.1 Problema General

¿Cuál es la influencia técnica económica y ambiental de la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal?

1.3.2 Problema Específico.

- a) ¿Cuál es la influencia técnica de la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal?
- b) ¿Cuál es la influencia económica de la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal?
- c) ¿Cuál es la influencia ambiental de la estabilización de suelos arcillosos - vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal?

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación social

La idea de esta investigación nace por el problema que sufren los usuarios de las vías de Azapampa, que tiene que ver con el tipo de suelo arcillosos, altamente expansivo que posee sus calles, que como *in situ* se pudo verificar, estas calles aún no cuentan con obras de mejoramiento vial, estas dos características son un complemento atroz en épocas de lluvia, donde las vías se convierten en lodazal, enormes huecos ,charcos y hasta hundimientos, el tránsito vehicular y peatonal en las condiciones de esta vía es sumamente dificultoso en

épocas lluviosas. Así mismo el problema ambiental ocasionado por los plásticos es de donde nace la idea de esta investigación. La propuesta de solución a la inestabilidad del suelo arcilloso de las vías de Azcapampa haciendo uso de polímeros reciclados y adicionados cal se hace importante por sí misma sin mucho esfuerzo; porque soluciona dos problemas aquejan a la sociedad.

1.4.2 Justificación teórica

Puesto que todo tipo de construcción se asienta sobre el suelo, la importancia del estudio de la geotecnia vial se pone de manifiesto naturalmente. En particular a lo largo de muchos años se ha estudiado la composición, comportamiento y tratamiento de suelos arcillosos, por ser éste un material altamente inestable y que más problemas genera en la construcción de obras viales. Es así que se han propuesto diferentes soluciones para mejorar las propiedades física- mecánicas de los suelos arcillosos; la mayoría de los métodos tienen por objetivo modificar las características físico-mecánicas de este suelo, incorporando diferentes materiales que puedan estabilizar este tipo de suelo, tal es el caso del cemento hidráulico, cal, sales de aluminio, fosfatos, polímeros, entre otros; además en la ingeniería, la búsqueda de todas estas soluciones debe tener como principio fundamental conseguir una equilibrio, entre lo técnico, económico y ambiental; entonces en una investigación donde el fin es mejorar el suelo para asentar una construcción, lo que se busca son nuevos materiales que técnicamente sean funcionales, que a la vez económica y ambientalmente sean favorables

1.4.3 Justificación metodológica

Por otro lado, la contaminación del medio ambiente por los plásticos es preocupante, ya que desde el descubrimiento de los polímeros se ha venido produciendo indiscriminadamente materiales en sus diferentes formas y variedades para todos los sectores,

tanto es su auge de los polímeros que cada día se innova la combinación de este material con otros con el afán de obtener objetos con propiedades capaces de reemplazar al metal, al agregado, a la madera, etc. No obstante, se ha dejado de lado la responsabilidad ambiental que traería consigo la sobreproducción de los plásticos, afectando seriamente el ecosistema en general. De la producción total de plásticos, la mayoría de ellos es para un sólo uso, el porcentaje de reciclado es ínfimo, a falta de un programa mundial que se encargue de ello, éstos terminan en el basural si se tiene suerte, y los demás se encuentran contaminado, los suelos, ríos, lagos, mares, etc.

(mala calidad técnica de las vías de Azapampa y la contaminación ambiental por botellas de PET).

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Determinar la Influencia técnica económica y ambiental de la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal.

1.5.2 Objetivos Específicos

- a)** Determinar influencia técnica de la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal.
- b)** Determinar la influencia económica de la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal.
- c)** Determinar la influencia ambiental de la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1 Antecedentes del Estudio

2.1.1 Antecedentes Nacionales

(NESTERENKO, 2018), para optar el grado de Master realizó una investigación denominada “Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú”:

La problemática de la investigación se fundamenta en que las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones en Perú , no tiene definido un método constructivo de carreteras haciendo uso polímeros, y los fabricantes o comercializadores de polímeros, proponen o se guían con el procedimiento o método constructivo elaborado en Australia, que fue elaborado para suelos con realidades o rendimientos constructivos diferentes a las de Perú, por lo que se suministra información muy básica o general de los parámetros estructurales del suelo estabilizado .El estudio tuvo como objetivo proponer una técnica de estabilización de suelos utilizando polímeros acorde a las realidades del contexto peruano, asimismo determinar los parámetros estructurales de muestras de suelo tomadas netamente de obras viales en Perú. En la investigación se ensayaron muestras de suelo natural o virgen, asimismo muestras estabilizadas con polímeros, llegando a la conclusión que los polímeros como estabilizador, mejora las características físico – mecánicas, mostrando así un mejor desempeño para suelos peruanos con $IP \geq 9$.

(IBAÑEZ, 2015), para optar el grado de magister, realizó una investigación denominada “Uso de polímeros en un nuevo diseño para mejorar las propiedades físico – mecánicas del asfalto: contribución para el tramo de la carretera Chilte – Cajamarca”:

En la investigación se tuvo como objetivo encontrar a través de ensayos de laboratorio, una combinación optima entre el polímero Elvaloy® 4170 con asfalto convencional PEN 120/150 y ácido polifosfórico, con el fin de mejorar el rendimiento de la misma. Para ello se consideró las condiciones climáticas y la carga del volumen del tránsito vehicular de la vía Chilte-Cajamarca, así se realizó el diseño de mezcla para la carpeta, para ello se determinó las características del asfalto convencional a través de los ensayos de penetración y punto de ablandamiento, como resultado se obtuvo un PEN de 135mm y 44°C; así también se practicó ensayos con la finalidad de obtener la dosificación óptima entre el polímero elegido y el asfalto, para ello se realizó mezclas a una dosificación de 1.0%, 1.1%, 1.2%, 1.3%, 1.4%, 1.5% y 1.6% de polímero, adicionando además ácido polifosfórico en todos los casos, en un porcentaje de 0.08% ; a cada una de estas mezclas se realizaron ensayos de penetración, los resultados se verificaron con lo establecido en las Normas Nacionales e Internacionales, obteniendo que 1.3% de polímero da un PEN 92mm, de esta manera superando la penetración mínima de la normativa nacional (90mm) ; finalmente este dato se confirmó con los resultados de los ensayos físico-mecánicos evaluables: Recuperación elástica por torsión (58%) y ductilómetro (a 25°C resultó 88% - a 5°C resultó 50%), Pérdida de masa por calentamiento (0.67%), Punto de Ablandamiento (64°C), Ductilidad (150mm), y Separación del Asfalto XIII después del RTFO

(cumple); de esta manera se demuestra que aquella mezcla logra mejorar las propiedades del asfalto convencional.

(GIL CARNONEL & NUÑEZ, 2018), realizaron una investigación denominada “Influencia de la adición de fibras de PET reciclado sobre la resistencia, cohesión y ángulo de fricción interna de suelos arcillosos aplicado a la estabilidad de taludes”:

El objetivo del estudio fue conocer la influencia de las fibras PET reciclado en la cohesión, ángulo de fricción y la resistencia del suelo arcilloso aplicado a la estabilización de taludes, con el fin de mejorar el factor de seguridad en la evaluación analítica de estabilidad de taludes en terraplenes de obras viales en suelo arcilloso. El tratamiento con el aditivo se realizó incorporando las fibras de polímero de Polietileno Tereftalato (PET) reciclado al suelo, éstos fueron distribuidas con homogeneidad en el suelo. Del muestreo de 120 kg del suelo arcilloso del kilómetro 172 de la carretera Trujillo-Huamachuco, se practicaron ensayos de caracterización geotécnica del suelo natural, ensayo de compactación Proctor Estándar, para conocer los parámetros de densidad seca máxima y su respectivo contenido de humedad óptimo, todo ello con la finalidad de programar experimentalmente con estos parámetros. La variable que se consideró importante para el suelo fibro-reforzado fue el porcentaje de fibras PET reciclado de longitud de 20 mm en un 0.3%, 0.6%, 0.9%, 1.2% y 1.5% del PSS. En total se elaboró 54 probetas, con fines de evaluación el desempeño físico-mecánico del suelo con las diferentes combinaciones, mediante ensayos triaxial estático no consolidado – no drenado (UU) con confinamientos de 30, 60 y 120 kPa. De los resultados de laboratorio se obtuvo que el porcentaje de fibras de PET que mejora la resistencia del suelo hasta en un 49.45% es el 1.5%; del mismo modo, la cohesión y

ángulo de fricción interna mejoraron en un 22.28% y 72.73% respectivamente. Finalmente, a través del análisis matemático (Método de Bishop), se comprobó que todos los porcentajes de adición de fibras de PET reciclados, generan un incremento en el factor de Seguridad respecto al de suelo natural arcilloso, los intervalos de estas mejoras van desde 3.27% hasta 24.64%, cabe resaltar que 0.6% es el porcentaje óptimo de adición de fibras PET. Por último, se comprueba que las fibras de PET reciclado tienen la propiedad de mejorar el suelo arcilloso en la estabilidad de taludes de terraplenes viales, por lo que se convierte en una nueva alternativa ecológica a través del rehuso en escalas mayores de materiales de desecho PET en obras geotécnicas.

(QUEVEDO HARO, 2017), para optar el grado de magister, realizó una investigación denominada “Influencia de las unidades de albañilería tipo PET sobre las características técnicas y económicas de viviendas ecológicas para la zona de Expansión del distrito de nuevo Chimbote, Ancash”.

El objetivo del estudio fue conocer el impacto que generan las unidades de albañilería de Polietileno Tereftalato (PET), en las características económicas y técnicas de viviendas ecológicas para la zona de expansión del Distrito de Nuevo Chimbote, estas características fueron comparadas con las de las unidades de albañilería tradicionales, (se consideró cumplir con los parámetros mínimos establecidos en el RNE). En el estudio se utilizó el diseño Preexperimental y los respectivos ensayos en laboratorio y se llegó a la conclusión que las unidades estudiadas, son empleables como una alternativa en la construcción de viviendas

ecológicas (muros), por sus excelentes propiedades físico-mecánicas de las unidades de albañilería tipo PET: muretes, prismas y cubos de mortero de pega, están dentro de los parámetros límites que estable la Norma Técnica E-070 de albañilería, así como NTP 399.605, NTP 399.613, NTP 399.621 y MTC E 609-2000. Así también, las viviendas construidas con ladrillos tipo PET, presentan desempeño estructural óptimo, estando dentro de los parámetros exigidos por la norma E-030 Sismorresistente. El análisis económico arroja que al usar de las unidades de albañilería tipo PET se ahorra un 30.42% en comparación con el uso de las unidades de albañilería tradicionales.

(FUSTAMANTE VÁSQUEZ, 2021), realizó una investigación denominada “Evaluación de la capacidad de soporte del suelo adicionando polímeros reciclados (PET) en la sub rasante de la calle camino Real, progresiva km 0+000 - km 0+750, Chota”

El estudio, por objetivo tuvo “Determinar el CBR del suelo con la adición de polímeros reciclados (PET) de la calle Camino Real progresiva km 0+000 – km 0+750, Chota”, para conocer la dosificación óptima del PET, se tomó en cuenta lo basado en las disposiciones del MVCS (2020) y el MTC (2014). Para la evaluación se realizó el muestreo de 3 calicatas de la calle Camino Real de la ciudad de Chota. Los procedimientos en la evaluación también incluyeron la obtención o recolección de botellas plásticas, lavado, secado, trituración y tamizado a 3/8”, 4.75 mm y 2.00 mm; también, se realizó pruebas de, caracterización, Proctor modificado y CBR tanto al suelo natural, y al suelo adicionando PET, a los porcentajes de 5%, 10%, 15% y 25% del PSS. El suelo según SUCS es arcilla de alta plasticidad y según AASHTO y se ubica dentro del grupo A-7-6, con valores CBR promedio al 95% y 100% de la M.D.S.

de 4.767% y 5.433%. Así también, adicionando polímeros reciclados PET de 2.00 mm al 5%, 10%, 15% y 25% su CBR del suelo se incrementa, al 95% de la M.D.S. en un 5.50%, 7.90%, 8.40% y 7.10% respectivamente. Se ha concluido que la dosificación adecuada de PET que mejora la capacidad de soporte del suelo en la sub rasante de la calle Camino Real es 15% de PET triturado a un TMN de 2.00 mm.

2.1.2 Antecedentes Internacionales

(VALLE, 2010), en Madrid- España, en una investigación de tesis para el grado de maestría, de la Universidad Politécnica de Madrid - España, realizó una investigación denominada "Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos":

El objetivo de la investigación fue reducir la creación de otros nuevos préstamos y vertederos y en reemplazo de éstos utilizar nuevos materiales marginales que contribuyan con un beneficio económico y medioambiental.

El autor menciona que las fibras de polipropileno normalmente se utilizan para mejorar la capacidad de resistencia del suelo para reducir la retracción. En esta investigación se plantea un método nuevo al mezclar cal con fibras de polipropileno, De esta manera se reduce cantidad de cal requerida. Asimismo, enfatiza que las fibras mejoran la resistencia al corte de un suelo natural sin tratamiento anterior, por lo que esta mezcla de fibras y cal hacen que se reduzca la cantidad de cal requerida para estabilizar el suelo. Los dos materiales utilizados para la estabilización de un suelo, según esta tesis son la cal y las Fibras de polipropileno. La dosificación de fibras puede reducir la cantidad de cal hasta el 4%, así reducir la formación de etringita. En el caso de suelos donde existe presencia de sulfatos se obtiene incremento de la

capacidad portante hasta en un 400% mediante la dosificación de 0.15% de fibras y de 8% de cal. A través de los ensayos de límites de atterberg se obtiene que el suelo cambia de plástico a no plástico, con valores próximos a cero, el autor hace la aclaración que la reducción del índice de plasticidad del suelo no se debe al incremento de las fibras sino únicamente se debe al incremento de la cal.

(RAGAB, 2014), en Egipto realizó una investigación denominada “Método de estabilización de suelos usando polímeros”:

Investigó un método de estabilización de suelos haciendo uso de polímeros con el objetivo de mejorar las propiedades geotécnicas de un suelo arcilloso, esta investigación consistió en ocupar los espacios de las micro-estructuras del suelo a través de la construcción de nano-compuestos y nano-llenadores, de manera que modifique las capas de las arcillas por cationes orgánicos y cambio de iones; Los nano-compuestos que se introducen en la microestructura de la arcilla son evaluados a través de microscopio electrónico (SEM) y transmisión de técnicas de microscopio electrónico. Para esta investigación se evaluó muestra de arcilla de delta de Egipto, esta muestra se clasificó dentro de la arcilla de alta plasticidad (CH), en tanto el polímero utilizado fue el tipo homopolímero de polipropileno (H030SG), este material se obtuvo de la fábrica petroquímica en Alejandría (Egipto). Los resultados de la investigación son: 1) La estabilización de suelos arcillosos a través de polipropileno es una buena opción creando nano compuestos de arcilla para modificar las microestructuras de ésta, 2) Con la creación de nano compuestos se disminuye y absorbe el agua en exceso dentro de las muestras de arcilla, con la modificación de la

plasticidad de la arcilla, 3) los nano compuestos aumentan de manera significativa la rigidez de la arcilla y reduce el índice de compresión del suelo, 4) los nano compuestos reducen y mitigan la contracción volumétrica de suelo, 5) Las muestras de arcilla con alta presencia de arcilla que se estabilizó con este polímero mejoró su resistencia 6) Esta técnica de estabilización de la arcilla mejora la resistencia al corte del suelo y modifica la falla por fragilidad del esqueleto del suelo a una falla por ductilidad, 7) Esta técnica puede aplicarse para resolver problemas de estabilización geotécnica, por ejemplo, para mejorar terraplén de carretera y estabilizar taludes.

(ALTAMIRANO & DIAZ, 2015), en Nicaragua realizaron un estudio de investigación denominada “Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas”:

El objetivo de del estudio fue la estabilización de los suelos arcillosos altamente cohesivos de las vías en la comunidad San Isidro del Pegón - Potosí, en el departamento de Rivas, a través de la mezcla de cal hidratada. Para la estabilización del suelo arcilloso, en primer lugar, se caracterizó el suelo, asimismo se determinó sus propiedades físico-mecánicas a través de estudios de campo y pruebas en laboratorio, guiados en las normas ASTM y AASHTO. Los resultados de laboratorio obtenidos se analizaron con la dosificación de cal en diferentes porcentajes en el suelo arcilloso. Al evaluar las propiedades del suelo incorporando cal a diferentes porcentajes (3%, 6%, 9%, y 12%) se obtuvo una mejora significativa de la densidad de compactación, plasticidad; se incrementó la humedad necesaria en este proceso debido a la reacción exotérmica que se produce entre la cal y la arcilla, se obtuvo el incremento

significativo de la capacidad de soporte del suelo. Y lo más importante la expansión o hinchamiento, propiedad con mayor incidencia en estos suelos, se redujo en 61% con la adición en un 9% de cal.

(HERRERA MURIEL & PIÑERO MORENO, 2018), en Colombia realizaron un estudio de investigación llamada “Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda”:

Esta investigación como objetivo planteó realizar un estudio técnico-financiero para implementar bloques con polímeros de plástico reciclado, para ser usados en la construcción de viviendas de mampostería (estructura no portante) en centros urbanos de Colombia.

En el proceso de la investigación se elaboró un tipo de ladrillo adicionando PET, para luego ser ensayados con diferentes porcentajes de PET, las probetas tienen dimensione estándar para cada dosificación, con la finalidad de identificar la probeta que cumple con los criterios de la norma. Del estudio se obtuvo que la probeta que cumple con lo que la norma exige es la que contiene PET al 25%, evaluados a los 7 días y 14 días, así mismo esta probeta cumple con las características físicas que recomienda la norma, siendo una alternativa de uso en la construcción; Por otro lado, se analizó los costos en una comparativa del costo de un ladrillo tradicional con el ladrillo con agregado de PET, encontrándose que al usar el material de desecho, es decir el plástico reciclado, los valores del agregado que contiene el bloque disminuyen al ser remplazado por el PET, por lo que el valor final del bloque también se reduce. Si se evalúa la diferencia de precios, no son importantes, pero en términos de gran

cantidad que es lo que demanda la construcción de una edificación que pretenda implementar mampostería no estructural, el costo final de este material, entra a notarse significativamente.

(SHERWELL BETANCOURT, 2014), en México realizó un estudio de investigación denominada “Estudio de uso de polietileno tereftalato (PET) como material de refuerzo de estructuras férreas conformadas por un suelo fino”

Esta investigación tuvo por objetivo evaluar la mecánica del suelo adicionado fibras de PET para refuerzo, que a su vez se pueda aprovechar de manera eficiente estos desechos. En el proceso de la investigación se elaboraron probetas con fibras discretas del y otras probetas con suelo natural, las cuales fueron ensayadas en laboratorio (compresión triaxial). Las primeras presentaron abarrillamiento ante las pruebas de compactación, mas no presentaron fallas; las segundas presentaron falla frágil en la compactación. Las probetas reforzadas con fibras PET presentaron mayor resistencia al cuarteamiento. La cantidad de fibra y la ductilidad de la probeta son directamente proporcionales. De la investigación se deduce que un suelo limoso reforzado con fibras PET distribuidos uniforme y aleatoriamente puede ser utilizado en situaciones donde se necesita evitar asentamientos diferenciales, donde no soporte cargas elevadas y además se busque impermeabilizar el suelo.

2.2 Bases Teóricas o Científicas

2.2.1 Suelos Arcillosos y su Estabilización

2.2.1.1 Generalidades. Según (LAMBE & WHITMAN, 1999) “el suelo es el material de construcción más abundante del mundo y muchas veces el único recurso local con que cuenta el ingeniero para sus obras; en este caso, se busca que sus características cumplan los requisitos que exigen dichos trabajos”.

Según (DUQUE & ESCOBAR, 2002) para en caso de ingeniería los suelos “son los sedimentos no consolidados de partículas sólidas, fruto de la alteración de las rocas, o suelos transportados por agentes como el agua, hielo o viento con contribución de la gravedad como fuerza direccional selectiva, y que pueden tener materia orgánica”.

“Según el tamaño de sus partículas los suelos se clasifican de la siguiente manera: Gravas, Arenas, Limos y Arcillas” (Tabla 1): (ANGELONE & ZAPATA, 2018)

Tabla 1

Clasificación de Suelos Según Tamaños de sus Partículas

	NORMA IRAM 10535	MIT	SUCS	ASTM D3282- 93/97
Gravas	5 a 75	> 2	4.75 a 75	2 a 75
Arenas	0.075 a 5	0.06 a 2	0.075 a 4.75	0.075 a 2
Limos		0.002 a 0.060		
Arcillas	< 0.075	< 0.075		< 0.075

Fuente: Adaptada de (ANGELONE & ZAPATA, 2018)

A su vez, los suelos pueden ser separados en 2 grupos: suelos finos y suelos gruesos. Las particularidades más resaltantes entre estos 2 tipos de suelos podemos apreciar en la (Tabla 2).

Tabla 2

Diferencias Entre Suelos Gruesos y Suelos Finos

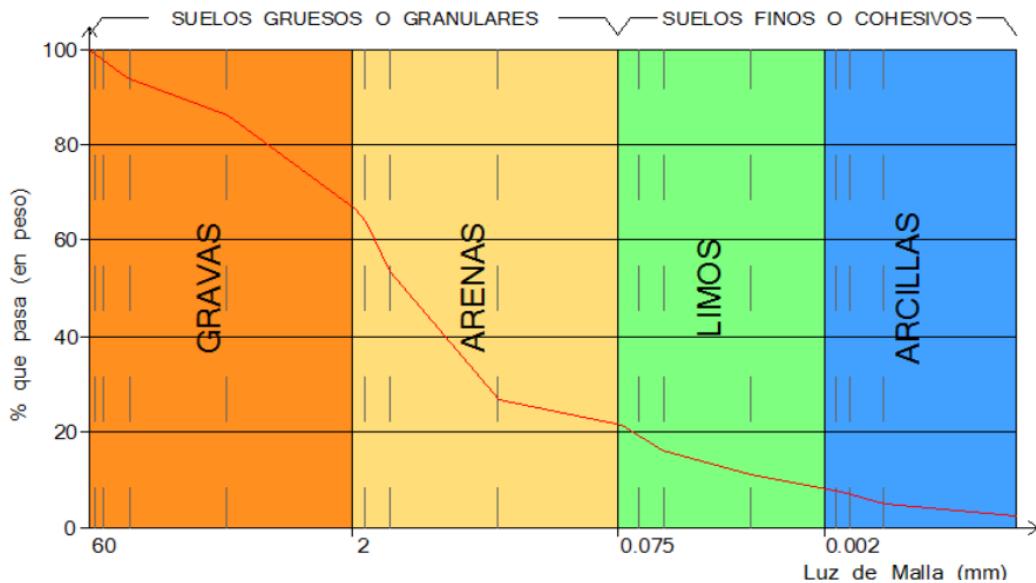
SUELOS GRUESOS (>1mm)	SUELOS FINOS (<1mm)
Sus partículas componentes son visibles a simple vista	Sus partículas componentes no son visibles a simple vista
La forma de las partículas puede ser angular o redondeada	La forma de las partículas puede ser laminar, angular o redondeada
No poseen minerales arcillosos	Pueden poseer minerales arcillosos
Suelos no cohesivos	Suelos cohesivos
Muy alta permeabilidad: $k > 10^2 \text{ cm/seg}$	Permeabilidad: Alta (arenas finas), media a baja (limos), muy baja o nula (arcillas) $k < 10^{-2} \text{ cm/seg}$
El tamaño de los vacíos es mayor, pero el volumen total de vacíos es menor: $e < 0,85$	El tamaño de los vacíos es menor, pero el volumen total de vacíos es mayor: arcilla blanda $e > 1,2$; montmorillonita $e > 5$
Si se aplica una sobrecarga importante, el asentamiento del suelo es instantáneo	Si se aplica una sobrecarga importante, se tienen asentamientos diferidos en el tiempo

Fuente: (ANGELONE & ZAPATA, 2018)

Si se desea analizar o estudiar, la distribución granulométrica de los suelos finos (granos menores a 0,075mm) se realiza por sedimentometría. Así también si se desea conocer la distribución de su granulometría de la parte gruesa se realiza por el método del tamizado (por vía seca y/o vía húmeda). Para luego con estos resultados construir las curvas de granulometría, con los porcentajes (en peso) que pasan cada tamiz. Como ejemplo, se muestra en la Figura 2 un gráfico de la distribución granulométrica que nos permite evidenciar y diferenciar los distintos tamaños de partículas (ANGELONE & ZAPATA, 2018).

Figura 2

Curva Granulométrica de un Suelo



Fuente: (ANGELONE & ZAPATA, 2018)

2.2.1.2 Suelos Arcillosos. (Ontergis, 2016) Afirma lo siguiente:

El impacto del comportamiento de los suelos expansivos en los daños de las estructuras no fue identificado por los especialistas en suelos y las fundaciones como causa importante hasta fines del año 1930. A partir de este año recién se empieza a identificar que muchas de las fallas de las estructuras, que anteriormente se atribuían a asentamientos del suelo o demás, en realidad obedecían al fenómeno de hinchamiento.

Los suelos expansivos ocasionan una pérdida en el sector construcción a nivel mundial más de dos billones de dólares anualmente. Por ello, dentro de la Sociedad Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones se conformó, un comité técnico exclusivo para suelos expansivos, para de esta manera afianzar estudios específicamente en esta área, así como para llevar a cabo conferencias periódicas internacionales para tratar la problemática de los suelos expansivos.

En el Perú el tema de los suelos expansivos ha atraído permanentemente la preocupación de los profesionales; porque el colapso de estructuras como viviendas, carreteras, canales, puentes, etc, son originados por problemas de expansión de los suelos donde se apoyan.

Figura 3

Muestras de arcillas de distintos colores.



Fuente: (ANGELONE & ZAPATA, 2018)

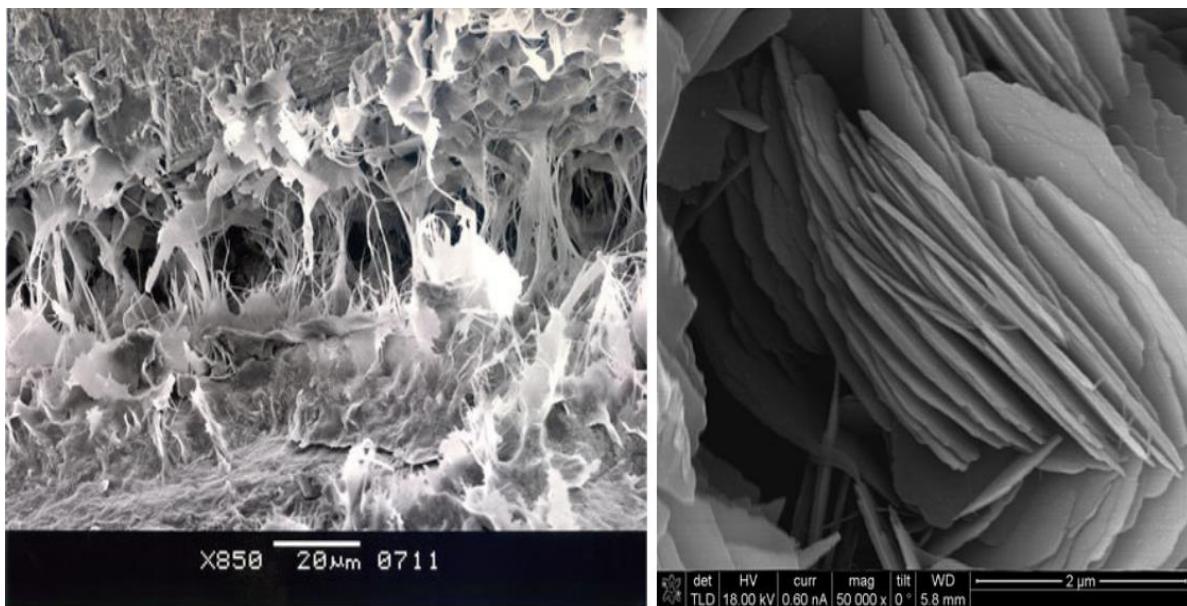
“La arcilla es roca sedimentaria descompuesta constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados procedentes de la descomposición de rocas que contienen feldespato, como el granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene (figura 3), desde rojo anaranjado hasta blanco cuando es pura” (Wikipedia, 2020)

“Las arcillas pertenecen a una clase particular de minerales denominados silicatos, en particular, al grupo de los filosilicatos, o silicatos en hojas (Figura 4) Los grupos

mineralógicos existentes son caolinita, illita y montmorillonita” (ANGELONE & ZAPATA, 2018).

Figura 4

Imágenes microscópicas de distintos suelos arcillosos, illita (izquierda) y montmorillonita (derecha).



Fuente: (ANGELONE & ZAPATA, 2018)

Las Caolinitas. Su estructura no es tan expansiva, por no admitir agua en su retícula.

Estas arcillas presentan poca plasticidad, amplia permeabilidad y poseen mayor fricción interna.

Illita. Es una arcilla medianamente expansiva. Su coeficiente de fricción interno y su permeabilidad son mayores a la de montmorillonita y menores a la de la caolinita.

Montmorillonita o esmectita. (CHARLES, 2008) Define este material como:

Arcillas altamente expansivas. La unión entre minerales individuales es muy débil, permitiendo que el agua se introduzca, produciendo hinchamiento del suelo. Además

de expansiva, esta arcilla es altamente plástica y se contrae al secarse, mejorando su resistencia y haciéndose impermeable.

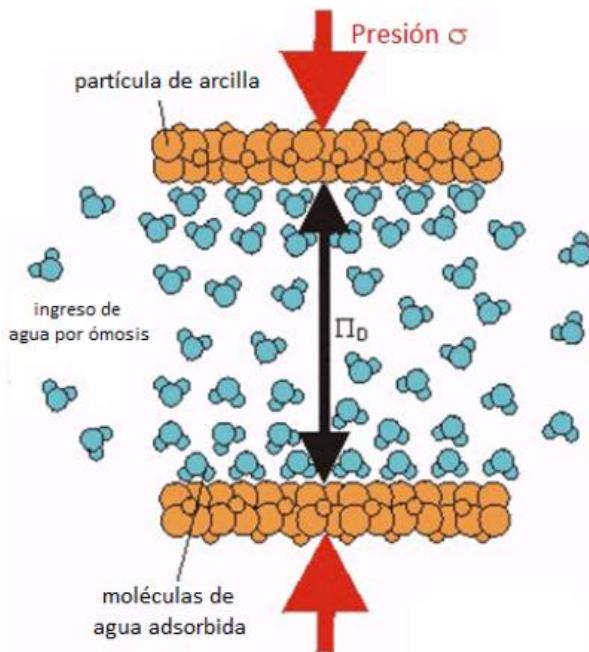
Bentonitas: “Suelos montmorilloníticos altamente plásticos y expansivos, de grano tan fino que al tacto es jabonoso. Se utilizan para sellar fugas en depósitos y canales. Vermiculita, clorita, sericitá, etc., son otros minerales arcillosos no clasificados en los anteriores tres grupos” (CHARLES, 2008)

Se llama suelo expansivo a aquel suelo que parcial o totalmente saturado incrementa de manera significante su volumen al aumentar su contenido de humedad, a carga constante. Este comportamiento comprende también la reducción de su volumen por fenómeno llamado contracción al perder humedad (ANGELONE & ZAPATA, 2018).

El mecanismo de expansión de la arcilla se da porque absorbe agua por ósmosis (figura 5).

Figura 5

Absorción de agua por ósmosis



Fuente: (ANGELONE & ZAPATA, 2018)

Según los cambios de contenido de humedad se generan los diferentes estados físicos de las arcillas, siendo los Límites de Atterberg (límite líquido, límite plástico y límite de contracción o retracción) los parámetros límites de cada estado de consistencia, que indican el grado de expansividad que poseen los suelos en general. En términos generales, el grado de expansividad que posee un suelo se determina en función de sus propiedades geotécnicas, ejemplo Tabla 3.

Tabla 3

Grado de expansividad en función de distintas propiedades geotécnicas.

Expansividad	Límite de retracción	Índice de plasticidad	Límite líquido	Contenido en finos	Hinchamiento en superficie (cm)	Presión de hinchamiento (kPa)
Baja	> 15	< 15	< 30	< 30	0 - 1	< 50
Media	11 - 15.	15 - 30	30 - 45	30 - 60	1 - 2.	50 - 12
Alta	< 11	> 30	> 45	> 60	2 - 3.	> 12

Fuente: (ANGELONE & ZAPATA, 2018)

Figura 6

Daños en edificios (izquierda) y pavimentos (derecha) por arcillas expansivas



Fuente: (ANGELONE & ZAPATA, 2018)

2.2.1.3 Estabilización de Suelos Expansivos. Según (ELIOZONDO, 2009):

“La estabilización es la técnica de combinar o mezclar materiales con el suelo con el fin de mejorar sus propiedades. El proceso puede incluir la mezcla entre diversos tipos de suelos para alcanzar una graduación deseada (estabilización mecánica) o la incorporación y mezcla del suelo con aditivos disponibles en el mercado (estabilización física y/o química)”, todo esto con el fin de mejorar su graduación, textura o plasticidad según sea necesario; Es así

que en un proceso de estabilización lo que se busca es incrementar la capacidad de resistencia mecánica del suelo, haciendo que éste presente mayor trabazón entre partículas sin descuidar que las condiciones de humedad del suelo varíen en los rangos adecuados.

Según (MTC, Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos, 2014): “La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos”. Estas estabilizaciones, generalmente se realizan en suelos de subrasante pobre o inadecuado, en estos casos las estabilizaciones son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto, entre otros productos diversos.

La estabilización mecánica de suelos tiene por objeto mejorar el suelo existente, sin variar la estructura y composición básica de éste. La herramienta para la estabilización es la compactación, con la que reduce el volumen de vacíos existente en el suelo.

El tipo de suelo que más inestabilidad presenta en la construcción es la arcilla, por ello las arcillas son un tipo de suelo que necesita corregir sus deficiencias para dotarle mayor resistencia al terreno como también, disminuir su plasticidad.

“La estabilización de un suelo es un proceso que tiene por finalidad mejorar sus propiedades tales como su resistencia a la deformación, disminuir su sensibilidad al agua, controlar la erosión y los cambios de volumen para el propósito de uso que queremos darle a dicho suelo. Las principales características indeseables de una arcilla son: Un su índice plástico demasiado alto que significa un alto valor de expansión (o bien su opuesta contracción), así como su baja capacidad para soportar carga estructural” (RICO & DEL CASTILLO, 1979)

2.2.1.3.1 Criterios de Estabilización Según el MTC. Según (MTC, Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos, 2014): “Se considerarán como materiales aptos para ser usados en las capas de la subrasante suelos con $CBR \geq 6\%$. En caso de que este valor sea menor, se debe un estudio para la estabilización, mejoramiento o reemplazo”.

De tener la capa de subrasante del tipo arcilla o limo y, al humedecerse las partículas de estos materiales tienen la capacidad penetrar las capas granulares del pavimento, contaminándolas; deben instalarse geotextil.

“Para determinar un tipo de estabilización de suelos es necesario establecer el tipo de suelo existente. Los suelos que predominantemente se encuentran en este ámbito son: las arcillas, los limos, o las arenas limosas o arcillosas” (MTC, Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos, 2014):

2.2.1.3.2 Métodos de Estabilización Según el MTC. A continuación, se describen los diferentes tipos de estabilizaciones que recomienda el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en el manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

a) Estabilización por Combinación De Suelos. Según (MTC, Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos, 2014)

“La estabilización por combinación de suelos considera la combinación o mezcla de los materiales del suelo existente con materiales de préstamo, con el objetivo de suplir las carencias de gravas o arenas” (MTC, Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos, 2014)

En este tipo de estabilización el suelo debe disgregarse o escarificarse, en una profundidad de 15 centímetros para luego ser colocada el material de préstamo o de

aporte , el material disgregado y los de aporte se humedecen juntas o airean hasta alcanzar la humedad compactación apropiada, seguidamente se eliminan las partículas mayores de 75 milímetros , de existir, posteriormente se procede con el mezclado de ambos suelos, conformado y compactado, siempre cumpliendo la densidad y espesores hasta el nivel de subrasante que se fijó en el proyecto.

b) Estabilización por Sustitución de los Suelos. Según (MTC, Manual de carreteras:

Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos, 2014):

Cuando se desea la construcción de una subrasante mejorada con material adicionado, se tiene 2 casos, primero que la capa se construya sobre el suelo natural existente directamente o segundo que este material existente debe ser excavado, removido y reemplazado por el material de adición. “En el primer caso, el suelo existente se debe escarificar, conformar y compactar a la densidad especificada para cuerpos de terraplén, en una profundidad de quince centímetros (15 cm)” (MTC, Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos, 2014). Una vez se tenga el suelo de soporte preparado, se procede a colocar los materiales, en espesores tales que se garanticen se obtenga el nivel de la subrasante y densidad de proyecto deseada, haciendo del equipo de compactación adecuado. Estos materiales para su densificación se humedecen o airean, según sea necesario, con el fin de alcanzar la humedad compactación idónea. En el segundo caso, el mejoramiento con material exclusivamente adicionado o prestado consiste en la remoción o extracción total del suelo natural existente, según el espesor de reemplazo.

(MTC, Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos, 2014) Nos muestra un procedimiento para la determinación del espesor de reemplazo en función del

valor del CBR, “el espesor de material a reemplazar se aplicará únicamente en casos de subrasantes pobres, con suelos de plasticidad media, no expansivos y con valores soporte entre que varían entre $CBR \geq 3\%$ y $CBR < 6\%$ ” (MTC, Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos, 2014).

c) Estabilización con Adición de Otros Materiales. (MTC, Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos, 2014) Menciona la estabilización de suelo con la adición de materiales diferentes a suelo, tales como: cal, cemento, escoria, cloruro de sodio, cloruro de calcio, cloruro de magnesio, productos asfálticos y geosintéticos.

En esta parte se debe hacer mención que existe dos tipos de Estabilización:

i) Estabilización Física, ésta, mejora el suelo produciendo sólo cambios físicos en el mismo. Se realiza generalmente **mezclando Suelos:** este tipo de estabilización es usado ampliamente, para lograrlo es necesario complementar mínimamente con la compactación. Por ejemplo, los suelos gruesos como las gravas y arenas si bien poseen alta fricción interna que los hace soportar grandes esfuerzos, éstas no son estables como para ser usado como firme de carretera ya que por falta de cohesión sus partículas se mueven libremente y el tránsito de los vehículos puede hacer que se separen. En cambio, las arcillas, poseen una gran cohesión y muy poca fricción por lo que en presencia de humedad pierden estabilidad. Por ello al mezclar adecuadamente estos dos tipos de suelo (suelos con alto grado de fricción interna y suelos cohesivos) se puede obtener un material estable.

ii) Estabilización Química. “Comprende la utilización de ciertas sustancias químicas patentizadas, cuyo uso involucra la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución del suelo intervenido” (MTC, Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos, 2014). Las estabilizaciones químicas más usadas son:

- **Cal:** baja la plasticidad del suelo arcilloso y es económica.
- **Cemento Portland:** aumenta la resistencia del suelo, (recomendable para gravas finas o arenas).
- **Asfálticos:** recomendable para material triturado carente de cohesión.
- **Cloruro de Sodio:** buen impermeabilizante y disminuyen la polvareda del suelo, recomendable suelos arcillosos y limosos.
- **Cloruro de Calcio:** buen impermeabilizante y disminuyen la polvareda del suelo, recomendable suelos arcillosos y limosos.
- **Escorias de Fundición:** a las carpetas asfálticas le incrementa su resistencia, impermeabiliza y mejora su tiempo de vida útil.
- **Polímeros:** a las carpetas asfálticas le incrementa su resistencia, impermeabiliza y mejora su tiempo de vida útil.
- **Hule de Neumáticos:** a las carpetas asfálticas le incrementa su resistencia, impermeabiliza y mejora su tiempo de vida útil.

2.2.1.3.3 Estabilización con cal. (HUEZO & ORELLANA, 2009) Afirma que:

“A finales de 1940 en EE-UU; técnicamente empezaron con los estudios de laboratorio de la mezcla de cal y suelo, sin embargo, el tratamiento de suelos arcillosos con cal empezó en 1950, la técnica aumentó con mucha rapidez su popularidad”. Es así que se construyeron

miles de kilómetros de carreteras, aeropuertos importantes como el de Dallas Fort Worth en EE-UU, sobre suelos arcillosos tratados con cal.

“La cal que se use para la construcción de suelo-cal puede ser cal viva o cal hidratada y debe satisfacer los requisitos establecidos en la Especificación AASHTO M-216 ó ASTM C-977” (MTC, Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción, 2013)

“El tipo de cal que se utiliza en el tratamiento de suelos es óxido cálcico (cal viva o cal anhidra), obtenida de la calcinación de materiales calizos, o hidróxido cálcico (cal apagada o cal hidratada). Estas cales también son llamadas aéreas por poseer la propiedad de endurecerse al aire, al ser mezcladas con agua, por el accionar del anhídrido carbónico” (MTC, Manual de carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos, 2014)

En esta investigación, "cal" se denomina cal viva, cal hidratada, o la lechada de cal hidratada.

La cal hidratada o cal aérea hidratada o cal viva apagada controladamente es el agente estabilizante que se ha intensificado su uso a lo largo de la historia, pero recién hace menos de 30 años se emplea como versión moderna de estabilizante de suelos con cal y se han cuantificados sus resultados magníficos (Association, 2004).

Mecanismo de Actuación de la cal. Las reacciones químicas ocurren casi de inmediato, al adicionar cal y agua a un suelo arcilloso.

a) Secado. (Association, 2004) Explica lo siguiente:

Cuando se usa la cal viva, se hidrata de inmediato (se combina con el agua del suelo), al liberar calor los suelos se secan, esto se da porque el calor generado tiene la capacidad de evaporar la humedad adicional. La cal hidratada generada por estas

reacciones iniciales, luego reacciona con las partículas de arcilla. Estas reacciones subsecuentes, en un proceso lento generaran un secado adicional del suelo reduciendo la humedad y mejorando la capacidad de soporte. Si en vez de cal viva se utiliza la cal hidratada o la lechada de cal hidratada, el secado ocurrirá sólo por los cambios químicos del suelo, que reducen su capacidad de retención de agua y aumenta la estabilidad del mismo.

b) Modificación: (Association, 2004) Explica lo siguiente:

Al producirse la mezcla inicial, los iones de calcio (Ca^{++}) de la cal hidratada se desplazan a la superficie de las partículas arcillosas, desplazando el agua y otros iones. Por lo que el suelo se hace granular y friable, por ende, más trabajable y fácil de compactar (Figura 7). En esta etapa, es donde el Índice de Plasticidad del suelo se reduce drásticamente, así también se reduce su tendencia al hinchamiento y contracción. Este proceso llamado "floculación y aglomeración", ocurre generalmente en el transcurso de horas.

Figura 7*Arcilla floculada con cal*

Fuente: (Association, 2004)

c) Estabilización: Al añadir al suelo las cantidades óptimas de cal y agua, el pH del suelo sube aceleradamente por encima de 10.5, permitiendo así que las partículas de la arcilla se rompan. Para determinar la cantidad de cal necesaria se realiza un diseño y se calcula por pruebas como la de Eades y Grim (ASTM D6276). “Se liberan la alúmina y sílice y reaccionan con el calcio de la cal para luego formar hidratos de calcio-silicatos (CSH) e hidratos de calcio-aluminatos (CAH). CSH y CAH que son productos cementantes parecidos a los formados en el cemento Portland” (ASTM D6276). “Ellos forman la matriz que contribuye a la resistencia de las capas de suelo estabilizadas con cal, al formarse esta matriz, el suelo pasa de ser un material arenoso granular, a una capa dura casi impermeable, con una capacidad de carga significativa” (ASTM D6276). Este proceso inicia a las pocas horas y puede continuar por muchos

años, si el sistema ha sido diseñado de manera correcta. La matriz que se forma es de alta duración, permanente, y altamente impermeable, haciendo una capa estructural que es fuerte, resistente y flexible.

2.2.1.3.4 Estabilización con Polímeros. (LOPEZ, HERNANDEZ, HORTA, CORONADO, & CASTAÑO, 2010) Mencionan:

Hoy en día los polímeros sintéticos tienen infinidad de usos, por lo que su importancia cada vez es mayor, así como como el polietileno que se utiliza para fabricar envases plásticos de bebidas. Los polímeros sintéticos también son utilizados para el temple del aluminio, acero, y otros tipos de aceros especiales para usos militares. Así mismo son usados en el temple de materiales en la industria aeroespacial.

No hace mucho, en el área de la ingeniería de la construcción, se han empezado a producir los llamados geosintéticos (geotextiles y geomembranas), que son fabricados mediante polímeros.

En el mercado existen polímeros como el caso del poliuretano, que generalmente se usa para sellar grietas en la construcción, que ahora se usa para estabilizar los cambios volumétricos del suelo expansivo, pero muy poco se ha explorado en el tema de estabilización de suelos con polímeros PET reciclados.

(PUCP, 2016) Menciona: que, según San Miguel Industrias PET, empresa que su giro es fabricar envases de plástico PET, que en 2015 inauguró la primera planta de transformación de botellas de plástico recicladas en envases nuevos. 2 729 622 624 envases de plástico PET son fabricados en Perú en un año, equivalente a 1 784 753 barriles de petróleo, cantidad que fácilmente puede abastecer de combustible a 10 500 vehículos por un año.

Eduardo de la torre citado también por la misma revista menciona también que “los principales resultados obtenidos por la cantidad de material reciclablque Ciudad Saludable recuperó en un año (julio 2015 a julio 2016) fueron el ahorro de 3 460 644 lt. de agua, 149 892 kwh de electricidad, 78 312 lt de petróleo y 486 toneladas de CO₂, y se evitó la tala de 2 220 árboles” (PUCP, 2016).

A pesar de sus características físicas y químicas este material es inerte en el medio ambiente, por su inadecuada disposición, el impacto visual que produce es alto y es perceptible para la población.

“En la fabricación de nuevas botellas descartables sólo se utiliza el 10 % las hojuelas del PET reciclado y el resto es la materia prima PET es obtenido del proceso del petróleo” (PUCP, 2016).

El PET no es biodegradable, por lo que no es asimilado por la naturaleza, y sólo es degradado por el sol y el agua. Considerando lo anterior, el uso de polímeros reciclados en la estabilización de suelos es un aporte técnico y ambientalmente importante.

Desde el año 2010 algunos investigadores han tocado el tema de polímeros para mejorar los suelos en general, sobre todo para mejorar la capacidad de resistencia de éstos, sin embargo, existe poco material bibliográfico del uso de polímeros en la estabilización volumétrica de suelos arcillosos.

(VALLE, 2010) Propone mezclar fibras de polipropileno con cal para reducir la cal necesaria en el trabajo de estabilizar suelos arcillosos. Menciona también que “las fibras incrementan la resistencia al corte del terreno natural sin tratamiento previo, por lo que la combinación cal y fibras permitirá la reducción de cal necesaria para estabilizar el terreno” (VALLE, 2010). Con la adición de fibras, la cantidad de se podrían reducir al

4%, así limitar la formación de etringita en los suelos donde existe presencia de sulfatos (“La etringita se produce cuando en el suelo hay presencia de los sulfatos y la alúmina, el principal problema de esta patología es la expansión volumétrica hasta en un 250% en presencia de agua” (VALLE, 2010)).

PET (Polietileno Tereftalato). “Dentro de la gran variedad de resinas termoplásticas, apenas seis representan el 90% del consumo: PET (polietileno Tereftalato), PEBD (polietileno de baja densidad), PEAD (polietileno de alta densidad), PP (polipropileno), PS (poliestireno) y PVC (polivinilcloruro)” (Plásticos Mexicanos, 2014)

El PET es un material termoplástico (a presiones y temperaturas adecuadas puede ser fundido y remodelado nuevamente) este material es usado en la fabricación de envases, películas, láminas, zunchos, películas, fibras y plásticos de ingeniería. “La composición del PET es el petróleo crudo, gas y aire. Un kg de PET es 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y el 13% de aire. A partir del petróleo crudo se obtiene o se extrae el paraxileno y se oxida con el aire convirtiéndose en ácido tereftálico” (Plásticos Mexicanos, 2014). “El etileno, que se obtiene generalmente a partir de derivados del gas natural, es oxidado con aire resultando el etilenglicol. Al combinar etilenglicol y ácido tereftálico se obtiene el PET” (Plásticos Mexicanos, 2014)

A base del PET se fabrican botellas de bebidas, gaseosas, jugos, cervezas, salsas, aguas, etc. También se utiliza para fabricar películas, fibras, láminas, termoformados, etc. Los polímeros tienen una codificación internacional, para su identificación de las diferentes resinas plásticas presentes que contiene cada tipo de

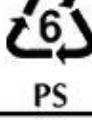
envase, para así facilitar su proceso de reciclaje, en la Tabla 4 se detalla los tipos de plásticos (codificación), sus propiedades y usos.

En 1941 por primera vez el PET fue producido por los científicos británicos Whinfield y Dickson, quienes patentaron a este material como polímero para la fabricación de fibras. Cuando su país estaba en plena guerra y existía la necesidad urgente de sustituir el algodón que provenía de Egipto.

Desde 1946 se industrializó su uso textil prosiguiendo hasta ahora. A partir de 1952 se emplea en forma de película para envases alimentarios. Pero la aplicación con más significado fue en envases rígidos, a partir de 1976, con la fabricación de botellas para bebidas poco sensibles al oxígeno como por ejemplo el agua mineral y los refrescos carbonatados se abrieron camino. A partir del año 2000 es utilizado también para envasar cerveza.

Anualmente el PET es consumido de manera global en 12 millones de toneladas con un incremento anual de 6%. "El problema ambiental del PET radica en que tan sólo 20% del PET que se consume en el mundo se recicla, el resto se dispone en rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto". (Wikipedia, 2020)

Tabla 4*Tipos de plástico (código), propiedades y usos*

Símbolo	Tipo de Plástico	Propiedades	Usos Comunes
	PET PolietilenTereftalato (Polyethylene Terephthalate)	Contacto alimentario, resistencia física, propiedades térmicas, propiedades barreras, ligereza y resistencia química.	Bebidas, refrescos y agua, envases para alimentos (aderezos, mermeladas, jaleas, cremas, farmacéuticos, etc.)
	HDPE Polietileno de alta densidad (High Density Polyethylene)	Poco flexible, resistente a químicos, opaco, fácil de pigmentar, fabricar y manejar. Se suaviza a los 75°C	Algunas bolsas para supermercado, bolsas para congelar, envases para leche, helados, jugos, shampoo, químicos y detergentes, cubetas, tapas, etc.
	PVC Policloruro de vinilo (Plasticised Polyvinyl Chloride PCV-P)	Es duro, resistente, puede ser claro, puede ser utilizado con solventes, se suaviza a los 80°C. Flexible, claro, elástico, puede ser utilizado con solventes.	Envases para plomería, tuberías, "blister packs", envases en general, mangueras, suelas para zapatos, cables, correas para reloj.
	LDPE Polietileno de baja densidad (Low density Polyethylene)	Suave, flexible, translucido, se suaviza a los 70°C, se raya fácilmente.	Película para empaque, bolsas para basura, envases para laboratorio.
	PP Polipropileno (Polypropylene)	Difícil pero aún flexible, se suaviza a los 140°C, translucido, soporta solventes, versátil.	Bolsas para frituras, popotes, equipo para jardinería, cajas para alimentos, cintas para empacar, envases para uso veterinario y farmacéutico.
	PS Poliestireno (Polystyrene)	Claro, rígido, opaco, se rompe con facilidad, se suaviza a los 95°C. Afectado por grasas y solventes.	Cajas para discos compactos, cubiertos de plástico, imitaciones de cristal, juguetes, envases cosméticos.
	PS-E Poliestireno Expandido (Expanded Polystyrene)	Esponjoso, ligero, absorbe energía, mantiene temperaturas	Tazas para bebida caliente, charolas de comida para llevar, envases de hielo seco, empaques para proteger mercancía frágil
	OTHER Otros (SAN, ABS, PC, Nylon)	Incluye de muchas otras resinas y materiales. Sus propiedades dependen de la combinación de los plásticos.	Auto partes, hieleras, electrónicos, piezas para empaques.

Fuente: (Brainly, 2020)

“El PET pertenece al grupo de los materiales sintéticos denominados poliésteres. Su denominación técnica es polietileno tereftalato o politereftalato de etileno” (Tecnología de los Plásticos, 2011).

Situación Actual del Reciclaje del PET. Hoy en día el reciclado del de PET está cobrando mucha importancia, comúnmente denominado RPET, proveniente de desperdicios industriales o de materiales luego del consumo que se regeneran mediante tratamientos fisicoquímicos. La principal finalidad de este sistema es disminuir la creciente y preocupante contaminación por uso no controlado y su acumulación.

En el Perú se produce aproximadamente 2800 millones de envases PET al año, de las cuales se recicla menos del 35%, este porcentaje bajo obedece a que este país fue uno de los últimos de la región en trabajar en su reglamentación en 2015, para incorporar el uso de PET reciclado en la producción y comercialización de los productos.

En la actualidad la generación elevada de cantidad de desechos de PET nos obliga a buscar otras alternativas novedosas para un desarrollo sostenible como país, haciendo uso del PET reciclado. La importancia de reciclar el PET radica en que una tonelada de plástico reciclado se traduce en el ahorro de 5,774 KWh de energía, 16,3 barriles (2.604 litros) de petróleo, 98 millones BTUs de energía y 22 metros cúbicos de espacio de vertedero.

Si bien El PET reciclado tiene disminuida algunas de sus propiedades y su precio en el mercado son menor al de PET virgen, éste aún conserva ciertas características para ser usado como fibras para reforzar suelos (Tabla 5).

Tabla 5

Comparacion de propiedades entre el PET virgen y PET reciclado

Propiedad	Unid	PET virgen	PET reciclado
Módulo de elasticidad	Mpa	1890	1630
Resistencia a la rotura	Mpa	47	24
Resistencia al impacto	Jm(e-1)	12	20
Viscosidad intrínseca	Dlg(e-1)	0.72-0.84	0.46-, 0.76
Temperatura de fusión	°C	244-254	247-253
Masa molecular	g mol(e-1)	81 600	58 400

Fuente: (Awaja & Pavel, 2005)

Desde que en 1975 se inició el recalcado del PET, hoy en día es el plástico que más se recicla en el mundo. Todas las partes del PET son reciclables para ser utilizado de una gran variedad de formas, desde la fabricación de envases hasta abrigos de polar, fibras, alfombras, termoformado de PET o, hasta incluso, ropas deportivas para el fútbol, como las que fabricó Nike para la Copa Mundial de la FIFA que llevó a cabo en Brasil, el año 2014.

Algunos estudios demuestran que, “al reciclar el PET, su perfil ecológico, que ya es positivo, se puede mejorar. Además, la producción de una tonelada de PET reciclado limpio en lugar de PET virgen ahorra 14 067 kWh de energía y reduce las emisiones de gases de efecto invernadero en 6 700 kg” (Ministerio del Ambiente - SIGERSOL, 2011).

A nivel mundial. "Norteamérica a la actualidad ya cuenta con una infraestructura netamente para reciclado de PET. Un informe realizado en 2012 acerca de la actividad de reciclado de envases PET posterior al consumo mostró un 31% de aumento en la tasa general de reciclado de PET en EE. UU". (Napcor & APR, 2013).

“En 2012 Europa, recicló más de 60 millones de botellas PET, representando un 52% de todas las botellas disponibles después del consumo en la región. Este aumento fue respaldado por legislación de la Unión Europea, que exige el reciclado de materiales de envasado (Ministerio del Ambiente - SIGERSOL, 2011)”.

“En Asia, la tasa de recolección del PET es de casi un 80%, (Reliance Industries Limited, 2011). Se estima que solo en la India existen 3 500 unidades formales y otras 4 000 unidades informales de reciclado” (Ministerio del Ambiente - SIGERSOL, 2011).

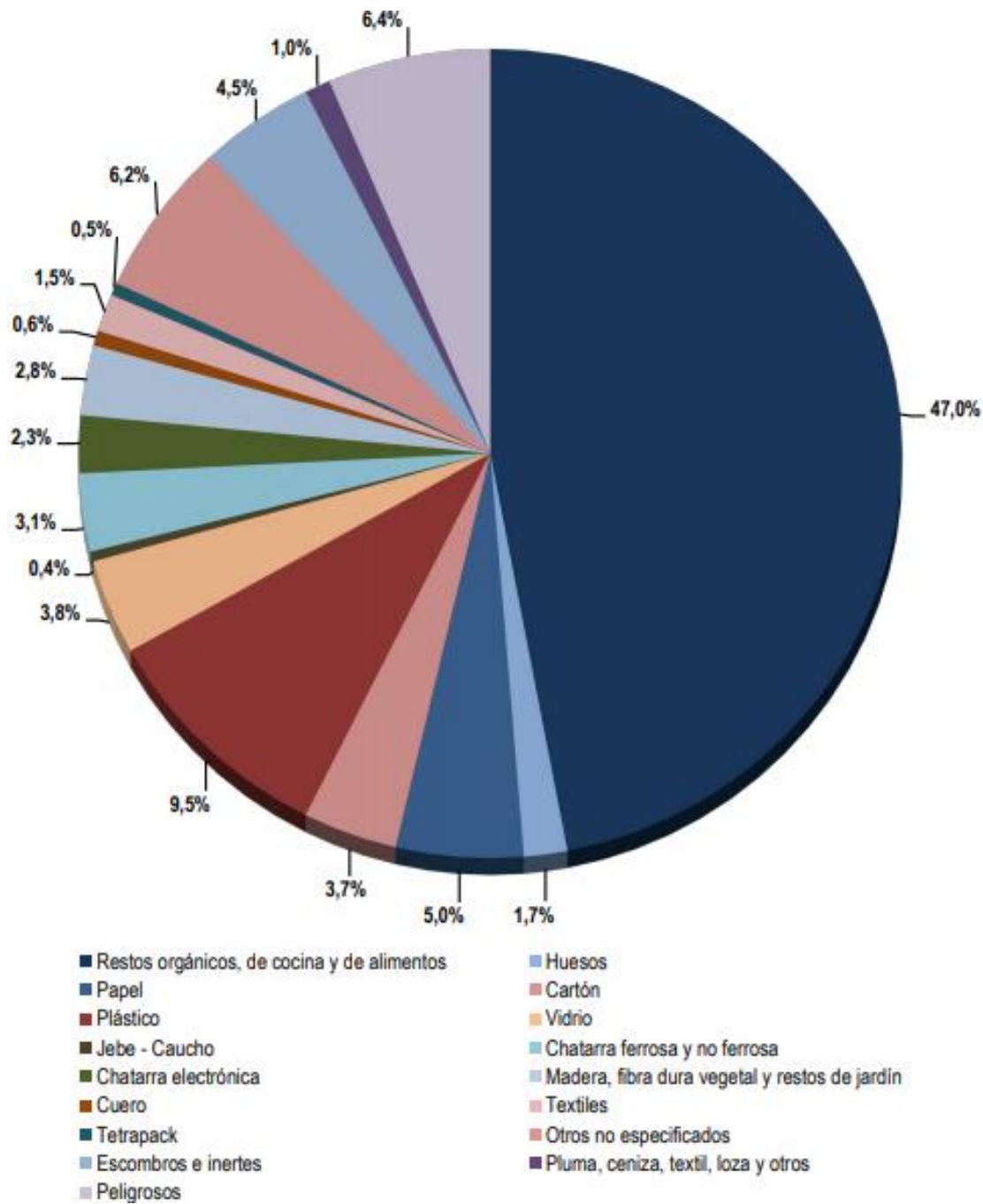
Mientras que para América latina el tema del acopio es crítico para la industria de reciclaje, porque no se cuenta con una cultura de separación en la fuente. Aun así, numéricamente la recuperación muestra un gran potencial alentador.

“El vecino país Brasil es uno de los mayores recicladores de PET en el mundo con una tasa de 55.6%, seguido por Argentina con 34%” (Ministerio del Ambiente - SIGERSOL, 2011). “En Bolivia hay una obligación de usar un 30% en material reciclado en ciertas industrias y en Ecuador se ha establecido un subsidio, mediante carga impositivo, a favor del reciclador” (Ministerio del Ambiente - SIGERSOL, 2011).

Por otro lado, desde hace siete años el país de México ha hecho un esfuerzo para ahora ser el país que más recicla PET a nivel mundial. Sorprendentemente su posición se encuentra por encima inclusive de países más desarrollados de la Unión Europea, EEUU y Japón, gracias a que posee la planta más grande del planeta (PetStar), donde es procesado 50 mil toneladas de PET por año, de las 80 mil toneladas recolectadas.

En esta planta se procesa 350 mil botellas por hora sin detenerse ni un segundo, todas estas botellas provienen de México y luego de ser recicladas y transformadas en pellet, el mayor porcentaje se destina a la fábrica nuevamente de envases.

A nivel nacional. “Los residuos sólidos en el Perú, principalmente se encuentran conformados por restos orgánicos de cocina y de alimentos, que representan el 47.0% del total de residuos generados, seguido de los plásticos con un 9.5% y residuos peligrosos con el 6.4%” (Ministerio del Ambiente - SIGERSOL, 2011).

Figura 8*Composición De Residuos Sólidos, 2011*

Fuente: (Ministerio del Ambiente - SIGERSOL, 2011)

“A nivel nacional sólo existen 12 rellenos sanitarios autorizados, por lo que cerca del 90% de la basura total termina en el mar o en botaderos informales” (Ministerio del Ambiente - SIGERSOL, 2011).

Anualmente en Perú se produce 2 800 millones de envases PET (aprox. 50 mil toneladas). Equivalente a 1 784 753 barriles de petróleo, que fácilmente podría abastecer de combustible a 10 500 vehículos por un año; pero menos del 15% de esta producción total se recicla, según datos de la ONG Ciudad Saludable (2016).

La reciente germinal industria del reciclado del PET en el Perú, lo conforman en más del 90% los recicladores informales, quienes por obtener algún ingreso económico recogen el plástico generalmente de las vías públicas, los botaderos, playas y pequeñas, estos plásticos reciclados son vendidos a fábricas recicadoras quienes trituran el plástico para obtener el scrap o lo peletizan hasta obtener el pellet.

“San Miguel Industrias PET (SMI) es la primera empresa en el Perú en operar una planta de transformación de botellas PET, con capacidad para procesar 1 200 toneladas al mes. Además, el 96% del plástico PET que se comercializa en Perú se utiliza en la fabricación de botellas de bebidas, siendo Backus la primera empresa en integrar la resina de PET reciclado en sus botellas” (Ministerio del Ambiente - SIGERSOL, 2011).

Asimismo “la empresa ILKO PERU S.A.C. (VIRUTEX ILKO) ha implementado un sistema de reciclado de 8 500 toneladas de plástico de botellas, tapas y telas al año, los cuales son reutilizados para la elaboración de sus productos” (Ministerio del Ambiente - SIGERSOL, 2011). “De esta manera reciclan más de 29 millones de botellas de PET al año (aproximadamente 450 toneladas) para su

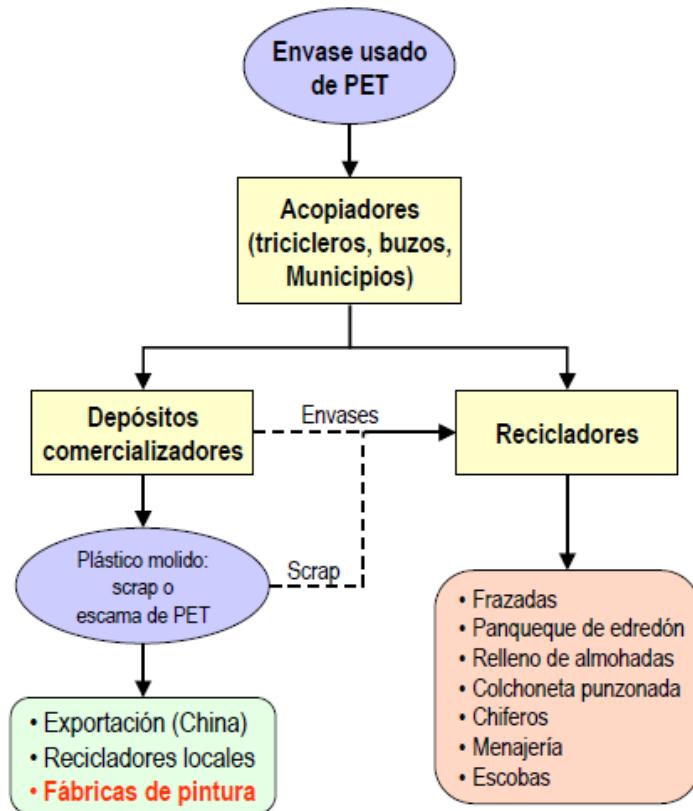
transformación y reutilización en fibras, las cuales son empleadas en la fabricación de su línea de escobillones ofrecida al público” (Ministerio del Ambiente - SIGERSOL, 2011).

“Sin embargo, en el Perú aún no se ha implementado un sistema integral para el reciclaje del PET y su reutilización, a falta de estudios técnicos que garanticen su utilidad a gran escala, por lo que mercados de destino son limitados” (Ministerio del Ambiente - SIGERSOL, 2011).

En la Figura 9 se puede observar un esquema de manejo de PET con fines de realizar programas de reciclaje en el Perú.

Figura 9

Esquema general del manejo de los envases usados de PET



Fuente: (IPES, 2004)

A nivel local. En la ciudad de Huancayo, con el slogan “Fui botella”, más de 12 toneladas de botellas de plástico PET, son transformados en rollos (de 29 kilos), de tela sisal al mes y luego éste es transformado en más de 17 mil productos comerciales (llaveros, tarjetas de presentación, agendas, cuadernos, frazadas, mochilas, peluches, etc). La empresa de proyectos ambientales “Scand”, es la que elabora estos productos, de la huancaína Aracelly Traverso (médico). En su planta de procesamiento (ubicada en Sapallanga).

2.3 Marco Conceptual

a) Suelo Expansivo.- estos suelos también son llamados suelos arcillosos inestables a la presencia de agua, su característica principal es experimentar cambios de volumen al variar su contenido de líquido, generando el fenómeno de hinchamiento en el suelo, esto hace que las partículas de arcilla y los otros materiales por los que está compuesto este suelo se distancien unas de otras, por lo que su capacidad de resistencia es baja; por ende las construcciones sobre este tipo de suelo se hundirá fácilmente, por ejemplo, una vivienda colapsará, o se agrietará por la diferencial de resistencia del suelo.

b) Polímeros PET. - Es un tipo de plástico de uso común en envases de bebidas y textiles. El PET es materia prima plástica derivada del petróleo. Su denominación técnica es Polietilén Tereftalato o Politeréftalato de etileno. El PET, fue descubierto en el año 1941 por los científicos británicos Whinfield y Dickson, y patentado como polímero para la fabricación de fibras. cabe recordar que su país estaba en plena guerra y existía una urgente necesidad de buscar sustitutos para el algodón que provenía de Egipto. A partir de 1946 comenzó su uso industrialmente como fibra para la textilería. Desde 1952 se emplea para film de envasamiento de alimentos. Sin embargo, la aplicación que le significó su

mercado más importante fue en envases rígidos para el embotellado de bebidas carbonatadas, desde 1976.

c) Estabilización de Suelo. - Es el mejoramiento de las propiedades físicas de suelos de subrasante inadecuado o pobre, por medio de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos.

d) Subrasante. - La subrasante es una de las capas fundamentales de la estructura vial, es la encargada de soportar los esfuerzos del tráfico vehicular; también se puede describir como la superficie terminada de la vía a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual descansa la estructura del afirmado o pavimento.

e) Presión de Hinchamiento (PS). - Es la presión aplicada en laboratorio a una muestra de suelo expansivo, se incrementan cargas a fin de evitar su hinchamiento, específicamente la presión máxima que se aplica para que no exista hinchamiento, es decir se conserve su volumen inicial es conocida como presión de hinchamiento.

f) Hinchamiento libre (Hc). Se expresa como el porcentaje de la elevación máxima, cuando hay presión nula en relación a la longitud inicial.

g) prehumectación del suelo. – Es el procedimiento de inundar el suelo y saturarlo para que se expanda hasta su máximo potencial, manteniendo la humedad posteriormente, se deben evitar los cambios volumétricos, por lo que no se tendrían daños en la estructura luego de construir. la humedad de las áreas cubiertas, pavimento, por losa, etc., rara vez decrece.

h) AASHTO: (American Association of State Highway and Transportation Officials), es el órgano encargado de establecer normas, publica especificaciones y hace pruebas de protocolos y guías usadas para el diseño y construcción de autopistas en todo los Estados

Unidos. Al margen de su nombre, esta asociación representa no sólo a las carreteras, sino también al transporte aéreo, ferroviario, marítimo y transporte público.

i) Escarificado: Es la remoción de la superficie del suelo de la vía en la profundidad requerida, por medio de una motoniveladora con escarificador incorporado.

j) C.B.R.: (California Bearing Ratio, Ensayo de Relación de Soporte de California), ensayo de laboratorio para determinar la capacidad de soporte de suelos y agregados compactados en el mismo laboratorio, permite evaluar la calidad del terreno para subrasante, subbase y base de pavimentos.

k) Prueba de compactación de suelo. - También llamada ensayo de compactación proctor, es uno de los más importantes procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un terreno. A través de él se determina la densidad seca máxima de un suelo en relación con su grado de humedad, a una energía de compactación determinada.

l) El índice de plasticidad de un suelo. - Es el tamaño del intervalo de contenido de agua, expresado como un porcentaje de la masa seca de suelo, dentro del cual el material está en un estado plástico.

Capítulo III

Hipótesis

3.1 Hipótesis General

Posee una influencia técnica, económica y ambiental favorable la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal.

3.2 Hipótesis Específica

- a)** Posee una influencia técnica favorable, la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal.
- b)** Posee una influencia económica favorable, la estabilización de suelos arcillosos - vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal.
- c)** Posee una influencia ambiental favorable, la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal

3.3 Variables

3.3.1 Definición Conceptual de las Variables

- a) Variable independiente (X) - Estabilización de suelos arcillosos mediante desechos poliméricos y cal:** Proceso de mejoramiento de un suelo de baja capacidad portante utilizando los estabilizadores, desechos poliméricos y cal.
- b) Variable dependiente (Y1)- Influencia técnica:** Comportamiento mecánico del suelo al estabilizar con desechos poliméricos y cal.
- c) Variable dependiente (Y2) - Influencia económico:** Comportamiento económico del proceso de estabilización del suelo con desechos poliméricos y cal.
- d) Variable dependiente (Y3) - Influencia Ambiental:** Comportamiento ambiental del proceso de estabilización del suelo con desechos poliméricos y cal.

3.3.2 Definición Operacional de las Variables

Tabla 6

Definición operacional de las variables

	Variables (tipo)	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador
Variable dependiente	Estabilización de suelos arcillosos (X)	Proceso de mejoramiento de suelo de baja capacidad portante.	<ul style="list-style-type: none"> • Suelo arcilloso • Desechos poliméricos • Cal 	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen • Peso • Porcentaje
	Influencia técnica (Y1)	Comportamiento mecánico del suelo al estabilizar con desechos poliméricos y cal.	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia del suelo (CBR) • Características plásticas del suelo. • Densidad seca máxima 	<ul style="list-style-type: none"> • Presión máxima que resiste el suelo (psi o lbf/in²) • LL, LP, IP • Densidad seca máxima del suelo para un contenido de humedad óptimo (gr/cm³)
	Influencia económica (Y2)	Comportamiento económico del proceso de estabilización del suelo con desechos poliméricos y cal.	<ul style="list-style-type: none"> • Variación de costos • Efectos económicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Costos directos • Costos indirectos
	Influencia ambiental (Y3)	Comportamiento ambiental del proceso de estabilización del suelo con desechos poliméricos y cal.	<ul style="list-style-type: none"> • Efecto en el factor Biótico • Efecto en el factor físico • Efecto en el factor socio - económico 	<ul style="list-style-type: none"> • Naturaleza de la afectación • Duración • Reversibilidad • Magnitud del efecto • Importancia del efecto

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo IV

Metodología

4.1 Método de investigación

La presente investigación hizo uso del método científico, porque se siguió ciertos procedimientos de investigación para poder absolver interrogantes sobre fenómenos que se presentan en la naturaleza que afectan o sorprenden a la sociedad.

A la vez la investigación es ruta cuantitativa porque se trabaja con mediciones numéricas y métodos matemáticos estadísticos.

4.2 Tipo de Investigación

La investigación es de tipo experimental porque administra intencionalmente estímulos, tratamientos o intervenciones.

4.3 Nivel de Investigación.

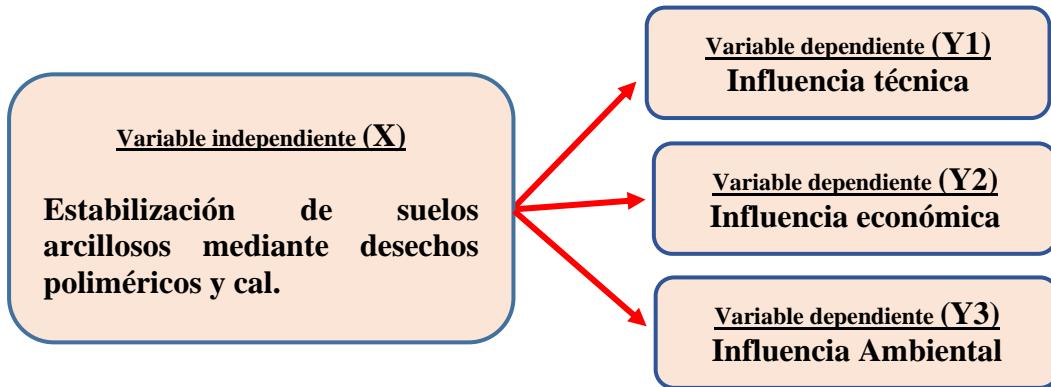
El nivel de investigación es correlacional explicativa aplicativa: correlacional porque existe relación entre variables independientes y dependientes, explicativo porque existe cusa-efecto entre variables independiente y las dependientes y es aplicativo porque soluciona un problema existente y aporta o mejora el conocimiento en el área de estudio,

4.4 Diseño de la Investigación

Experimental puro; Porque existe manipulación intencional de las variables independientes para medir la variable dependiente, en condiciones controladas.

Figura 10

Diseño de la Investigación



Fuente: Elaboración Propia

4.5 Población y Muestra

4.5.1 Población

Para esta investigación la población que se considera son las vías del centro poblado de Azapampa, del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo, Región Junín.

4.5.2 Muestra

La muestra que se analiza en esta investigación, son el Jr. Arequipa (cuadras 21-26), La Av. 31 de octubre (cuadras 3-12) y la Avenida Alfonso Ugarte (cuadras 04- 10) cuyo suelo presenta alto contenido de arcilla. Estas vías se ubican en el Departamento de Junín, Provincia de Huancayo, Distrito de Chilca. Centro poblado de Azapampa.

4.6 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

4.6.1 Métodos y Técnicas

Con el fin de obtener una muestra representativa para la realización de los ensayos respectivos se excavaron 01 calicatas en Jr. Arequipa (cuadras 21-26) 01 calicata en la Av. 31 de octubre y dos en la Avenida Alfonso Ugarte (cuadras 04- 10); es decir se realizaron un total

de cuatro calicatas. Las calicatas se realizaron en las calles del centro poblado de Azapampa, del distrito de Chilca, provincia de Huancayo, Región Junín.

La cantidad de calicatas se realizó según recomendación de la Norma técnica CE.010: “El número de puntos de investigación, será de acuerdo con el tipo de vía, según se indica en la tabla 6, con un mínimo de tres (03)” (Ministerio de Vivienda, 2010)

Tabla 7

Número de calicatas para pavimentos urbanos por tipo de vía

TIPO DE VÍA	NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (m ²)
Expresas	1 cada	1000
Arteriales	1 cada	1200
Colectoras	1 cada	1500
Locales	1 cada	1800

Fuente: Norma técnica CE.010

4.6.2 Instrumentos de Recolección de Datos

Los equipos, instrumentos y materiales que se utilizarán para la presente investigación serán los siguientes: instrumentos y materiales para la excavación y obtención de muestra, equipos de laboratorio, equipo de cómputo, libros, y manuales de laboratorio, cámaras fotográficas, calculadora y formatos de recojo de información de campo.

4.6.2.1 Validación de los Instrumentos de Recolección de Datos. Las herramientas para la excavación de las calicatas son de uso manual, con el fin realizar un registro visual, medición de las características del suelo y para el recojo de la muestra. Para el transporte del suelo se utilizan envases herméticos y bolsas que garanticen la integridad del suelo durante el transporte al laboratorio. Las herramientas y los materiales empleados para esta investigación son autorizados o validados por el asesor y/o por un profesional del área.

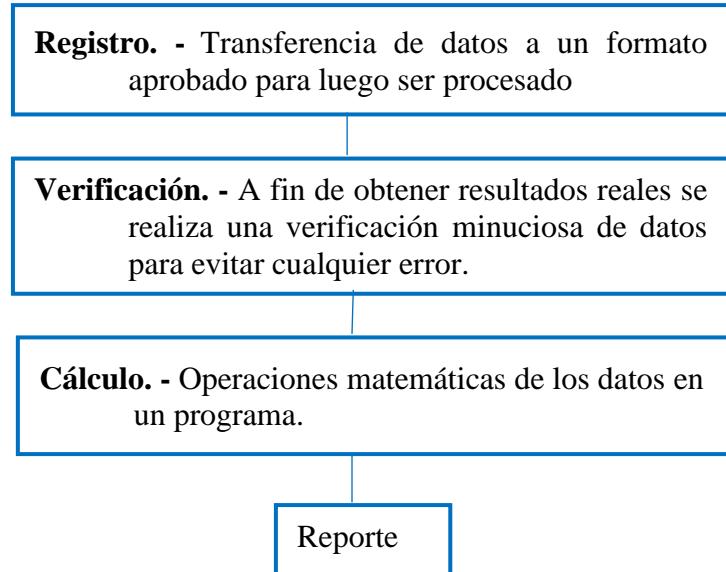
Los ensayos de suelo se realizan en un laboratorio certificado, de manera que garanticen resultados confiables.

4.7 Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

4.7.1 Técnicas de Procesamiento de datos

Figura 11

Etapas del procesamiento de datos



Fuente: Elaboración Propia

4.7.2 Técnicas de Análisis de Datos

En base a resultados obtenidos en laboratorio, el análisis de datos tanto descriptivo e inferencial se realizó en el programa SPSS; la interpretación de datos y resultados se realizó con apoyo de un especialista en geotecnia, con gráficos e interpolando los perfiles del subsuelo en base a perforaciones reales, con extremo cuidado, anotando claramente que tal interpolación o continuidad asumida de estratos fue tentativa.

4.7.3 Conceptos Metodológicos de la Investigación

4.7.3.1 Conceptos en el Análisis Geotécnico de la Investigación

4.7.3.1.1 Contenido de Humedad. Es la humedad presente en el suelo, ésta puede ser menor o mayor al contenido de humedad óptima para compactar la subrasante.

Fórmula:

$$w = \frac{Ww}{Ws} \times 100\%$$

Donde

Ww: peso de agua presente en el suelo

Ws: peso de los sólidos en el suelo

Norma de referencia: MTC E 108

4.7.3.1.2 Análisis Granulométrico. Este ensayo se realiza de dos maneras:

Por Tamizado: permite determinar los porcentajes de suelo que pasan por los diferentes tamices de la serie, comprende hasta el de 0.074 mm (N°200).

Norma de referencia: MTC E 107

Fórmula

$$\% \text{retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100$$

Por Sedimentación. El análisis hidrométrico se usa para obtener la distribución de partículas pasantes el tamiz N°200 (suelos finos), basada en la ley de Stokes, Asumiendo que la masa de suelo es dispersado multiforme y de varios tamaños.

Con el hidrómetro se determina el % de partículas de suelo dispersado, que permanece en suspensión en un tiempo determinado.

Existen 2 métodos, el primero cuando del material pasante por la malla N° 200 es más del 80% y el segundo método cuando ocurre lo contrario, para las muestras ensayadas se utilizó el segundo método por cumplir con las características mencionadas.

Norma de referencia: MTC E 109

Fórmulas:

$$Rc = Rd - Cd + Ct$$

Donde:

Rc = Lectura del hidrómetro corregido.

Rd = Lectura del hidrómetro

Cd = Lectura del hidrómetro en agua más defloculante

Ct = Corrección por temperatura

Cálculo del Porcentaje más fino P (%)

$$P\% = \frac{Rc * a * 100}{Ws}$$

Donde:

Rc = Lectura del hidrómetro corregido.

a = Corrección por gravedad específica

Ws = Peso seco de la muestra.

Gs = Peso específico de sólidos.

$$a = \frac{Gs(1.65)}{(Gs - 1) * 2.65}$$

Lectura del hidrómetro corregido sólo por menisco (R)

$$R = Rd + Cm$$

Donde:

R = Lectura del hidrómetro corregido por menisco.

Rd = Lectura del hidrómetro.

Cm= Lectura del hidrómetro en agua.

Diámetro equivalente de las partículas

$$D = K \sqrt{\frac{L}{t}}$$

Donde:

K = constante en función de temperatura y peso específico de sólidos

L = longitud de hidrómetro en función del valor de R

t= tiempo

4.7.3.1.3 Determinación de la Gravedad Específica

Norma de referencia: MTC E 113

Fórmula:

Peso específico de la fracción fina

$$Gs = \frac{Ws}{(Ws + W2 + W3)}$$

Donde:

Ws = peso de la muestra seca.

W2 = peso del picnómetro llenado con agua destilada.

W3 = peso del picnómetro llenado con suelo y agua.

K= Factor de corrección por temperatura del agua de ensayo

4.7.3.1.4 Determinación de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice Plástico.

Norma de referencia: MTC E 11 O, MTC E 111

Determinación del límite líquido

Límite líquido es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo tiene un comportamiento de material plástico.

Determinación de límite plástico

El límite plástico es el porcentaje de humedad, cuando el suelo está entre el estado plástico y el estado semisólido.

Fórmula

Índice de plasticidad del suelo

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP= índice de plasticidad

LL= límite líquido

LP= límite plástico

4.7.3.1.5 Ensayo Proctor. Por medio de esta prueba se determina el contenido de humedad para el cual el suelo alcanza su máxima densidad seca; en la que se debe desarrollar un método de ensayo para determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco compactado con una energía de compactación determinada. Según la gradación de las partículas se aplica uno de los métodos que se detallan en la tabla 7.

Tabla 8*Métodos de compactación (proctor modificado)*

	METODO "A"	METODO "B"	METODO "C"
Molde	4" de diámetro (101,6mm)	4 " de diámetro (101,6mm)	6 "(152,4mm) de diámetro.
Material.	Se emplea el que pasa por el tamiz Nº 4.	Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8"	Se emplea el que pasa por el tamiz ¼ "
Capas	5	5	5
Golpes por capa	25	25	56
Uso	Cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz Nº 4	Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz Nº 4 y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8"	Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8" y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz ¼"
Otros Usos	Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B o C.	Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.	El molde de 6 pulgadas de diámetro no será usado con los métodos A o B.

Fuente: (Bañón Blázquez & F., 2000)

Norma de referencia: ASTM D-1557, y MTC E 115**Fórmula:**

$$\gamma d = \frac{\gamma m}{1 + w}$$

Donde:

Yd= densidad seca

Ym = densidad húmeda

w = contenido de humedad

4.7.3.1.6 Ensayo CBR. El objetivo del ensayo es determinar la capacidad de soporte (CBR) del, que son compactados en laboratorio, a la humedad óptima y a niveles de compactación variables.

Referencias normativas: ASTM D-1883, AASHTO T-193 y MTC E 132-2000

De la muestra efectuado el ensayo proctor modificado, se toma una cantidad necesaria para moldear tres muestras.

En el ensayo existen tres fases Existe 3 fases: compactación, inmersión y penetración

Tabla 9

Penetración a considerar en el ensayo

Milímetros	Pulgadas
0,63	0,025
1,27	0,050
1,90	0,075
2,54	0,100
3,17	0,125
3,81	0,150
5,08	0,200
7,62	0,300
10,16	0,400
12,70	0,500

Fuente: (MTC E 132, 2016)

“El índice del CBR es el tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una determinada penetración, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón” (MTC E 132, 2016). Las características de la muestra patrón se muestran en la tabla 9.

Tabla 10

Penetración vs presión

Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m ²	Kgf/cm ²	lb / plg ²
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

Fuente: (MTC E 132, 2016)

Fórmula:

Expansión

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L2 - L1}{127}$$

Donde:

L1 = Lectura inicial (mm)

L2 = Lectura final (mm)

4.7.3.2 Conceptos en el Análisis Económico de la Investigación. El análisis de costo en esta investigación se refiere al costo de la producción del polímero para la estabilización del suelo. En este proceso se identifica el valor económico de cada recurso que interviene en la producción del polímero listo para su uso en obra; además se analiza el costo de obtención de la cal, para hacer un comparativo del costo de obtención de estos dos aditivos. Para este análisis se ha considerado los siguientes puntos:

Costo directo

- Equipo y herramienta.
- Mano de obra.

Costo indirecto

- Servicios básicos.
- Personal administrativo.

4.7.3.3 Conceptos en el Análisis Ambiental de la Investigación. El análisis de impacto ambiental técnicamente contribuye en la determinación de los efectos (negativos y positivos) de un proyecto.

Existen numerosos métodos desarrollados para el proceso de evaluación del Impacto Ambiental (EIA) de proyectos; la clave está en seleccionar de forma adecuada el método más apropiado según la necesidad y característica (tipo de situación que se va a evaluar y en medio del cual está inserta) y del proyecto que necesita de una EIA. Para el estudio de AIA existen métodos directos e indirectos, para elección del método a utilizar en esta labor se debe considerar con qué grado se desea abordar

Los métodos que se elijan, que arrojen resultados deseables, deben comprender lo siguiente:

- Ser inherentes a las labores que hay que realizar
- Ser independientes a los puntos de vista personales del equipo evaluador
- ser económicos y accesibles a datos.

“La valoración de los impactos ambientales depende de la adecuada identificación de los cambios potenciales al entorno, por lo es indispensable conocer los objetivos, así como cada una de las actividades que se realizan en cada etapa del proyecto” (Perevochtchikova, 2013). “Es necesario conocer el estado actual de las características físicas, biológicas, sociales y económicas del área de estudio, además de las restricciones ambientales” (Perevochtchikova, 2013). “Ordenamiento ecológico ya que constituirá la base para la

elaboración de la matriz de interacción proyecto- ambiente, donde el análisis de estos aspectos proporcionará los elementos necesarios para la identificación, evaluación e interpretación de los impactos al medio” (Perevochtchikova, 2013).

4.7.3.3.1 Matriz de Impacto Ambiental. Para el objetivo de la presente investigación fue elaborada una matriz (ver tabla 14) donde se define una serie de factores de impactos ambientales importantes para el ciclo de vida del uso de PET reciclado antes de su uso como estabilizante del suelo arcilloso, es decir, en el contexto de la obtención del material de manera industrial. Además, se evalúa cada etapa del ciclo de vida del material desde la recolección de botellas hasta la habilitación en obra de las mismas, tal como recomienda la norma ISO 14062. Para el estudio de EIA de esta investigación se usa el método matricial de Leopold.

Método de Leopold

“Este método fue desarrollado por el servicio geológico del departamento del interior de los Estados Unidos inicialmente para evaluar los impactos referentes con proyectos de índole minero” (Leopold et al. 1971). Con el pasar de los años su uso fue extendiéndose a los proyectos de la ingeniería civil. “El método se basa en desarrollar una matriz para establecer relaciones causa – efecto con las características exclusivas de cada proyecto. Esta matriz es considerada como una lista de control bidimensional” (Leopold et al. 1971). “En una dimensión se muestra características individuales de un proyecto (actividades, propuestas, elementos de impacto, etc.) mientras que en la otra dimensión se identifican las categorías ambientales que pueden ser afectadas por el proyecto” (Leopold et al. 1971). Su utilidad principal es que es una lista de chequeo que incorpora información cualitativa sobre relaciones causa- efecto, pero también es

muy versátil para la presentación estrictamente ordenada de los resultados de la evaluación. El método de Leopold está basado en una matriz de 100 acciones capaces de causar impacto al ambiente representado por columnas y 88 características y condiciones ambientales representadas por filas; por lo que, en total los impactos analizables suman 8 800. Sin embargo, dada la extensión de la matriz se recomienda operar con una matriz reducida, es decir solamente con filas y las columnas que tengan relación con el proyecto a evaluar.

El procedimiento de elaboración e identificación es el siguiente (Caura y otros 1988):

1. Se elabora un cuadro (fila), donde deben aparecer las acciones del proyecto.
2. Se elabora otro cuadro (columna), donde deben aparecer los factores ambientales.
3. Construir la matriz con las columnas y filas mencionadas
4. Para la identificación se intersecan ambos cuadros, se revisan las filas de las variables ambientales y se seleccionan sólo aquellas que pueden ser alteradas por las acciones del proyecto
5. Evaluar la magnitud e importancia en cada celda.
6. Adicionar una fila (al fondo) y una columna (a la extrema derecha) de celdas para cómputos (Evaluaciones)
7. Trazar la diagonal de cada celda e ingresar la suma algebraica de los valores precedentemente ingresados.
8. En la intersección de la fila con la columna en el extremo al fondo y a la derecha se ingresarán las sumas finales.
9. Los resultados indican las actividades más perjudiciales o beneficiosas para el ambiente y las variables ambientales más afectadas, tanto positiva y negativamente.

10. Para la identificación de efectos de segundo o tercer grado se pueden construir matrices sucesivas, una de cuyas entradas son los efectos primarios y la otra los factores ambientales.

El análisis consiste en la discusión de los impactos más significantes, es decir las filas y columnas con las mayores calificaciones y aquellas celdas aisladas con números mayores. Ciertas Celdas pueden ser señalizadas, si se intuye que una situación extrema puede ocurrir, aunque tenga baja probabilidad.

Magnitud: Valoración del impacto o de la alteración potencial a ser provocada; grado extensión o escalas, En la esquina superior izquierda de cada celda, se coloca un numero entre 1 y 10 para indicar la magnitud del posible impacto (mínima =1) delante de cada número se colocará el signo (-) si el impacto es perjudicial y (+) si es beneficioso

Importancia: Valor ponderal, que da el peso relativo del potencial impacto. En la esquina inferior derecha colocar un número entre 1 y 10 para indicar la importancia del posible impacto. Hace referencia a la relevancia del impacto sobre la calidad del medio y la extensión o zona territorial afectada (por ejemplo, regional frente a local)

Tabla 11*Criterios de evaluación -Matriz de Leopld*

Naturaleza	
Benficio	+
Adeverso o negativo	-
Duracion	
Temporal	Green
Prolongado	Yellow
Permanente	Red
Reversibilidad	
Reversible a corto plazo	==
Reversible a largo plazo	
Irreversible	====
Magnitud de efecto	
Local	L
Regional	R
Importancia del factor afectado	
No signoficativo	1-2
Poco Significativo	3-4
Significativo	5-6
Muy signicativo	7-8
Altamente significativo	9-10
VALORACIÓN DE IMPACTOS	
IMPACTO BAJO	1-3
IMPACTO MEDIO	3.1 - 6.1
IMPACTO SEVERO O ALTO	6.1- 9.2
IMPACTO CRÍTICO MUY ALTO	> 9.3

Fuente: Servicio Geológico del departamento del interior de los estados unidos

Ciclo de vida del polímero reciclado.

- Recolección de botellas
- Transporte
- Clasificación
- Lavado y desetiquetado
- Triturado o cortado
- Habilitado en obra

Factores socio medio ambientales afectados para esta investigación.

❖ Impacto en el agua

En la producción (-). Este recurso natural se utiliza en la producción de polímeros reciclados, para el lavado de las botellas. Si hablamos de contaminación del agua fruto del lavado de las botellas es mínima o prácticamente es nula; porque el lavado básicamente se realiza para el retiro de tierra, arena y restos de bebida de la botella; los cuales no crea una contaminación adicional que el residuo de bebida existente en las botellas.

Impacto consecuente (+). Basándose en datos de la revista Science, científicos de la Universidad de Stanford y de Peking informan que a los océanos llega entre 0.48 y 1.27 millones de toneladas de plástico, entre ellos envases PET. Del 90% restante, alrededor el 80% yace en el medio ambiente y en vertederos más o menos controlados. En la actualidad, la humanidad apenas recicla el 10%. Así que el envenenamiento de los océanos es latente

Se debe destacar que una investigación realizada por científicos de las Universidades de Hawái, de Ciudad del Cabo, de Western Australia, y de otras instituciones científicas de Francia, California, Chile, y Nueva Zelanda, calculó que la cantidad actual de microplásticos en los mares y océanos del mundo es de aproximadamente 5.25 trillones de partículas, equivalente a 270 mil toneladas de microplásticos.

Los ríos, juegan un papel importante en la contaminación de los mares, al transportar las basuras desde el continente hasta el mar. Un estudio demostró que

solamente dos ríos de la ciudad de los Ángeles (California-EEUU) vierten al océano Pacífico 2 billones de partículas en sólo 3 días.

La isla de plástico o también llamada continente de plásticos está formado en el océano Pacífico entre Hawái y California. Su superficie tiene una extensión aproximada entre 710 000 km² y 17 000 000 km². Comparativamente juntando Francia, Alemania y España, tendríamos una superficie menor a la de la isla de plástico del Pacífico (Álvarez, 2020). A nivel mundial existe cantidad de islas de plástico, generados por los seres humanos. Por lo tanto, al reciclar e industrializar polímeros reciclados para diferentes usos, entre para el tratamiento de la subrasante de baja capacidad portante tiene un aporte importante para el agua el planeta y las especies que habitan en él.

❖ Impacto en el aire

En el proceso de producción PET para estabilizar suelos, En lo que se refiere en el aire no existe contaminación, asimismo como impacto positivo consecuente es nulo

❖ Impacto en la Energía

En la producción (-). En la producción si existe consumo de energía que puede ser suministrado por generación propia (planta eléctrica) o tomar de las empresas que ofrecen el servicio de fluido eléctrico, dependiendo de la disponibilidad.

Impacto consecuente (+). No existe impacto positivo consecuente

❖ Impacto sonoro (Ruido)

En la producción (-). En el proceso de producción es el sonido inarticulado creado en cada una de las acciones de la actividad, existe ruido del molino y de la máquina lavadora, ruido admisible que puede ser controlado.

Impacto consecuente (+). No existe impacto positivo consecuente

❖ **Impacto biótico**

En la producción (-). El proceso de producción no influye en el ámbito biótico

Impacto consecuente (+). El reciclado de material polimérico afecta positivamente al ecosistema, en especial a la fauna que se ve perjudicado por la contaminación de los ríos mares, suelo, etc, así mismo a la flora que se ve afectado también por la contracción en menos escala que la fauna. En esta parte no podemos dejar de mencionar que en la producción de materiales que hoy en día se usan para el tratamiento de subrasantes, como el cemento, la cal, etc, se genera una deforestación del medio ambiente, habitad de muchas especies, percibiéndose la remoción y perturbación de especies de la fauna.

Por lo tanto, al reciclar un material polimérico no sólo se favorece en la descontaminación de la flora y la fauna sino también se evita la afectación de la flora y la fauna por la industria del cemento, cal y otros que se usan en el tratamiento de la subrasante.

❖ **Impacto Social**

En la producción (-). No existe impacto negativo en la producción

Impacto consecuente (+). Se deriva del proceso de reciclado y triturado, los cuales generan puestos de trabajo, mejorando de algún modo el estilo de vida de las personas

Tabla 12*Matriz de Leopold*

		ACCIONES DEL PROYECTO	USO DE LA CAL					Interacciones		Sumatoria		USO DEL PET					Interacciones		Sumatoria								
IMPACTO AMBIENTAL			ETAPAS									ETAPAS															
COMPONENTES		FACTORES AMBIENTALES		Extracción u Obtención		Lavado		Trituración		Cocción o calcinación		Pulverización		Hidratación		Negativo		Positivo		Negativo		Positivo		Negativo		Positivo	
MEDIO HUMANO	Ámbito Físico	Tierra (minerales, s. cult)																									
		Agua																									
		Suelo (Erosionabilidad...)																									
		Airatmosférica (CO,CO2, NOx, S)																									
		Impacto flora																									
		Impacto Fauna																									
MEDIO HUMANO	Ámbito Biótico	Impacto social																									
	Ámbito sociocultural	Impacto salud																									
Interacciones		Negativo																									
		Positivo																									
Sumatoria		Negativo																									
		Positivo																									
RESULTADOS																											

Fuente: (Zamorano, 2019)

4.8 Aspectos Éticos de la Investigación

Las consideraciones éticas son especialmente importantes en estudio de investigación que requieren la participación de seres humanos por ello en 1964 se dio la Declaración de Helsinki, donde se defendió de forma universal el principio de la preferencia al bienestar del participante sobre los intereses de la ciencia y la sociedad. Este documento precursor de ética en la investigación nació para la investigación biomédica.

“Los códigos de ética son el formato convencional que asumen los principios morales en las asociaciones académicas y profesionales” (Denzin & Lincoln, 2012).

“En correspondencia con lo antes expuesto, se está ante un actuar ético del investigador basados en los principios de respeto, justicia y optimización de beneficios; principios que constituyen la base de la investigación ética en seres humanos” (Coello, 2016) .

Por lo expuesto, los aspectos éticos del investigador deben orientarse a:

- a)** Realizar investigaciones garantizando el bienestar social.
- b)** Cumplir con los procedimientos de la metodología elegida, con las normas institucionales y gubernamentales que regulan toda investigación.
- c)** Dar a conocer a la comunidad científica los descubrimientos o hallazgos de la investigación de manera abierta y completa.
- d)** Los experimentos deben hacerse explícito, tal como fueron realizados, mostrando el análisis y resultados de la forma más precisa posible.
- e)** Respetar la autoría del trabajo de otros investigadores, citando de forma correcta las investigaciones realizadas previamente.
- f)** Revelar los conflictos de intereses que puedan presentarse en sus diferentes roles como investigador, Jurado y asesor.

En la ejecución de esta investigación se garantizó el cumplimiento de los códigos de ética.

Capítulo V

Resultados

5.1 Descripción de Resultados

5.1.1 Resultado de ensayos preliminares del suelo (propiedades físicas y mecánicas)

5.1.1.1 Análisis granulométrico (tamizado). Mediante este ensayo se clasifica los suelos donde se puede apreciar la distribución granulométrica. La tabla 12 muestra la distribución granulométrica de las 04 calicatas.

En la tabla 12 se puede apreciar que en la muestra de la calicata 01, el 58.3% pasa la malla N° 200, lo cual evidencia gran presencia de material limo arcilloso (más del 50%), en la calicata 02 el porcentaje pasante de la malla N° 200 es 46.2%, evidenciando una considerable presencia de material limo arcilloso; mientras que en las muestras de las calicatas 03 y 04 los porcentajes pasantes son: 5% y 22%, respectivamente, por lo que en este suelo hay menor presencia de material limo arcilloso.

Tabla 13

Granulometría de calicatas

GRANULOMETRÍA						
MALLA		PASANTE (%)				
TAMIZ serie americana	ABERTURA (mm)	C1	C2	C3	C4	
3"	76.200	100	100	100	100	
2 1/2"	63.500	100	100	100	96.4	
2"	50.800	100	100	100	93.5	
1 1/2"	38.100	100	93.5	91.7	89	
1"	25.400	100	90.3	87.3	83.4	
3/4"	19.050	100	85	81.9	77.2	
1/2"	12.700	100	82	77.4	70.9	
3/8"	9.525	97.4	78.3	63.8	64.6	
1/4"	6.350	95.5	75.3	59.1	57.6	
N° 4	4.760	91.3	72	51.9	48.8	

N° 10	2.000	80.5	64	43.6	40.6
N°16	1.190	73.2	58	29.5	37.5
N°20	0.840	66.8	52.7	19.6	33.8
N°40	0.426	65.3	51.4	16.8	30.6
N°100	0.149	62.6	49.4	12.2	26.4
N°200	0.074	58.3	46.2	5	22
-200					

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 13, en términos de resistencia de suelo podemos decir que el suelo de la calicata 01 posee poca capacidad portante, por la gran presencia de material limo- arcilla (58.30%) y muy poco porcentaje de material del tipo grava (8.7%); la que al suelo le proporciona resistencia al esfuerzo cortante, mientras que el 33% del material es arena (material que ocupa los espacios vacíos que existe entre gravas y las partículas finas que aportan en la cohesión del suelo. En la calicata 02 la cantidad de material limo-arcilla disminuye a 46,20%, el porcentaje de grava y arena se incrementa a 28% y 25.8% respectivamente, haciendo que este suelo en términos de CBR sea más resistente que el suelo de la C1 a pesar de la alta presencia del material limo-arcilloso. En los suelos de las calicatas C3 Y C4 hay poca presencia de material limo arcilla (5% y 22% respectivamente) y alta presencia de grava y arena en ambos casos; esta forma de destrucción del suelo hace que éste tenga un mejor comportamiento en términos de resistencia.

Tabla 14

Tipo de material en porcentaje

MATERIAL	C1	C2	C3	C4
Cantos	0.00%	0.00%	0.00%	3.60%
Grava	8.70%	28.00%	48.10%	47.60%
Arena	33.00%	25.80%	46.90%	26.80%
Limo -Arcilla	58.30%	46.20%	5.00%	22.00%

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.2 Contenido de humedad. Conocer el contenido de humedad de un suelo es importante para saber si este valor de humedad es inferior o superior al contenido óptimo de humedad que el suelo requiere para ser compactado la subrasante. Para esta investigación los contenidos de humedad se muestran en la tabla 14. El promedio del contenido de humedad de la zona estudiada es 31.03%.

Tabla 15

Contenido de humedad

CALICATA	PROF. (m)	W%	W% PROM.
C1	1.5	32.40%	
C2	1.5	32.58%	
C3	1.5	25.93%	
C4	1.5	33.20%	31.03%

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.3 Límites de Atterberg (LL, LP e IP). La tabla 15 muestra que el suelo de la calicata 01 presenta un IP mayor a 10% (13.08), por lo que es un suelo arcilloso, en contraste los suelos de las calicatas 02, 03 y 04 son suelos poco arcillosos al tener un IP menor a 10%.

Los datos de LL, LP e IP son usados para clasificar el suelo

Tabla 16

Características plásticas del suelo

CALICATA	LL	LP	IP
C1	32.40%	19.32%	13.08%
C2	31.80%	22.70%	9.10%
C3	25.93%	18.48%	7.45%
C4	33.20%	24.90%	8.30%

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.4 Clasificación SUCS y AASHTO. Para la tarea clasificación de los suelos se tiene dos métodos (SUCS y AASHTO). AASHTO fue diseñado especialmente para la construcción de obras viales, en tanto, el SUCS, no es de uso exclusivo de ninguna clase de proyectos en especial, por lo que es utilizado en todo tipo de obras civiles.

El sistema de clasificación SUCS se basa en la determinación en laboratorio de la distribución del tamaño de partículas (usando los porcentajes pasantes de las mallas N° 4, 200) y las características plásticas (límite líquido y el índice de plasticidad); mientras que el sistema AASHTO se basa en los resultados de la determinación en laboratorio de la distribución del tamaño de partículas del suelo (usando los porcentajes pasantes de las más mallas N° 10, 40, 200), LL, LP y el IG. Para material subrasante se califica el suelo en función de IG, el suelo es bueno cuanto más se acerque a 0 su índice de grupo (número entre paréntesis a la derecha de la tabla).

Tabla 17

Clasificación SUCS y AASHTO

CALICATA	SUCS	AASHTO
C1	CL (Arcilla de baja plasticidad)	A-6(8)
C2	SC (Arena arcillosa)	A-4(10)
C3	SW-SC (Arena bien graduada con arcilla)	A-2-4(14)
C4	SW-SC (Arena bien graduada con arcilla)	A-2-4(20)

Fuente: Elaboración propia

5.1.2 Ensayo PROCTOR

5.1.2.1 Ensayos PROCTOR de suelo sin aditivos. Según los ensayos anteriores se pudo clasificar dos tipos de suelo en la zona de estudio: C1 (arcilloso =suelo pobre) necesita tratamiento para ser usado como material para subrasante y C2, C3 Y C4 (suelo granular= suelo bueno) que con un mínimo de tratamiento puede ser usado como material para la subrasante. Ya habiendo reconocido y agrupado los suelos, para los ensayos posteriores se trabajó con una calicata que represente a cada grupo de suelos (C1= C1 y C2 = C2, C3 Y C4). La tabla 17 muestra un contenido de humedad óptima que hace que el suelo alcance la máxima densidad seca.

Tabla 18

Ensayo Proctor suelo Natural

ENSAYO PROCTOR		
CALICATA	MDS (gr/ cm ³)	OCH (%)
C1	1.96	10.5
C2	1.89	11.3

Fuente: Elaboración propia

5.1.2.2 Ensayos PROCTOR de suelo con aditivos (cal). La tabla 18 muestra la máxima densidad seca que alcanza el suelo tratado con cal para un contenido de humedad óptimo

Tabla 19

Ensayo Proctor suelo + cal

ENSAYO PROCTOR (con cal)		
CALICATA	MDS (gr/ cm ³)	OCH (%)
C1	1.93	12.8

Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Ensayo CBR

5.1.3.1 **Ensayos CBR de suelo sin aditivos.** Como lo demuestran los ensayos anteriores en la zona de estudio se encontraron 2 tipos de suelos, suelo pobre como para ser usada como subrasante (C1) y suelo bueno (C2, C3 Y C4). Estratégicamente para el estudio de CBR se consideró analizar el suelo más crítico (C1) y para comparar los resultados, se ensayó el suelo de la calicata 02, que representa un mejor suelo en términos de su resistencia.

En la tabla 19 se evidencia que el resultado de CBR sin aditivo para la calicata 01 es menor a 6% (4.5%), ello por la carencia de gravas que resiste el esfuerzo cortante; por lo que este suelo para ser usado con fines de subrasante necesita un tratamiento; para ello en esta investigación se propone adicionar polímeros PET que haga las veces de grava, para mejorar su resistencia. Sin aditivo, el resultado de CBR para la calicata 02 que representa a las calicatas 02, 03 y 04 es mayor a 6% - (8.03%), pasando el mínimo de CBR que MTC recomienda que debe tener un suelo para ser usado como subrasante (6%). (Ver tabla 20)

Tabla 20

Ensayo CBR de suelo natural (C1)

CBR C1								CBR	CBR
GOLPES	W%	DENSIDAD (gr/cm ³)	EXPANSIÓN (%)	COMPACTACIÓN (%)	CBR (%) 0.1 "	CBR (%) 0.2 "		95%	100%
12	9.79	1.59	2.36	81.19	3.46	2.84			
25	9.07	1.7	1.86	86.66	4.57	3.76	4.5		4.74
56	9.84	1.73	1.07	88.08	6.99	7.62			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21*Ensayo CBR de suelo natural (C2)*

CBR C2									
GOLPES	W%	DENSIDAD (gr/cm3)	EXPANSIÓN (%)	COMPACTACIÓN (%)	CBR (%) 0.1 "	CBR (%) 0.2 "	CBR 95%	CBR 100%	
12	10.31	1.63	2.36	86.23	5.81	6.36			
25	11.52	1.65	3.07	87.44	6.97	9.16	8.03	8.45	
56	9.56	1.77	5.47	93.85	8.82	9.83			

Fuente: Elaboración propia

5.1.3.2 Ensayos CBR para conocer el % óptimo del polímero. Luego de identificar dos tipo de suelos, una suelo pobre con poca capacidad portante (C1) y otra con mejor capacidad (C2, C3 y C4), con el fin de mejorar su resistencia del suelo, incrementando aditivo (polímero PET) se procedió a realizar 3 ensayos incrementando este aditivo en porcentajes diferentes: En la calicata 01(suelo que no pasa el mínimo de CBR que MTC recomienda para ser usado como subrasante - poca capacidad portante), adicionando un 1.5% del polímero se obtiene una máxima resistencia en términos de CBR. (Ver tablas 21, 22 y 23).

Tabla 22*Ensayo CBR de suelo + 1% de polímero (C1)*

CBR C1 (con 1 % de polímero)									
GOLPES	W%	DENSIDAD (gr/cm3)	EXPANSIÓN (%)	COMPACTACIÓN (%)	CBR (%) 0.1 "	CBR (%) 0.2 "	CBR 95%	CBR 100%	
12	12.96	1.60	2.36	81.76	4.1	4.34			
25	11.86	1.75	2.41	89.14	5.4	5.71	5.05	5.32	
56	11.28	1.84	3.24	93.75	5.68	5.93			

Fuente: Elaboración propia**Tabla 23***Ensayo CBR de suelo + 1.5 % de polímero (C1)*

CBR C1 (con 1.5 % de polímero)									
GOLPES	W%	DENSIDAD (gr/cm3)	EXPANSIÓN (%)	COMPACTACIÓN (%)	CBR (%) 0.1 "	CBR (%) 0.2 "	CBR 95%	CBR 100%	
12	16.97	1.62	2.41	82.7	3.93	4.28			
25	16.4	1.69	2.15	86.07	4.73	5.78	5.39	5.67	
56	16	1.78	2.08	90.74	5.24	6.95			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24*Ensayo CBR de suelo + 2 % de polímero (C1)*

CBR C1 (con 2 % de polímero)								
GOLPES	W%	DENSIDAD (gr/cm3)	EXPANSIÓN (%)	COMPACTACIÓN (%)	CBR (%) 0.1 "	CBR (%) 0.2 "	CBR 95%	CBR 100%
12	12.44	1.55	2.43	79.06	2.75	2.98		
25	12.18	1.62	1.95	82.52	3.95	3.85	4.03	4.24
56	12.6	1.86	1.14	94.83	5.83	5.94		

Fuente: Elaboración propia

Así mismo en la calicata 02 (suelo que pasa el mínimo de CBR que MTC recomienda para ser usado como subrasante) que representa a la C2, c3 y c4), adicionando un 1.5% del polímero se obtiene una máxima resistencia en términos de CBR. (Ver tablas 24, 25y 26)

Tabla 25*Ensayo CBR de suelo + 1 % de polímero (C2)*

CBR C2(con 1 % de polímero)								
GOLPES	W%	DENSIDAD (gr/cm3)	EXPANSIÓN (%)	COMPACTACIÓN (%)	CBR (%) 0.1 "	CBR (%) 0.2 "	CBR 95%	CBR 100%
12	22.6	1.51	1.93	79.89	5.39	6.49		
25	21.14	1.59	1.82	84.18	6.31	7.83	7.15	7.53
56	23.74	1.58	1.8	83.78	7.84	8.29		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26

Ensayo CBR de suelo + 1.5 % de polímero (C2)

CBR C2 (con 1.5 % de polímero)									
GOLPES	W%	DENSIDAD (gr/cm3)	EXPANSIÓN (%)	COMPACTACIÓN (%)	CBR (%) 0.1 "	CBR (%) 0.2 "	CBR 95%	CBR 100%	
12	7.74	1.67	2.41	88.43	7.29	8.2	8.71	9.17	
25	7.81	1.76	3	93.13	8.12	9.36			
56	7.95	1.74	5.39	92.09	9.4	9.94			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27

Ensayo CBR de suelo + 2 % de polímero (C2)

GOLPES	W%	DENSIDAD (gr/cm3)	EXPANSIÓN (%)	COMPACTACIÓN (%)	CBR (%) 0.1 "	CBR (%) 0.2 "	CBR 95%	CBR 100%	
12	11.39	1.80	1.73	95.34	6.36	7.82	8.16	8.59	
25	10.84	1.83	1.42	96.77	7.42	8.48			
56	11.77	1.87	1.36	99.08	8.15	9.47			

Fuente: Elaboración propia

En ambos casos (C1 y C2) adicionando al 1.5% de polímero (PET) se obtiene un CBR máximo, como se evidencia en la tabla 27

Tabla 28

Porcentaje óptimo para CBR Máximo

CBR AL 95%		
% de polímero	C1	C2
1.00%	5.05%	7.15%
1.50%	5.39%	8.71%
2.00%	4.03%	8.16%

Fuente: Elaboración propia

5.1.3.3 Ensayos CBR para conocer la influencia de la forma geométrica del polímero. Para la calicata 01, los resultados de los ensayos, para conocer la forma geométrica que más aporta en la resistencia del suelo nos evidencia lo siguiente: adicionando polímero de forma cuadrado (al 1.5%) se obtiene un CBR de 5.84%; en cambio adicionando polímeros de forma alargada al mismo porcentaje se obtiene un CBR de 4.73; los cual nos aclara que la forma geométrica del polímero PET que más aporta en la resistencia del suelo es la forma cuadra o lados uniformes. (Ver tablas 28 y 29).

Tabla 29

CBR con polímero cuadrado (C1)

CBR C1 (con polímero cuadrado)									
GOLPES	W%	DENSIDAD (gr/cm3)	EXPANSIÓN (%)	COMPACTACIÓN (%)	CBR (%) 0.1 "	CBR (%) 0.2 "	CBR 95%	CBR 100%	
12	18.81	1.55	2.41	79.27	2.45	3.27			
25	18.42	1.69	2.63	86.11	5.92	5.83	5.84	6.15	
56	18.64	1.76	1.76	89.66	7.34	9.35			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30*CBR con polímero alargado (C1)*

CBR C1 (con polímero alargado)									
GOLPES	W%	DENSIDAD (gr/cm3)	EXPANSIÓN (%)	COMPACTACIÓN (%)	CBR (%) 0.1 "	CBR (%) 0.2 "	CBR 95%	CBR 100%	
12	16.68	1.6	2.28	81.46	2.13	2.74			
25	16.40	1.69	2.10	86.07	4.28	5.37	4.73	4.98	
56	16.00	1.78	1.01	90.74	6.17	6.83			

Fuente: Elaboración propia

Para la calicata 02, los resultados de los ensayos, para conocer la forma geométrica que más aporta en la resistencia del suelo nos evidencia lo siguiente: adicionando polímero de forma cuadrado (al 1.5%) se obtiene un CBR de 9.92%; en cambio adicionando polímeros de forma alargada al mismo porcentaje se obtiene un CBR de 8.33. Se evidencia que, si bien mejora la resistencia con respecto al resultado del suelo sin aditivo, esta mejora es mínima, además la forma alargada del polímero influye poco en esta mejora. (Ver tablas 30 y 31)

Tabla 31*CBR con polímero cuadrado (C2)*

CBR C2 (con polímero cuadrado)									
GOLPES	W%	DENSIDAD (gr/cm3)	EXPANSIÓN (%)	COMPACTACIÓN (%)	CBR (%) 0.1 "	CBR (%) 0.2 "	CBR 95%	CBR 100%	
12	9.91	1.86	2.41	98.66	3.65	6.24			
25	9.84	1.94	2.08	102.49	6.27	11.32	9.92	10.44	
56	9.71	2.04	1.09	107.90	9.35	13.76			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32*CBR con polímero alargado (C2)*

CBR C2 (con polímero alargado)									
GOLPES	W%	DENSIDAD (gr/cm3)	EXPANSIÓN (%)	COMPACTACIÓN (%)	CBR (%) 0.1 "	CBR (%) 0.2 "	CBR 95%	CBR 100%	
12	20.8	1.49	1.88	78.98	4.82	6.94			
25	19.39	1.60	1.77	84.39	6.16	8.81	8.3	8.74	
56	18.53	1.76	1.75	93.07	8.92	10.47			

Fuente: Elaboración propia

5.1.3.4 Ensayos CBR con aditivo (cal). El suelo de la calicata 01, por ser el suelo más pobre de la investigación, además como la norma recomienda que para mejorar su plasticidad de este tipo de suelo se debe usar cal, se realizó ensayos del suelo con este aditivo. Empero para tratar un suelo con cal se debe tener en cuenta que la mezcla de suelo, cal y agua debe tener un PH 12.4, para ello fue necesario investigar el porcentaje de cal que logra este PH. (Prueba de Eades-Grim), para el suelo de la calicata 01, el porcentaje que de cal que logra un PH óptimo de la mezcla es 4.3%, tal como se muestra en la tabla 32.

Tabla 33*Diseño de mezcla para la cal (eades-grim astm o-6276)*

FRASCO	% DE CAL	ESTRUCTURA	SUELO SECADO AL HORNO (gr.)	Ph
1*	2	0.47	25	11.84
2*	3	0.73	25	12.21
3*	4	1	25	12.37
4*	5	1.32	25	12.47
5*	6	1.67	25	12.53

Fuente: Elaboración propia

El suelo de la C1 tratado con cal al 4.3% (porcentaje para PH óptimo) arroja un resultado de CBR de 18.1%, superando enormemente al CBR tratado con polímero. Ver tabla 33.

Tabla 34

CBR de suelo + cal (C1)

CBR C1(con cal)								
GOLPES	W%	DENSIDAD (gr/cm3)	EXPANSIÓN (%)	COMPACTACIÓN (%)	CBR (%) 0.1 "	CBR (%) 0.2 "	CBR 95%	CBR 100%
12	16.42	1.49	2.36	76.17	10.37	15.92		
25	16.34	1.59	1.86	81.18	13.57	17.27	18.1	19.05
56	16.18	1.71	1.07	87.21	16.23	23.96		

Fuente: Elaboración propia

5.1.3.5 Ensayo CBR con aditivo (cal y polímero). El suelo de la C1, se ensayó adicionando cal para mejorar su plasticidad y polímero para aportar la resistencia al esfuerzo cortante, de lo cual se obtuvo un valor de CBR máximo (19.39 %). (Ver tabla 34).

Tabla 35

CBR de suelo + cal + polímero

CBR C1 (con cal al 4.3% + 1.5% de polímero)								
GOLPES	W%	DENSIDAD (gr/cm3)	EXPANSIÓN (%)	COMPACTACIÓN (%)	CBR (%) 0.1 "	CBR (%) 0.2 "	CBR 95%	CBR 100%
12	9.79	1.64	2.39	83.79	13.74	15.46		
25	9.98	1.72	1.99	87.9	17.49	18.35	19.39	20.40
56	9.69	1.73	1.18	88.29	25.46	27.38		

Fuente: Elaboración propia

5.1.4 Evaluación económica.

El costo para obtener 01 kg de cal es s/2.30, mientras que para obtener un kg de PET es s/ 3.60. Para mejorar un km de la subrasante, con un ancho de vía de 10 m, a una profundidad de 20cm y con una dosificado al 1.5% del peso seco del suelo se necesita aproximadamente. 52623.30.

Kg de PET. En tanto para poder mejorar la subrasante de un suelo con las mismas dimensiones se necesitaría 150853.46 Kg de cal, a una dosificación del 4.3% del peso seco del suelo.

Para calcular el costo del PET se realizó un cuadro comparativo de los costos que demanda cada etapa para la obtención de la Cal Y el PET, para que en base al costo de la cal que es conocido se pueda calcular un coeficiente y conocer el costo del PET. (Ver tabla 35).

Tabla 36

Matriz de evaluación económica

COSTOS QUE INTERVIENEN		ETAPAS DE OBTENCIÓN DEL ADITIVO											
		CAL						PET					
		Extracción u Obtención	Lavado	Trituración	Cocción o calcinación	Pulverización	Hidratación	Extracción u Obtención	Lavado	Trituración	Cocción o calcinación		
Costo directo	Equipos y herramientas	3X	X	X	X	X	X	10X	2X	3X	0	0	0
	Mano de obra	X	X	X	X	X	X	10X	2X	X	0	0	0
Costo indirecto	servicios basicos	X	X	X	X	X	X	0X	2X	2X	0	0	0
	personal administrativo	0.5X	0.5X	0.5X	0.5X	0.5X	0.5X	3X	0.5X	0.5X	0	0	0
Sumatoria parcial		5.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	23	6.5	6.5	0	0	0
Sumatoria total		23						36					

Fuente: Elaboración propia

Para realizar un análisis económico más real, se evaluó la influencia del CBR (obtenido con los 2 tipos de aditivo) en el espesor del pavimento, base, sub base y subrasante para ello se consideró evaluar el suelo más crítico (C1). En las tablas 36, 37 y 38 se pueden ver los espesores que debe tener cada capa de la vía para los diferentes CBRs.

Tabla 37

Espesor de las capa de pavimento flexible (CBR: 5.84%)

SN REQUERIDO	SN CALCULADO	ESPESORES EN CM			Correcto!!
		D1	D2	D3	
6.15	6.21	10	40	50	Correcto!!

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38

Espesor de las capa de pavimento flexible (CBR: 18.1%)

SN REQUERIDO	SN CALCULADO	ESPESORES EN CM			Correcto!!
		D1	D2	D3	
4.80	4.82	7	28	45	Correcto!!

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39

Espesor de las capa de pavimento flexible (CBR: 19.39%)

SN REQUERIDO	SN CALCULADO	ESPESORES EN CM			Correcto!!
		D1	D2	D3	
4.72	4.82	7	28	45	Correcto!!

Fuente: Elaboración propia

En las tablas 39, 40 y 41 se visualiza el cálculo del espesor de la subrasante a mejorar para los diferentes CBRs.

Tabla 40

Cálculo del espesor de la subrasante a mejorar (CBR: 5.84%)

*Espesor de Subrasante mejorada

	CBR	SN CALCULADO
SUBRASANTE:	4.50%	6.48
SUBRASANTE MEJORADA:	5.84%	6.15
$D = \frac{DIF. SN}{a_4 \times m_4}$	DIF. SN	0.33

Coef. estructural de subrasante mejorada (a4) =	0.021
Coef. de drenaje de subrasante mejorada (m4) =	1.000
Espesor de la subrasante mejorada (D4) =	17.50 cm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 41

Cálculo del espesor de la subrasante a mejorar (CBR: 18.10%)

*Espesor de Subrasante mejorada

	CBR	SN CALCULADO
SUBRASANTE:	4.50%	6.48
SUBRASANTE MEJORADA:	18.10%	4.80
$D = \frac{DIF. SN}{a_4 \times m_4}$	DIF. SN	1.68

Coef. estructural de subrasante mejorada (a4) =	0.021
Coef. de drenaje de subrasante mejorada (m4) =	1.000
Espesor de la subrasante mejorada (D4) =	80.00 cm

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42

Cálculo del espesor de la subrasante a mejorar (CBR: 19.39%)

*Espesor de Subrasante mejorada

	CBR	SN CALCULADO
SUBRASANTE:	4.50%	6.48
SUBRASANTE MEJORADA:	19.39%	4.72
D = $\frac{DIF. SN}{a_4 \times m_4}$	DIF. SN	1.76

Coef. estructural de subrasante mejorada (a4) =	0.021
Coef. de drenaje de subrasante mejorada (m4) =	1.000
Espesor de la subrasante mejorada (D4) =	85.00 cm

Fuente: Elaboración propia

La tabla 42 muestra en forma resumida un comparativo de los espesores de las capas de un pavimento (pavimento, base, sub base y subrasante a mejorar) para los diferentes CBRs. Para tener una idea más clara de la variación de costos que genera al tratar el suelo con PET; cal, y combinando ambos se elaboró un cuadro comparativo de los costos en materiales, se obvió el costo en mano de obra, maquinaria, equipos y otros porque la variación de costos al usar uno u otro aditivo es mínima. En la tabla 43 se muestra el comparativo de los costos de material en las diferentes capas (de los espesores calculados) que nos arroja los diferentes CBRs obtenidos adicionando PET, Cal y combinado ambos, para un km de pavimento flexible en caliente y un ancho de plataforma de 10 m. Al utilizar el aditivo del PET para mejorar la subrasante, se mejora en un 29.78% (de 4.50% a 5.84%) la resistencia del suelo, llegando así al mínimo de CBR que MTC recomienda que debe tener un suelo para ser usado como subrasante. Aquí vemos que el porcentaje de mejora de CBR es mínimo al tratar el suelo con PET; del mismo modo vemos que el espesor de la subrasante a mejorar es sólo de 17.5 cm;

por lo que el costo de del aditivo (PET) para tratamiento de la subrasante es relativamente económico (S/.165,763.40), así también el costo total de los componentes del pavimento (S/.1,215,763.40). El mismo suelo tratado con cal, la resistencia del suelo mejora en un (302.22%), el espesor de la subrasante a tratar es de 80 cm; por lo que en costos de materiales es elevado (S/.1,387,851.83), así también el costo total de los componentes del pavimento (S/.2,192,851.83) en comparación con el tratado con PET. Al mejorar el mismo suelo combinado ambos aditivos (PET Y cal) la resistencia del suelo aumenta en 330.89%, el espesor de la subrasante a tratar es de 85 cm, el costo en materiales es mucho más elevado (S/.2,279,729.06) así también el costo total de los componentes del pavimento (S/.3,084,729.06). En conclusión, al tratar el suelo con PET, técnicamente no se consigue un resultado muy favorable (se alcanza un suelo sólo con CBR mínimo para ser usado como subrasante); pero económica mente es muy favorable; sin embargo, al tratar el suelo con cal, técnicamente el resultado es muy favorable, pero económica mente el costo es muy elevado y aún más tratando el suelo con la combinación de ambos aditivos.

Tabla 43

Espesores de las capas de un pavimento para los diferentes CBRs

ESPESOR DE PAVIMENTO Y SUBRASANTE EN FUNCIÓN DEL CBR (C1)				
Descripción	Sub. natural	Sub+ PET	Sub+ cal	Sub.+PET+ cal
CBR	4.5	5.84	18.1	19.39
e Pav.(cm)		10	7	7
e Base(cm)		40	28	28
e sub B. (cm)		50	45	45
e Subras. x m.(cm)		17.5	80	85

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44

Costos de material de las capas para los diferentes CBRs

COSTO DE MATERIAL DE PAVIMENTO Y SUBRASANTE EN FUNCIÓN DEL CBR (C1)				
Descripción	Sub. natural	Sub+ PET	Sub+ cal	Sub.+PET+ cal
CBR	4.5	5.84	18.1	19.39
e Pav.(cm)		S/.380,000.00	S/.266,000.00	S/.266,000.00
e Base(cm)		S/.320,000.00	S/.224,000.00	S/.224,000.00
e sub B. (cm)		S/.350,000.00	S/.315,000.00	S/.315,000.00
e Subras. x m.(cm)		S/.165,763.40	S/.1,387,851.83	S/.2,279,729.06
TOTAL		S/.1,215,763.40	S/.2,192,851.83	S/.3,084,729.06

Fuente: Elaboración propia

5.1.5 Evaluación ambiental

Hoy en día donde el cuidado del medio ambiente se ha convertido en un tema fundamental en todo quehacer cotidiano, las investigaciones no sólo se debe evaluar la parte técnica y económica; sino también la parte ambiental; es así que en esta investigación, a través de una matriz de impacto ambiental (Matriz de Leopold) se realizó un análisis de los componentes del medio ambiente que se ven afectados o favorecidos al usar la cal y el PET; cabe mencionar que el medio ambiente no sólo comprende a los recursos naturales, sino también a los seres humanos y los animales que habitan el medio físico y que, indirectamente son parte de la problemática de la contaminación. Para la evaluación del impacto ambiental que genera la producción de los dos aditivos. En la matriz de EIA (tabla 44) se puede observar que el proceso de producción de la cal para ser usado en el tratamiento de suelo pobre, tiene varios impactos ambientales negativos de magnitudes altas en el medio físico, biótico y sociocultural, y sólo 01 impacto positivo de magnitud baja en el medio sociocultural; mientras que el proceso de producción de PET para el mismo uso, genera impactos ambientales negativos de baja magnitud en los medios físico y biótico, y por el contrario genera impactos

ambientales positivos con altas magnitudes y de gran importancia en los medios biótico y sociocultural.

En resumen, el uso de cal en el tratamiento de suelos con poca capacidad portante tiene un impacto ambiental negativo de magnitud 4.8 (magnitud media) con una importancia de 2.7 (baja importancia), y un impacto ambiental positivo con magnitud de 3.0 (magnitud baja) con una importancia de 2.0 (baja importancia). En cambio, el uso del PET para mejorar la capacidad portante del suelo genera un impacto ambiental negativo de magnitud 1.5 (magnitud baja) con una importancia de 1.0 (baja importancia), y un impacto ambiental positivo con magnitud de 8.7 (magnitud alta) con una importancia de 7.7 (alta importancia); por lo que, en términos ambientales, es conveniente usar el PET para tratar un suelo pobre de baja capacidad portante, contribuyendo de esta manera en la mejora de la salud nuestro medio ambiente.

Tabla 45*Matriz de evaluación de impacto ambiental*

		ACCIONES DEL PROYECTO	USO DE LA CAL					Interacciones		Sumatoria		USO DEL PET					Interacciones		Sumatoria						
IMPACTO AMBIENTAL			ETAPAS									ETAPAS													
COMPONENTES	FACTORES AMBIENTALES		Extracción u Obtención	Lavado	Trituración	Cocción o calcinación	Pulverización	Hidratación	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	Extracción u Obtención	Lavado	Trituración	Cocción o calcinación	Pulverización	Hidratación	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO			
	MEDIO NATURAL	Ámbito Físico	Tierra (minerales, s. cult)	-6 2	0	0	0	-2 3	2	0	8 5	0	0	-1 1	0	0	0	0	0	1 0	1 1	1 1	0		
MEDIO HUMANO			Agua	0	0	0	0	-3 4	1	0	3 4	0	0	-3 1	0	0	0	0	0	1 0	3 1	0 1	0		
			Suelo (Erosionabilidad...)	-4 1	0	0	0	0 0	1	0	4 0	0	0	0 1	0	0	0	0	0	0 0	0 0	0 0	0		
			atmosférica (CO,CO2, NOx,...	-2 1	0	0	-3 4	0 0	2	0	5 5	0	0	0 0	0	0	0	0	0	0 0	0 0	0 0	0		
MEDIO HUMANO	Ámbito Biótico	Impacto flora	-8 4	0	0	0	0	0	1	0	8 4	0	9 7	-1 1	0	0	0	0	0	1 1	1 1	9 7	9 7		
		Impacto Fauna	-8 4	0	0	0	0	0	1	0	8 4	0	9 7	-1 1	0	0	0	0	0	1 1	1 1	9 7	9 7		
	Ámbito sociocultural	Impacto social	3 2	0	0	0	0	0	0	1	3 2	8 9	0	0	0	0	0	0	0	0 1	0 0	8 8	9 9		
		Impacto salud	-5 2	0	0	0	-7 2	0	2	0	12 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0 0	0 0	0 0	0 0		
Interacciones			Negativo	6	0	0	1	1	2	10			0	4	0	0	0	0	4						
			Positivo	1	0	0	0	0	0	0	1		3	0	0	0	0	0	3						
Sumatoria			Negativo	33 14	0	0	3 4	7 2	5 7		48 27		0	6 4	0					6 4					
			Positivo	5 2	0	0	0	0	0		3 1	26 23	0	0	0	0	0	0	26 23	1.5 1.0	8.7 7.7				
RESULTADOS									4.8 2.7	3.0 2.0															

Fuente: Elaboración propia

5.2 Contrastación de Hipótesis

5.2.1 Contrastación de la Hipótesis General

H0: Posee una influencia técnica, económica y ambiental favorable la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal.

H1: Posee una influencia técnica, económica y ambiental favorable la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal.

5.2.2 Contrastación Hipótesis Específica nula y alternativa

Para el caso de la hipótesis “a” se realizó la prueba de hipótesis, porque la variable lo permite

1°. Cálculo de normalidad

Para saber el método que se usa para hallar la normalidad se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Para $n < 30$: usar el método de Shapiro Wilk
- Para $n \geq 30$: usar el método de Kolmogorov smirnov

Tabla 46

Cálculo de normalidad



	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Todos los valores que toma la C1	,273	4	.	,886	4	,364
porcentaje de PET	,192	4	.	,971	4	,850
CBR de la calicata 01	,254	4	.	,895	4	,405

a. Lilliefors Significance Correction

Fuente: Obtención propia

2°. Prueba de hipótesis

Al tener un resultado de $Sig > 0.05$ por el método de Shapiro Wilk. se debe aplicar prueba paramétrica; pero, se debe aplicar prueba no paramétrica porque $n < 30$

PET → CBR

Tabla 47

Prueba de hipótesis

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The median of differences between porcentaje de PET and CBR de la calicata 01 equals 0.	Related-Samples Wilcoxon Signed Rank Test	,068	Retain the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is ,05.

Fuente: Obtención propia

Resultado: $\text{Sig} > \alpha (0.68 > 0.05)$; por lo tanto, la H_0 es aceptada, es decir la hipótesis nula es aceptada.

a)

H_0 : Posee una influencia técnica favorable, la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal.

H_1 : Posee una influencia técnica favorable, la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal.

Como la hipótesis nula es aceptada, la hipótesis alternativa corrobora la misma.

En los casos de las hipótesis de “b” y “c” no se realizó la prueba de hipótesis porque la variable no lo permite. Sin embargo, según los resultados de esta investigación queda de la siguiente manera:

b)

H_0 : Posee una influencia económica favorable, la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal.

H1: Posee una influencia económica favorable, la estabilización de suelos arcillosos - vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal.

c)

H0: Posee una influencia ambiental favorable, la estabilización de suelos arcillosos - vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal.

H1: Posee una influencia ambiental favorable, la estabilización de suelos arcillosos - vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal.

Análisis y Discusión de Resultados

Para conocer el porcentaje óptimo de polímero (PET) que hace que el suelo alcance su máxima resistencia se ensayó la C1 y C2 (la primera que representa un suelo pobre, con CBR=4.5% y la segunda un suelo regular, con CBR = 8.03%) y se logra obtener que, en ambos casos, el porcentaje óptimo de polímero (PET), que hace que el suelo alcance su máxima resistencia es **1.5%** (C1= 5.39 y C2= 8.71 respectivamente)

Para conocer la forma geométrica del polímero (PET) que hace que el suelo alcance su máxima resistencia se ensayó la C1 y C2 (la primera que representa un suelo pobre, con CBR=4.5% y la segunda un suelo regular, con CBR = 8.03%) y se logra obtener que en ambos casos que, la forma geométrica de polímero (PET) que más aporta y que hace que el suelo alcance su máxima resistencia es la **forma cuadrada.** (C1= 5.84 y C2= 9.92 respectivamente)

Para realizar un comparativo de resultados del uso de cal, PET o la combinación de ambos. Se optó por estudiar el suelo de la calicata 01, por ser el suelo más pobre de la investigación, además como la norma recomienda que para mejorar su plasticidad de este tipo de suelo se debe usar cal; se realizó ensayo a este suelo adicionando cal en un 4.3% (porcentaje para PH óptimo) obteniendo un resultado de CBR de 18.1%, superando de esta manera enormemente al CBR tratado con polímero (5.84%)

El suelo de la C1, adicionado la combinación de ambos aditivos (cal para mejorar su plasticidad y polímero PET para aportar resistencia al esfuerzo cortante), arroja un CBR de 19.39% (máximo valor que se obtuvo en esta investigación).

Para tener una idea más clara de la variación de costos que genera al tratar el suelo con PET; cal, y con la combinación de ambos se elaboró un cuadro comparativo de los costos en materiales, en el que se obvió el costo en mano de obra, maquinaria, equipos y otros; porque

la variación de costos al usar uno u otro aditivo es mínima. De la evaluación de los costos en materiales en el tratamiento de la subrasante del suelo (el programa calcula el espesor de la subrasante a mejorar, al introducir datos como el CBR actual, el CBR deseado y otros) que nos arroja los diferentes CBRs deseados (máximos valores de CBRs hallados con cada tipo de aditivo) obtenidos adicionando PET, Cal y combinado ambos; así mismo de la evaluación del costo total de un pavimento flexible en caliente, para un km de y un ancho de plataforma de 10 m se obtiene: utilizando el aditivo del PET la subrasante mejora en su resistencia en un 29.78% (de 4.50% a 5.84%), llegando así al mínimo de CBR que MTC recomienda que debe tener un suelo para ser usado como subrasante. Aquí vemos que el porcentaje de mejora de CBR es mínimo al tratar el suelo con PET; del mismo modo vemos que el espesor de la subrasante a mejorar es sólo de 17.5 cm; por lo que el costo de del aditivo (PET) para tratamiento de la subrasante es relativamente económico (S/.165,763.40), así también el costo total de los componentes del pavimento (S/.1,215,763.40). El mismo suelo tratado con cal, la resistencia del suelo mejora en un (302.22%), el espesor de la subrasante a tratar es de 80 cm; por lo que en costos de materiales es elevado (S/.1,387,851.83), así también el costo total de los componentes del pavimento (S/.2,192,851.83) en comparación con el tratado con PET. Al mejorar el mismo suelo combinado ambos aditivos (PET Y cal) la resistencia del suelo aumenta en 330.89%, el espesor de la subrasante a tratar es de 85 cm, el costo en materiales es mucho más elevado (S/.2,279,729.06) así también el costo total de los componentes del pavimento (S/.3,084,729.06). En conclusión, al tratar el suelo con PET, técnicamente no se consigue un resultado muy favorable (se alcanza un suelo sólo con CBR mínimo para ser usado como subrasante); pero económica mente es muy favorable; sin embargo, al tratar el

suelo con cal, técnicamente el resultado es muy favorable, pero económicoicamente el costo es muy elevado y aún más tratando el suelo con la combinación de ambos aditivos.

A través de una matriz de impacto ambiental se realizó un análisis de los campos del medio ambiente que se ven afectados o favorecidos al usar cal o PET. En este análisis se obtiene que el uso de cal en el tratamiento de suelos con poca capacidad portante tiene un impacto ambiental negativo de magnitud 4.8 (magnitud media) con una importancia de 2.7 (baja importancia), y un impacto ambiental positivo con magnitud de 3.0 (magnitud baja) con una importancia de 2.0 (baja importancia). En cambio, el uso del PET para mejorar la capacidad portante del suelo genera un impacto ambiental negativo de magnitud 1.5 (magnitud baja) con una importancia de 1.0 (baja importancia), y un impacto ambiental positivo con magnitud de 8.7 (magnitud alta) con una importancia de 7.7 (alta importancia); por lo que, en términos ambientales, es conveniente usar el PET para tratar un suelo pobre de baja capacidad portante, contribuyendo de esta manera en la mejora de la salud nuestro medio ambiente

Conclusiones

Conclusión General

Los desechos poliméricos y la cal, en la estabilización de suelos arcillosos de las vías de Azapampa tiene una influencia de la siguiente manera: Los polímeros tienen influencia técnica favorable, influencia económica muy favorable e influencia ambiental muy favorable. Mientras que la cal tiene influencia técnica muy favorable, influencia económica muy desfavorable e influencia ambiental desfavorable. La combinación de ambos aditivos tiene una influencia técnica muy favorable e influencia económica muy desfavorable. De manera específica:

Conclusiones Específicas

a) Técnicamente, los desechos poliméricos tienen influencia favorable y la cal tiene influencia muy favorable, en la estabilización de suelos arcillosos de las vías de Azapampa; porque al tratar el suelo con PET reciclado se logra mejorar el CBR en un **29.78% (de 4.50% a 5.84%)**, ver tabla 19 y 28. Al tratar el mismo suelo con cal se logra mejorar su resistencia en un **302.22% (de 4.50% a 18.10%)** ver tablas 19 y 33; así también al tratar este mismo suelo con la combinación de PET y cal se obtiene mejorar su resistencia en **330.89% (de 4.50% a 19.39%)**. Ver tablas 19 y 34.

b) Económicamente, los desechos poliméricos tienen influencia muy favorable y la cal tiene influencia muy desfavorable, en la estabilización de suelos arcillosos de las vías de Azapampa; porque, para 01 km de pavimento flexible en caliente, con un ancho de plataforma de 10 m se obtiene lo siguiente: utilizando el aditivo del PET (29.78% - su CBR mejora de 4.50% a 5.84%); el espesor de la subrasante a mejorar es sólo de **17.5 cm**; por lo que el costo de del aditivo (PET) para tratamiento de la subrasante es relativamente

económico (**S/.S/.165,763.40**), así también el *costo total de los componentes del pavimento (S/.1,215,763.40)*. El mismo suelo tratado con cal, (302.22% - su CBR mejora de 4.50% a 18.10%), el espesor de la subrasante a tratar es de 80 **cm**; por lo que el costo de materiales es elevado (**S/.1,387,851.83**), así también el *costo total de los componentes del pavimento (S/.2,192,851.83)*. Al mejorar el mismo suelo combinando ambos aditivos (PET Y cal) - (330.89% - su CBR mejora de 4.5% a 19.39%), el espesor de la subrasante a tratar es de **85c cm**, el costo en materiales es mucho más elevado (**S/.2,279,729.06**) así también el *costo total de los componentes del pavimento (S/.3,084,729.06)*. ver tablas 42 y 43.

c) **Ambientalmente**, los desechos poliméricos tienen influencia muy favorable y la cal tiene influencia desfavorable, en la estabilización de suelos arcillosos de las vías de Azapampa; porque el uso de cal en el tratamiento de suelos con poca capacidad portante tiene un impacto ambiental negativo de magnitud 4.8 (magnitud media) con una importancia de 2.7 (baja importancia), y un impacto ambiental positivo con magnitud de 3.0 (magnitud baja) con una importancia de 2.0 (baja importancia). En cambio, el uso del PET para mejorar la capacidad portante del suelo genera un impacto ambiental negativo de magnitud 1.5 (magnitud baja) con una importancia de 1.0 (baja importancia), y un impacto ambiental positivo con magnitud de 8.7 (magnitud alta) con una importancia de 7.7 (alta importancia); por lo que, en términos ambientales, es conveniente usar el PET para tratar un suelo pobre de baja capacidad portante, contribuyendo de esta manera en la mejora de la salud nuestro medio ambiente. Ver tabla 44.

Recomendaciones

- a) **Técnicamente.** El polímero es recomendable para mejorar la resistencia del suelo, en porcentajes no tan exigentes, pero que garanticen cumplir con el CBR mínimo que la norma exige, si se requiere mejorar el CBR del suelo en porcentajes importantes, es recomendable usar la cal como estabilizador.
- b) **Económicamente.** Si el objetivo primordial es estabilizar y lograr una ligera mejora en la resistencia del suelo arcilloso y que además no se cuenta con un buen recurso económico, se recomienda utilizar el PET. Si el objetivo primordial es lograr una máxima resistencia del suelo arcilloso y que lo económico no es problema, se recomienda usar la cal o la combinación de cal y PET.
- c) **Ambientalmente.** Si el cuidado del medio ambiente es prioridad, se sugiere usar el PET para estabilizar el suelo.

* Para futuras investigaciones, se recomienda evaluar la influencia de los diferentes tamaños del PET en la capacidad portante del suelo, desde micro partículas (polvo) - hasta varios cm.

Referencias Bibliográficas

- ALTAMIRANO, G. J., & DIAZ, A. E. (2015). Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas. Nicaragua.
- Álvarez, s. (2020). La Isla de plástico del Pacífico. Recuperado el 11 de 12 de 2020, de Cuida el medio ambiente: <https://www.cuidaelmedioambiente.com/plastico/isla-de-plastico/>
- ANGELONE , S., & ZAPATA, R. (2018). Geología y Geotecnia. Rosario.
- Association, N. L. (2004). Manual de Estabilización de Suelo Tratado con cal. EE-UU.
- Awaja, F., & Pavel, D. (2005). Reciclaje de PET-Revista europea de polímeros.
- Bañón Blázquez, L., & F., B. G. (2000). Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento. España.
- Brainly. (16 de 06 de 2020). Brainly.lat. Recuperado el 09 de 12 de 2020, de <https://brainly.lat/tarea/18687479>
- Brainly. (s.f.). Brainly.lat. Obtenido de <https://brainly.lat/tarea/18687479>
- CHARLES, C. A. (05 de agosto de 2008). El blog de Suelos II. Recuperado el 04 de setiembre de 2020, de Blogspot: <https://suelosii.blogspot.com/>
- Coello, Y. E. (2016). ASPECTOS ÉTICOS DEL INVESTIGADOR EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO (Vol. Vol II. N°3).
- Venezuela. Obtenido de file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-AspectosEticosDelInvestigadorEnLaConstruccionDelCo-7088691%20(1).pdf
- Denzin, N. K., & Lincoln, Y. (2012). Manual de investigación cualitativa. España: Gedisa.
- DUQUE, G., & ESCOBAR, C. E. (2002). Mecánica de Suelos. Manizales.

- ELIOZONDO, F. (2009). Estabilización y mejoramiento de rutas no pavimentadas. Costa Rica. Obtenido de file:///C:/Users/Hercules/Downloads/Dialnet-EstabilizacionYMejoramientoDeRutasNoPavimentadas-5051914.pdf
- FUSTAMANTE VÁSQUEZ, N. (2021). Evaluación de la capacidad de soporte del suelo adicionando polímeros reciclados (PET) en la sub rasante de la calle camino Real, progresiva km 0+000 - km 0+750, Chota. Chota- Perú.
- Geoxnet. (04 de agosto de 2019). Geología Publicaciones. Recuperado el 04 de setiembre de 2020, de Clasificación de Suelos: <https://post.geoxnet.com/clasificacion-de-suelos/>
- GIL CARNONEL, E. R., & NUÑEZ, I. (2018). Influencia de la adición de fibras de PET reciclado sobre la resistencia, cohesión y ángulo de fricción interna de suelos arcillosos aplicado a la estabilidad de taludes. Trujillo.
- HERRERA MURIEL, R. D., & PIÑERO MORENO, M. E. (2018). Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda. Bogotá-Colombia.
- HUEZO , H. M., & ORELLANA, A. C. (2009). GUIA Básica para estabilizacion de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en el Salvador.
- IBAÑEZ, W. E. (2015). Uso de polímeros en un nuevo diseño para mejorar las propiedades físico – mecánicas del asfalto: contribución para el tramo de la carretera chilete – cajamarca. Cajamarca.
- IPES. (2004). Promoción del desarrollo sostenible.
- ISO/TR 14062. (2009). Sviluppo di procedure e metodologie per la gestione delle attivita di progettazione e sviluppo di prodotti eco-efficienti.

- JVR, D. (14 de junio de 2014). Origen de los suelos [Fotografía]. Recuperado el 31 de agosto de 2020, de <https://es.slideshare.net/Arqtronic/origen-de-los-suelos>
- LAMBE, W., & WHITMAN, R. (1999). Mecánica de suelos. México.
- LOPEZ, T., HERNANDEZ, J., HORTA, J., CORONADO, A., & CASTAÑO, V. (2010). Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas. Queretaro.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2010). Norma técnica de edificación CE.010 pavimentos urbanos habilitaciones urbanas. Componentes estructurales. Lima.
- Ministerio del Ambiente - SIGERSOL. (2011). Sistema de Información sobre la Gestión de Residuos Sólido. Lima.
- MTC. (2013). Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para la construcción. Lima.
- MTC. (2014). MANUAL DE CARRETERAS: Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos. Lima.
- MTC E 132. (2016). MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES. Lima.
- NESTERENKO, D. (2018). Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú. Lima.
- Ontergis. (08 de agosto de 2016). Ontergis blog. Recuperado el 04 de setiembre de 2020, de Los Suelos Expansivos: Repercusiones en Estructuras:
<https://ontergisblog.wordpress.com/2016/08/22/los-suelos-expansivos-repercusiones-en-estructuras/>
- Perevochchikova, M. (13 de enero de 2013). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. Recuperado el 10 de 12 de 2020, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792013000200001

- Plásticos Mexicanos. (2014). Características del plástico. Recuperado el 09 de 12 de 2020, de
<https://plasticosmexicanos.com.mx/caracteristicas-plastico/>
- PUCP. (2016). Clima de Cambios- PUCP.
- QUEVEDO HARO, E. C. (2017). Influencia de las unidades de albañilería tipo PET sobre las características técnicas y económicas de viviendas ecológicas para la zona de Expansión del distrito de nuevo Chimbote, Ancash. Chimbote - Perú.
- RAGAB. (2014). Método de estabilización de suelos usando polímeros. Egipto.
- RICO, A., & DEL CASTILLO, H. (1979). El papel de la mecánica de suelos en el proyecto y construcción.
- SHERWELL BETANCOURT, G. F. (2014). Estudio de uso de politileno tereftalato (PET) como material de refuerzo de estructuras férreas conformadas por un suelo fino. México.
- UNE-EN 15804-2012+A1. (2014). Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción. Genova-Madrid.
- VALLE, W. (2010). Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos. Madrid.
- Ventère, J. P. (10 de 2000). L'éco-conception : une démarche préventive. Recuperado el 13 de febrero de 2021, de <http://www.annales.org/re/2000/re09-2000/031-036.pdf>
- Wikipedia. (05 de 11 de 2020). Recuperado el 09 de 12 de 2020, de Tereftalato de polietileno:
https://es.wikipedia.org/wiki/Tereftalato_de_polietileno
- Wikipedia. (28 de agosto de 2020). Wikipedia. Recuperado el 04 de setiembre de 2020, de Arcilla: <https://es.wikipedia.org/wiki/Arcilla>

Zamorano, Y. (07 de 11 de 2019). Recuperado el 19 de 08 de 2022, de

<https://es.scribd.com/document/433909792/Ejemplo-Matriz-de-Leopold>

Anexos

Anexo 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

“INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS -VÍAS DE AZAPAMPA, MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL”

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	MÉTODO
GENERAL						
¿Cuál es la influencia técnica económica y ambiental de la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal?	Determinar la Influencia técnica económica y ambiental de la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal.	<ul style="list-style-type: none"> • Posee una influencia técnica, económica y ambiental favorable la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal. 	VARIABLE INDEPENDIENTE <ul style="list-style-type: none"> • Estabilización de suelos arcillosos (X) 	<ul style="list-style-type: none"> • Suelo arcilloso • Desechos poliméricos • Cal 	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen • Peso • Porcentaje 	<p>Método: El método de investigación general es científico, El Método sustantivo o específico es experimental.</p> <p>Tipo: Investigación Aplicada.</p> <p>Nivel: Investigación Explicativo</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Porque existe manipulación de una o más variables en condiciones altamente controladas, para medir el efecto que tienen en otra variable de interés.</p> <p>Población: Todas las calles del Centro poblado de Azapampa</p> <p>Muestra: La muestra que se analiza en esta investigación, son el Jr. Arequipa (cuadras 21-26) y la Avenida Alfonso Ugarte (cuadras 04- 10) cuyo suelo presenta alto contenido de arcilla.</p> <p>Técnicas e instrumentos de Recolección de datos. - se realizará 4 calicatas: dos calicatas en Jr. Arequipa (cuadras 21-26) y dos calicatas en la Avenida Alfonso Ugarte (cuadras 04- 10).</p> <p>Plan de análisis estadístico e interpretación de datos. - se realizará en base a los resultados de laboratorio, con el apoyo de un especialista en geotecnia.</p>
ESPECÍFICOS						
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la influencia técnica de la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal? • ¿Cuál es la influencia económica de la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal? • ¿Cuál es la influencia ambiental de la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar influencia técnica de la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal. • Determinar la influencia económica de la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal. • Determinar la influencia ambiental de la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posee una influencia técnica favorable, la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal. • Posee una influencia económica favorable, la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal. • Posee una influencia ambiental favorable, la estabilización de suelos arcillosos -vías de Azapampa, mediante desechos poliméricos y cal. 	VARIABLES DEPENDIENTE <ul style="list-style-type: none"> • Influencia técnica (Y1) • Influencia económica (Y2) • Influencia ambiental (Y3) 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia del suelo (CBR) • Características plásticas del suelo. • Densidad seca máxima • Variación de costos • Efectos económicos • Efecto en el factor Biótico • Efecto en el factor físico • Efecto en el factor socio - económico 	<ul style="list-style-type: none"> • Presión máxima que resiste el suelo (psi o lbf/in²) • LL, LP, IP • Densidad seca máxima del suelo para un contenido de humedad óptimo (gr/cm³) • Costos directos • Costos indirectos • Naturaleza de la afectación • Duración • Reversibilidad • Magnitud del efecto • Importancia del efecto 	

Anexo 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

	Variables (tipo)	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador
Variable dependiente	Estabilización de suelos arcillosos (X)	Proceso de mejoramiento de suelo de baja capacidad portante.	<ul style="list-style-type: none"> Suelo arcilloso Desechos poliméricos Cal 	<div style="display: flex; align-items: center;"> { <ul style="list-style-type: none"> • Volumen • Peso • Porcentaje } </div>
Variables dependientes	Influencia técnica (Y1)	Comportamiento mecánico del suelo al estabilizar con desechos poliméricos y cal.	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia del suelo (CBR) Características plásticas del suelo. Densidad seca máxima 	<ul style="list-style-type: none"> Presión máxima que resiste el suelo (psi o lbf/in²) LL, LP, IP Densidad seca máxima del suelo para un contenido de humedad óptimo (gr/cm³)
	Influencia económica (Y2)	Comportamiento económico del proceso de estabilización del suelo con desechos poliméricos y cal.	<ul style="list-style-type: none"> Variación de costos Efectos económicos 	<div style="display: flex; align-items: center;"> { <ul style="list-style-type: none"> • Costos directos • Costos indirectos } </div>
	Influencia ambiental (Y3)	Comportamiento ambiental del proceso de estabilización del suelo con desechos poliméricos y cal.	<ul style="list-style-type: none"> Efecto en el factor Biótico Efecto en el factor físico Efecto en el factor socio - económico 	<div style="display: flex; align-items: center;"> { <ul style="list-style-type: none"> • Naturaleza de la afectación • Duración • Reversibilidad • Magnitud del efecto • Importancia del efecto } </div>

Anexo 3: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para recojo y procesar datos se usaron: ficha matriz de impacto ambiental y tablas de procesamiento de datos (fichas y tablas de gabinete).

Ficha matriz de EIA (MATRIZ DE LEOPOLD)

**Anexo 4: CONFIABILIDAD Y VALIDEZ DEL INSTRUMENTOS DE
RECOLECCIÓN DE DATOS**

VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN																		
DATOS GENERALES																		
Apellidos y nombres del solicitante		<i>Porta Romero Soledad Yanira</i>																
Institución de procedencia		<i>Universidad Peruana Los Andes - posgrado</i>																
Título de Investigación		INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS-VÍAS DE AZAPAMPA, MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL.																
Nombre del instrumento motivo de evaluación		Ficha matriz de impacto ambiental																
ASPECTOS DE VALIDACIÓN																		
Indicadores	Criterios	Deficiente			Baja			Regular			Buena			Muy buena				
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
1. Claridad	Está formulado con lenguaje técnico																X	
2. Objetividad	Está expresado en características medibles																X	
3. Actualidad	Adequado al avance de la tecnología actual																X	
4. Organización	Existe una organización Lógica																X	
5. Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad																X	
6. Intencionalidad	Adequado para valorar el impacto ambiental																X	
7. Consistencia	Basado en aspectos técnicos científicos																X	
8. Coherencia	Entre los Índices e Indicadores																X	
9. Metodología	La estrategia responde al propósito de la evaluación																X	
10. Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación																X	
OPINIÓN DE APLICABILIDAD:		a) Regular			b) Bueno			c) Muy bueno										
PROMEDIO DE VALORACIÓN:		92.5%			Lugar y fecha:			Huancayo 17 de marzo del 2021										



Jimmy R. Aguirre Escobar
DIRECCIÓN NACIONAL
Reg. CIP N° 104728

Firma y sello del experto
DNI: 10601556

Anexo 5: CERTIFICADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO

◆ Laboratorio de suelos ■ Laboratorio de asfalto
■ Laboratorio de agregados ● Estudio de geotécnica
■ Laboratorio de concreto ● Inspección de control/ pruebas in situ.



INFORME DE ENSAYO N° 04832-2021/LAB-GZ
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIIZADO
"NORMA ASTM D - 422"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		
		FECHA	: 12/02/2021

DATOS DE LA MUESTRA						
CALICATA	: C-01	ESTRUCTURA	: Base - Sub base			
PROF. (m)	: 1.50 m.	MUESTRA INICIAL (g)	: 3463.2			
ESTADO	: Natural	MUESTRA LAVADA (g)	: 1997.5			
TAMIZ SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	(gr) PESO RETENIDO	(%) PARCIAL RETENIDO	(%) ACUMULADO QUE PASA		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	0.0	0.0	100.0		CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D-2216) :
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0		CH= 19.20 %
2"	50.800	0.0	0.0	100.0		LIMITE DE CONSISTENCIA (ASTM - D423-D424) :
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	100.0		LL = 32.40 %
1"	25.400	0.0	0.0	100.0		LP = 19.32 %
3/4"	19.050	0.0	0.0	100.0		IP = 13.08 %
1/2"	12.700	0.0	0.0	100.0		Clasificación:
3/8"	9.525	66.0	2.6	97.4		SUCS : CL (Arcilla ligera arenosa)
1/4"	6.350	48.0	1.9	95.5		AASHTO: A-6(12)
Nº 4	4.760	103.8	4.1	91.3		
Nº 10	2.000	272.1	10.8	80.5		GRAVA > N°4 = 8.67 %
Nº 16	1.190	184.8	7.4	73.2		ARENA < N°4 = 33.02 %
Nº 20	0.840	159.4	6.3	66.8		FINOS < N°200 = 58.31 %
Nº 40	0.426	39.3	1.6	65.3		
Nº 100	0.149	67.9	2.7	62.6		OBSERVACIONES :
Nº 200	0.074	106.5	4.2	58.3		
-200		1465.7	58.3	-		
Peso Inicial: 2513.5				100.0		

PORCENTAJE QUE PASA (%)	ABERTURA TAMIZ (mm)																							
100	Nº 200	Nº 150	Nº 120	Nº 80	Nº 60	Nº 40	Nº 30	Nº 20	Nº 15	Nº 10	Nº 8	Nº 6	Nº 4	1/4"	1/2"	3/8"	1/2"	1"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"		
100	0.01	0.074	0.149	0.177	0.250	0.426	0.590	0.840	1.190	1.590	2.000	2.380	2.880	3.360	4.760	6.350	9.525	15.050	19.050	25.400	38.100	50.800	63.500	76.200
90																								
80																								
70																								
60																								
50																								
40																								
30																								
20																								
10																								
0																								

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con ahorro de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.

© Av. 10 de Junio N° 990 - Dpto. 306 Barrio Obrero San Martín de Porres Lima © Jr. Progreso N° 520- Chilca - Huancayo - Junín © Jr. Quispicancha Grande S/n San Sebastián - Cusco
 geozu.sac@gmail.com 997092927



- ◆ Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- ▲ Laboratorio de agregados
- Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- ✖ Inspección de control/pruebas in situ.

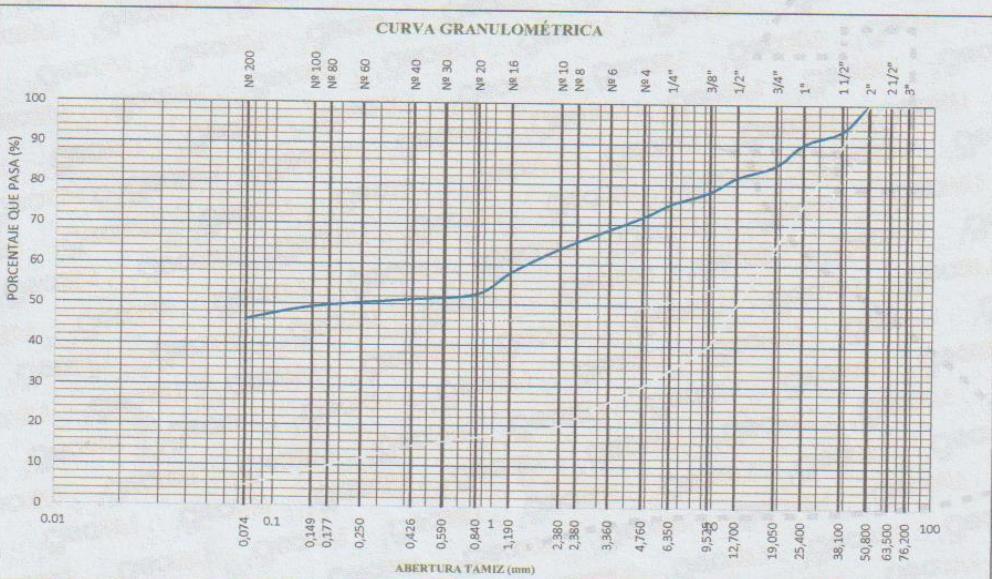
**INFORME DE ENSAYO N° 04833-2021/LAB-GZ
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

"NORMA ASTM D - 422"

SOLICITA	: SOLEDAD VANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE	FECHA	: 12/02/2021

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: C-02	ESTRUCTURA	: Base - Sub base
PROF. (m)	: 1.50 m.	MUESTRA INICIAL (g)	: 2473.3
ESTADO	: Natural	MUESTRA LAVADA (g)	: 1348.9

TAMIZ SERIE AMERICA NA	ABERTURA (mm)	(gr) PESO RETENIDO	(% PARCIAL RETENIDO)		ACUMULADO QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			(%)	(%)		
3"	76.200	0.0	0.0	100.0		CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D-2216) :
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	100.0		CH= 22.30 %
2"	50.800	0.0	0.0	100.0		LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D423-D424):
1 1/2"	38.100	168.3	6.5	93.5		LL = 31.80 %
1"	25.400	85.1	3.3	90.3		LP = 22.70 %
3/4"	19.050	138.0	5.3	85.0		IP = 9.10 %
1/2"	12.760	76.4	2.9	82.0		Clasificación:
3/8"	9.525	55.7	2.1	78.3		SUCS : CL (Arcilla ligera y tipo grava con arena)
1/4"	6.350	78.2	3.0	75.3		AASHTO: A-4(1)
Nº 4	4.760	85.3	3.3	72.0		
Nº 10	2.000	208.6	8.0	64.0		
Nº 16	1.190	156.9	6.0	58.0		GRAVA > N°4 = 28.00 %
Nº 20	0.840	136.8	5.3	52.7		ARENA < N°4 = 25.85 %
Nº 40	0.426	33.4	1.3	51.4		FINOS < N°200 = 46.15 %
Nº 100	0.149	52.7	2.0	49.4		
Nº 200	0.074	84.1	3.2	46.2		OBSERVACIONES :
	-	1124.4	43.2	-		
Peso Inicial:		2601.8	100.0			



Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido realizada. Los resultados no deben ser utilizados como un certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



● Laboratorio de suelos ■ Laboratorio de asfalto
 ▲ Laboratorio de agregados ○ Estudio de geotécnica
 □ Laboratorio de concreto ▷ Inspección de control/
 pruebas in situ.

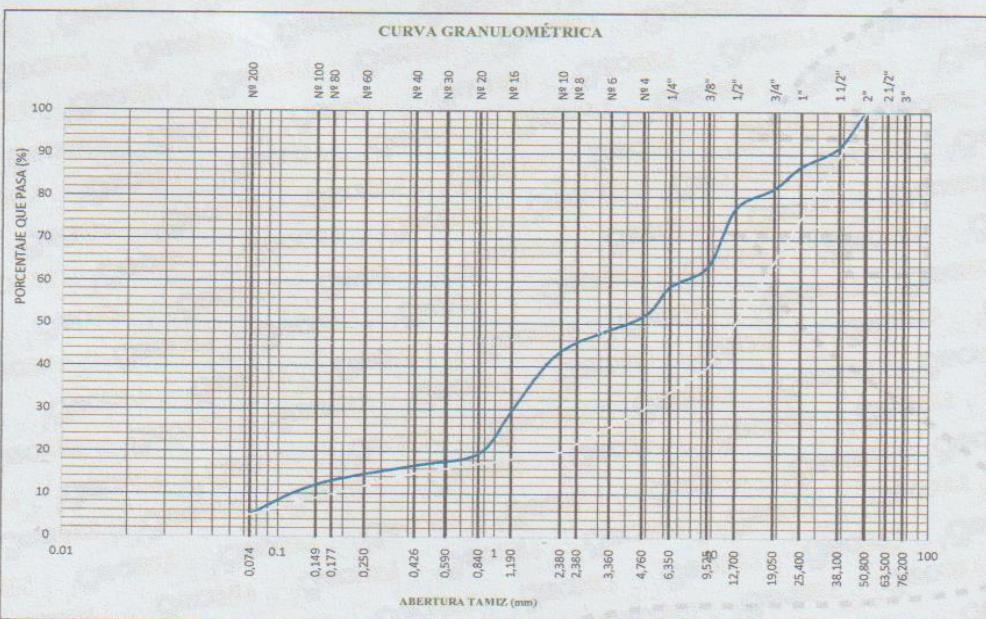
INFORME DE ENSAYO N° 04834-2021/LAB-GZ
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

"NORMA ASTM D - 422"

SOLICITA	SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	"INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL."		
UBICACIÓN	CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE	FECHA	12/02/2021

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	C-03	ESTRUCTURA	Base - Sub base
PROF. (m)	1.50 m.	MUESTRA INICIAL (g)	2390.0
ESTADO	Natural	MUESTRA LAVADA (g)	1225.2

TAMIZ SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)	(gr) PESO RETENIDO	(% PARCIAL RETENIDO	(% ACUMULADO QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
					CH=	21.90 %
3"	76.200	0,0	0,0	100,0	CL	25.93 %
2 1/2"	63.500	0,0	0,0	100,0	LP	18.48 %
2"	50.800	0,0	0,0	100,0	IP =	7.45 %
1 1/2"	38.100	98,7	8,3	91,7		
1"	25.400	52,8	4,4	87,3		
3/4"	19.050	63,4	5,3	81,9		
1/2"	12.700	53,9	4,5	77,4		
3/8"	9.525	97,0	8,2	63,8		
1/4"	6.350	56,0	4,7	59,1		
Nº 4	4.760	86,1	7,2	51,9		
Nº 10	2.000	98,0	8,2	43,6		
Nº 16	1.190	168,0	14,1	29,5		
Nº 20	0.840	118,0	9,9	19,6		
Nº 40	0.426	32,6	2,7	16,8		
Nº 100	0.149	54,7	4,6	12,2		
Nº 200	0.074	88,2	7,2	5,0		
-200		6,0	0,5	-		
Peso Inicial:	1198,2	100,0			OBSERVACIONES :	



Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderlos a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



Laboratorio de suelos Laboratorio de asfalto
 Laboratorio de agregados Estudio de geotécnica
 Laboratorio de concreto Inspección de control
 pruebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04835-2021/LAB-GZ

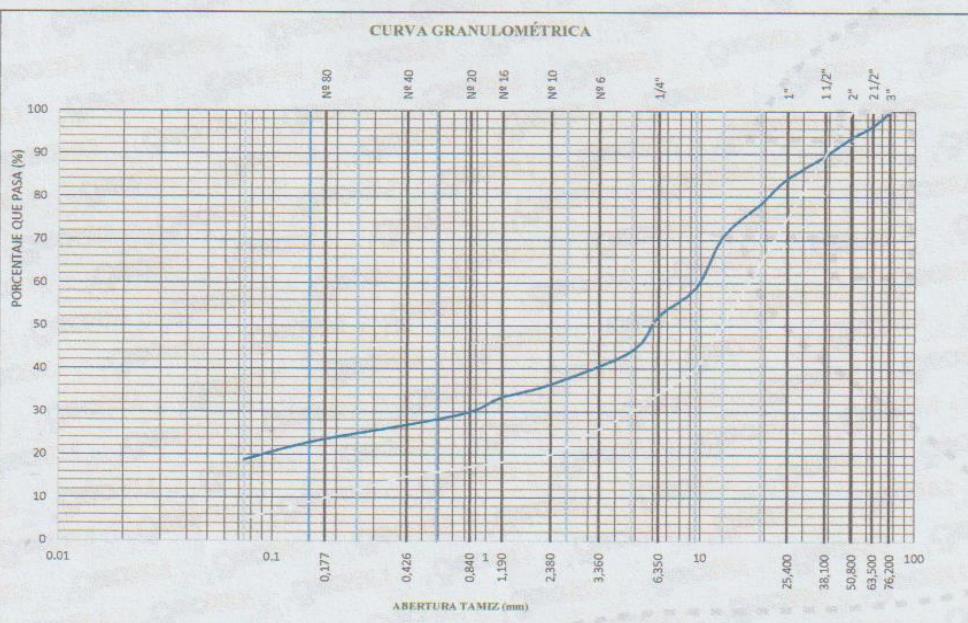
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

"NORMA ASTM D - 422"

SOLICITA	SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	"INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN			
RESPONSABLE	TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE	FECHA	: 12/02/2021

DATOS DE LA MUESTRA			
CALICATA	: C-04	ESTRUCTURA	: Base - Sub base
PROF. (m)	: 1,50 m.	MUESTRA INICIAL (g)	1980,6
ESTADO	: Natural	MUESTRA LAVADA (g)	1892,2

TAMIZ SERIE AMERICA NA	ABERTURA (mm)	(gr) PESO	(%) PARCIAL RETENIDO	(%) ACUMULADO QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
					CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D-2216) :	
3"	76.200	0,0	0,0	100,0	CH-	23,90 %
2 1/2"	63.500	64,3	3,4	96,6	LL-	33,20 %
2"	50,800	50,2	2,7	93,9	LP-	24,90 %
1 1/2"	38,100	79,6	4,3	89,6	IP-	8,30 %
1"	25,400	98,3	5,3	84,4		
3/4"	19,050	110,7	5,9	78,5		
1/2"	12,700	106,3	5,7	70,9		
3/8"	9,525	222,8	11,9	59,0	SUCS :	GC (grava arcillosa con arena)
1/4"	6,350	123,9	6,6	52,4	SUCS :	CL (Arcilla ligera y tipo grava con arena)
Nº 4	4,760	154,8	8,3	44,1	AASHTO:	A-4(0)
Nº 10	2,000	144,5	7,7	36,4		
Nº 16	1,190	55,6	3,0	33,4	GRAVA > Nº 4 =	55,88 %
Nº 20	0,840	65,4	3,5	29,9	ARENA < Nº 4 =	25,30 %
Nº 40	0,426	56,2	3,0	26,9	FINOS < Nº 200 =	18,82 %
Nº 100	0,149	74,7	4,0	23,0		
Nº 200	0,074	77,5	4,1	18,8		
-200		388,4	20,7	-	OBSERVACIONES :	
Peso Inicial:		1872,8	100,0			



Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



- ◆ Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- ▲ Laboratorio de agregados
- Estudio de geotecnia
- Laboratorio de concreto
- ☒ Inspección de control/pruebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04836-2021/LAB-GZ

LÍMITE DE CONSISTENCIA

"NORMA ASTM D-4318"

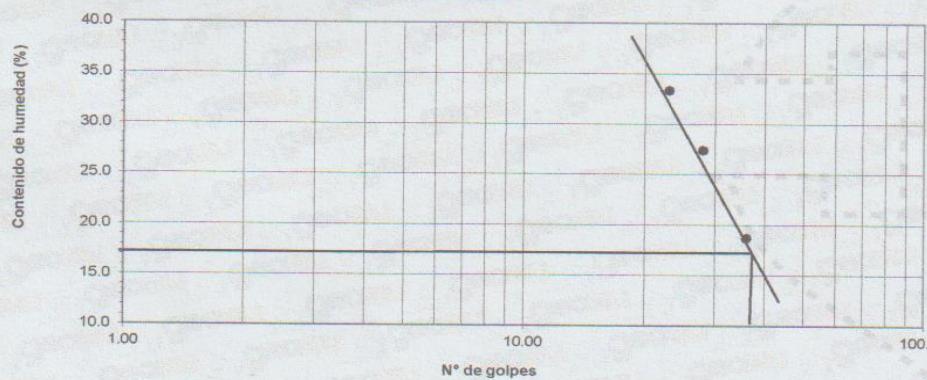
SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE

REGISTRO DE EXCAVACION

CALICATA	: C-01	ESTRUCTURA	: Base - Sub base
PROF. (m)	: 1.50 m.	NIVEL FREÁTICO	: No se encontró
ESTADO	: Natural	FECHA	: 12/02/2021

SUELLO HÚMEDO	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	50.00	49.50	46.90	50.99	23.90	27.68
SUELLO SECO	45.10	42.79	39.80	38.80	22.80	25.30
PESO DEL AGUA	4.90	6.71	7.10	12.19	1.10	2.38
PESO TARA	18.90	18.30	18.50	14.50	15.00	15.60
SUELLO SECO	26.20	24.49	21.30	24.30	7.80	9.70
% DE HUMEDAD	18.70	27.40	33.33	50.17	14.10	24.54
	36.00	28.00	23.00	18.00		19.32
	18.70	27.40	33.33	50.17		

CURVA DE FLUIDEZ



LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
32.40	19.32	13.08

Este documento expresa los resultados de (esta) muestra(s); no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



● Laboratorio de suelos ■ Laboratorio de asfalto
 ▲ Laboratorio de agregados ○ Estudio de geotécnica
 □ Laboratorio de concreto ▷ Inspección de control
 pruebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04837-2021/LAB-GZ

LÍMITE DE CONSISTENCIA

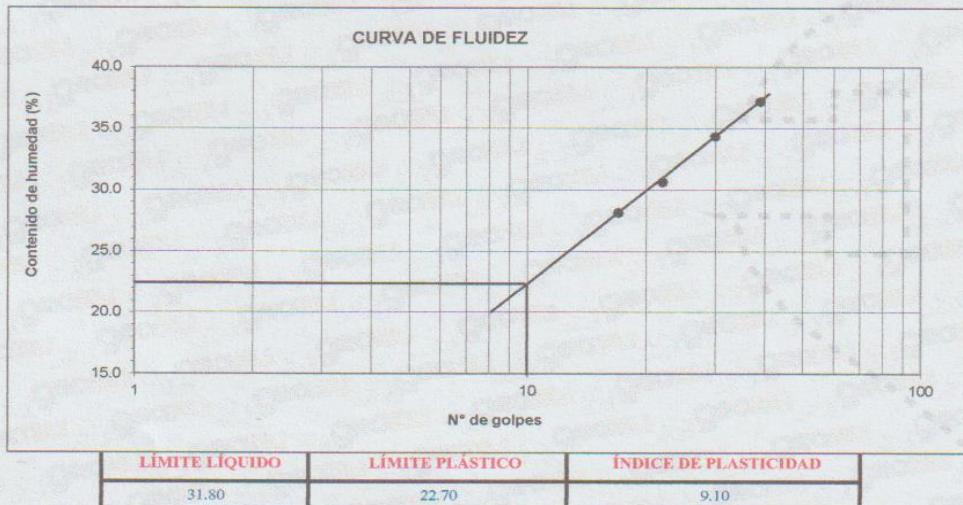
"NORMA ASTM D- 4318"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA	: C-02	ESTRUCTURA	: Base - Sub base
PROF. (m)	: 1.50 m.	NIVEL FREÁTICO	: No se encontró
ESTADO	: Natural	FECHA	: 12/02/2021

SUELO HÚMEDO	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	60.40	60.40	60.40	56.60	26.90	28.91
SUELO SECO	54.30	54.80	55.50	53.00	24.80	26.20
PESO DEL AGUA	6.10	5.60	4.90	3.60	2.10	2.71
PESO TARA	37.90	38.50	39.50	40.20	14.70	15.20
SUELO SECO	16.40	16.30	16.00	12.80	10.10	11.00
% DE HUMEDAD	37.20	34.36	30.63	28.13	20.79	24.61
	39	30	22	17	22.70	
	37.20	34.36	30.63	28.13		



Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



- ◆ Laboratorio de suelos
- ◆ Laboratorio de asfalto
- Laboratorio de agregados
- Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- Inspección de control
- pruebas in situ

INFORME DE ENSAYO N° 04838-2021/LAB-GZ

LÍMITE DE CONSISTENCIA

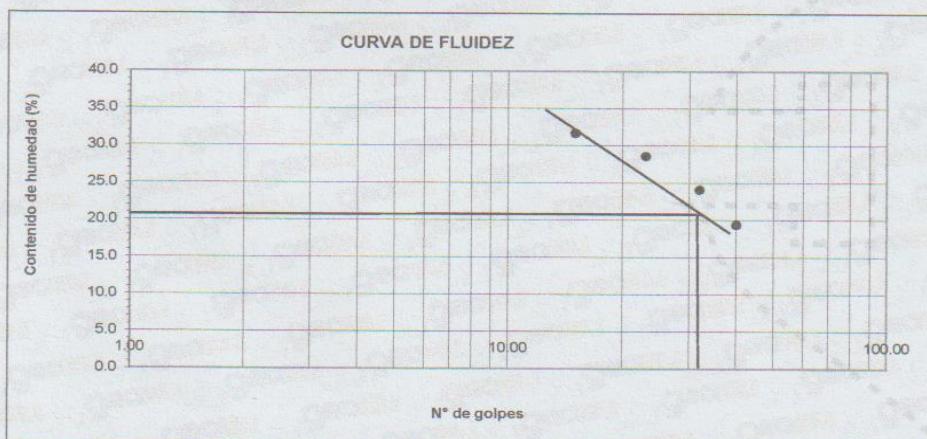
"NORMA ASTM D-4318"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN
RESPONSABLE	: TEC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA	: C-03	ESTRUCTURA	: Base - Sub base
PROF. (m)	: 1.50 m.	NIVEL FREÁTICO	: No se encontró
ESTADO	: Natural	FECHA	: 12/02/2021

SUELO HÚMEDO	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	60.60	59.60	53.20	43.40	48.70	46.50
SUELO SECO	57.30	55.70	50.40	40.90	47.20	45.27
PESO DEL AGUA	3.30	3.90	2.80	2.50	1.50	1.23
PESO TARA	40.30	39.50	40.60	33.00	39.80	37.90
SUELO SECO	17.00	16.20	9.80	7.90	7.40	7.37
% DE HUMEDAD	19.41	24.07	28.57	31.65	20.27	16.69
	40.00	32.00	23.00	15.00		18.48
	19.41	24.07	28.57	31.65		



LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
25.93	18.48	7.45

geozu
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO
Especialista en Geotecnia
Ing. Ruth K. Lifionzo Balbin
Reg. CIP N° 139478

geozu
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO
Técnico de Laboratorio de Concreto:
Nélida V. Collachagua Vicente

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



● Laboratorio de suelos ■ Laboratorio de asfalto
 ■ Laboratorio de agregados ● Estudio de geotécnica
 □ Laboratorio de concreto □ Inspección de control
 pruebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04839-2021/LAB-GZ

LÍMITE DE CONSISTENCIA

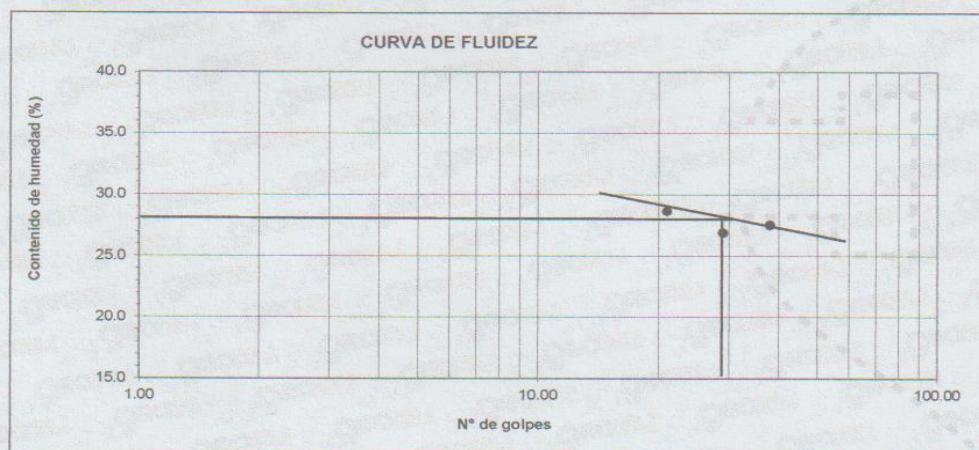
"NORMA ASTM D- 4318"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA	: C-04	ESTRUCTURA	: Base - Sub base
PROF. (m)	: 1.50 m.	NIVEL FREÁTICO	: No se encontró
ESTADO	: Natural	FECHA	: 12/02/2021

SUELLO HÚMEDO	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	59.30	61.20	58.80	73.60	42.40	30.55
SUELLO SECO	55.20	56.60	54.75	62.30	42.05	27.30
PESO DEL AGUA	4.10	4.60	4.05	11.30	0.35	3.25
PESO TARA	40.30	39.50	40.60	39.60	39.70	18.00
SUELLO SECO	14.90	17.10	14.15	22.70	2.35	9.30
% DE HUMEDAD	27.52	26.90	28.62	49.76	14.89	34.91
	38.00	29.00	21.00	16.00		24.90
	27.52	26.90	28.62	49.76		



LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD
33.20	24.90	8.30

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



● Laboratorio de suelos ■ Laboratorio de asfalto
 ■ Laboratorio de agregados ● Estudio de geotécnica
 ■ Laboratorio de concreto ▶ Inspección de control/
 pruebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04840-21/LAB-GZ

LIMITE DE CONSISTENCIA

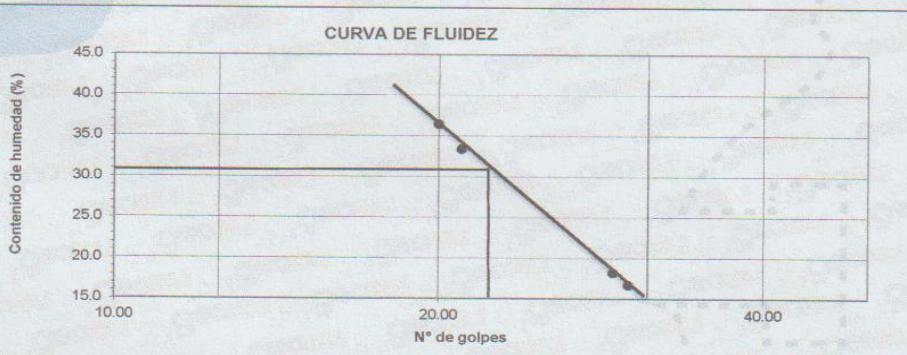
"NORMA ASTM D - 4318"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA	: C-01 C/C	ESTRUCTURA	: Base - Sub base
PROF. (m)	: 1.50 m.	NIVEL FREÁTICO	: No se encontró
ESTADO	: Natural	FECHA	: 12/02/2021

SUELO HUMEDO	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	71.0	73.0	74.0	72.0	80.0	79.4
SUELO SECO	69.0	69.0	70.0	70.0	75.0	75.0
PESO DEL AGUA	2.0	4.0	4.0	2.0	5.0	4.4
PESO TARA	58.0	58.0	58.0	58.0	53.3	53.8
SUELO SECO	11.0	11.0	12.0	12.0	21.7	21.2
% DE HUMEDAD	18.2	36.4	33.3	16.7	23.0	20.8
	29.00	20.00	21.00	30.00		21.94
	18.18	36.36	33.33	16.67		



LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
26.14	21.94	4.20

Especialista en Geotecnia
 Ing. Ruth K. Liftonzo Balbin
 Reg. CIP N° 189478

Técnico de Laboratorio de Concreto
 Nelida V. Collachagua Vicente

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



● Laboratorio de suelos ■ Laboratorio de asfalto
 ▲ Laboratorio de agregados ○ Estudio de geotécnica
 □ Laboratorio de concreto ▷ Inspección de control/
 pruebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04841-21/LAB-GZ

PROCTOR MODIFICADO

"NORMA ASTM D - 1557"

PETICIONARIO	SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO
PROYECTO	"INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"
UBICACIÓN	CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN
RESPONSABLE	TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE

FECHA : 13/02/2021

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

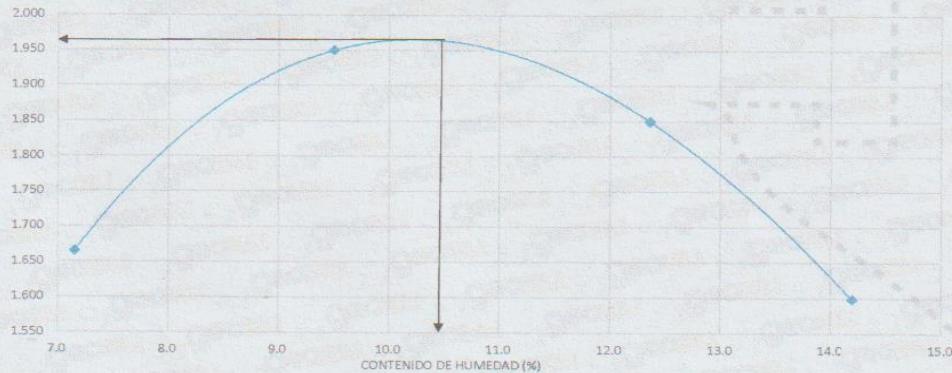
CALICATA	C-01	ESTRUCTURA	: Base - Sub base
PROF. (m)	1.50 m.	NIVEL FREÁTICO	: No se encontró
ESTADO	Natural	TAMAÑO DE EXCAVACIÓN	: 1.0 x 1.0 x 1.50 m.

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2,700KN·M/M3 (56,000 PIE-LBF/PIE3))

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
Peso suelo + molde	5496	5831	5777	5535
Volumen del molde	956	956	956	956
Peso del molde	3790	3790	3790	3790
Peso suelo húmedo compactado	1706	2041	1987	1745
Peso volumétrico húmedo	1.785	2.135	2.079	1.825
Recipiente N°	1	2	3	4
Peso suelo húmedo	433.5	429.4	494.7	477.4
Peso suelo seco	412.1	400.2	450.5	432.1
Peso de la Tara	113	92.9	92.9	113
Peso del agua	21.4	29.2	44.2	45.3
Peso suelo seco	299.1	307.3	357.6	319.1
Contenido de agua	2.70	4.70	6.70	8.70
Peso volumétrico seco	1.665	1.950	1.850	1.598
HUMEDAD DE SUELO	7.15	9.50	12.36	14.20

GRÁFICO DEL PROCTOR MODIFICADO

Contenido de agua	7.155	9.502	12.360	14.196
Peso volumétrico seco	1.665	1.950	1.850	1.598



MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.96 gr/cm3
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.50%

Este documento expresa los resultados de las muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



- Laboratorio de suelos ■ Laboratorio de asfalto
- ▲ Laboratorio de agregados ○ Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto ▷ Inspección de control pruebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04842-21/LAB-GZ

PROCTOR MODIFICADO

"NORMA ASTM D - 1557"

PETICIONARIO	SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	"INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE	FECIA	: 13/02/2021

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

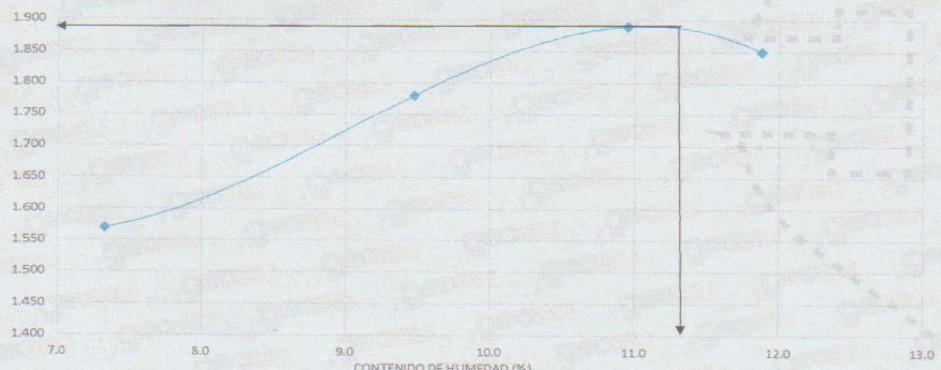
CALICATA	: C-02	ESTRUCTURA	: Base - Sub base
PROF. (m)	: 1.50 m.	NIVEL FREÁTICO	: No se encontró
ESTADO	: Natural	TAMAÑO DE EXCAVACIÓN	: 1.0 x 1.0 x 1.50 m.

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2,700KN·M/M3 (56,000 PIE-LBF/PIE3))

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
Peso suelo + molde	5400.816851	5652.821842	5768.659354	5794.658258
Volumen del molde	956	956	956	956
Peso del molde	3790	3790	3790	3790
Peso suelo húmedo compactado	1610.816851	1862.821842	1978.659354	2004.658258
Peso volumétrico húmedo	1.685	1.949	2.070	2.097
Recipiente N°	1	2	3	4
Peso suelo húmedo	434	429.3	470	494.2
Peso suelo seco	412.1	400.2	432.1	454.6
Peso de la Tara	113	92.9	113	92.9
Peso del agua	21.9	29.1	37.9	39.6
Peso suelo seco	299.1	307.3	319.1	361.7
Contenido de agua	2.70	4.70	8.70	6.70
Peso volumétrico seco	1.570	1.780	1.850	1.890
HUMEDAD DE SUELO	7.32	9.47	11.88	10.95

GRÁFICO DEL PROCTOR MODIFICADO

Contenido de agua	7.322	9.470	11.877	10.948
Peso volumétrico seco	1.570	1.780	1.850	1.890



geozu
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
Técnico de Geotecnia
Ing. Ruiz K. Lironzo Balbin
Reg. CIP N° 139478

Técnico de Laboratorio de Concreto
Nélida V. Collachagua Vicente

Este documento expresa los resultados de (uno) ensayo(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



- ◆ Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- ▲ Laboratorio de agregados
- Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- Inspección de control/pruebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04843-21/LAB-GZ

PROCTOR MODIFICADO

"NORMA ASTM D - 1557"

PETICIONARIO	SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	"INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL."		
UBICACIÓN	CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE	FECHA	: 13/02/2021

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

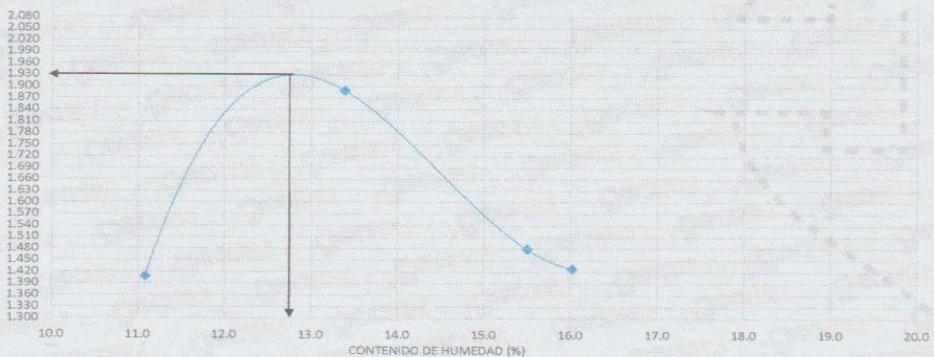
CALICATA	C-01 C/C	ESTRUCTURA	: Base - Sub base
PROF. (m)	1.50 m.	NIVEL FREÁTICO	: No se encontró
ESTADO	Natural	TAMAÑO DE EXCAVACIÓN	: 1.0 x 1.0 x 1.50 m.

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2,700KN·M/M3 (\$6,000 PIE-LBF/PIE3))

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
Peso suelo + molde	5287	5839	5424	5376
Volumen del molde	956	956	956	956
Peso del molde	3790	3790	3790	3790
Peso suelo húmedo compactado	1497	2049	1634	1586
Peso volumétrico húmedo	1.566	2.143	1.709	1.659
Recipiente N°	1	2	3	4
Peso suelo húmedo	42.1	59.3	47.7	92
Peso suelo seco	37.9	52.3	41.3	79.3
Peso de la Tara	0	0	0	0
Peso del agua	4.2	7	6.4	12.7
Peso suelo seco	37.9	52.3	41.3	79.3
Contenido de agua	2.70	4.70	6.70	8.70
Peso volumétrico seco	1.410	1.890	1.480	1.430
HUMEDAD DE SUELO	11.08	13.38	15.50	16.02

GRÁFICO DEL PROCTOR MODIFICADO

Contenido de agua	11.082	13.384	15.496	16.015
Peso volumétrico seco	1.410	1.890	1.480	1.430



MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.930 gr/cm3
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.80%

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



- Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- Laboratorio de agregados
- Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- Inspección de contrapuebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04844-21/LAB-GZ

ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAQUA VICENTE		

REGISTRO

CALICATA	: C-01	FECHA	: 13/02/2021
IDENTIFICACION	: -	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	10.50 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.96 Kg/cm³

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

COMPACTACIÓN

Molde N°	01	02	03
Nº de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	7904	8124	8215
Peso del molde (gramos)	4195	4195	4195
Peso del suelo húmedo (grs.)	3709	3929	4020
Volumen del molde (cc)	2123	2121	2120
Densidad húmeda (grs./cm³)	1.75	1.85	1.90
Densidad seca (grs./cm³)	1.591	1.698	1.726
Tarro N°	7	6	10
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	561.20	520.70	611.30
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	522.84	488.20	568.24
Peso del agua (grs.)	38.36	32.50	43.06
Peso del tarro (grs.)	130.90	129.70	130.60
Peso del suelo seco (grs.)	391.94	358.50	437.64
% de humedad	9.79	9.07	9.84
PROMEDIO DE HUMEDAD			

EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN	
			día/mes/año	min.	DIAL	mm.	%	DIAL	mm	%
13/02/2021	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
14/02/2021	1440	40	1.02	0.88	26	0.66	0.57	17	0.43	0.37
15/02/2021	2880	69	1.75	1.51	50	1.27	1.09	25	0.64	0.55
16/02/2021	4320	91	2.31	1.99	68	1.73	1.49	38	0.97	0.83
17/02/2021	5760	108	2.74	2.36	85	2.16	1.86	49	1.24	1.07

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° 12 de Golpes			MOLDE N°02-N° 25 de Golpes			MOLDE N°03- N° 56 de Golpes		
	LECTURA		CORRECCIÓN	LECTURA		CORRECCIÓN	LECTURA		CORRECCIÓN
	DIAL	Libras.	Libras./pulg ²	DIAL	Libras.	Libras./pulg ²	DIAL	Libras.	Libras./pulg ²
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	0	5	2	0	5	2	0	5	2
0.050	30	79	26	50	128	43	90	227	76
0.075	40	103	34	67	170	57	110	277	92
0.100	50	128	43	90	227	76	150	375	125
0.150	70	178	59	120	301	100	180	450	150
0.200	79	200	67	140	351	117	220	549	183
0.250	95	239	80	160	400	133	245	610	203
0.300	105	264	88	195	487	162	280	697	232
0.400	115	289	96	210	524	175	310	771	257
0.500	125	314	105	240	598	199	345	858	286

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



- Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- ▲ Laboratorio de agregados
- Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- △ Inspección de control/pruebas in situ.

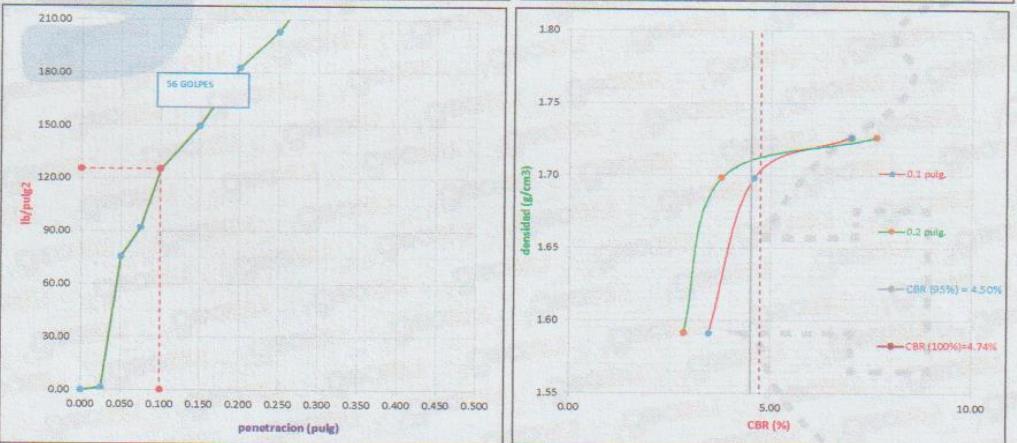
ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	"INFLUENCIA TÉCNICA ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO

CALICATA	C-01	FECHA	: 13/02/2021
IDENTIFICACION	-	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	10.50 %
PROFUNDIDAD	1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.96 Kg/cm³



GOLPES	W. %	densidad.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-0.1"	CBR-0.2"	C.B.R.	C.B.R.
12	9.79	1.59	2.36	81.19	3.46	2.84	95%	100%
25	9.07	1.70	1.86	86.66	4.57	3.76	4.50	4.74
56	9.84	1.73	1.07	88.08	6.99	7.62		

Este documento expresa los resultados de los ensayos realizados, no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GE OZU S.A.C.



- Laboratorio de suelos ● Laboratorio de asfalto
- Laboratorio de agregados ● Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto ➤ Inspección de control/pruebas in situ

INFORME DE ENSAYO N° 04845-21/LAB-GZ

ENSAYO DE PENETRACION DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	"INFLUENCIA TECNICA ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGION JUNIN		
RESPONSABLE	TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO

CALICATA	C-01 P/C	FECHA	: 13/02/2021
IDENTIFICACION	Polímero cuadrado	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	10.50 %
PROFUNDIDAD	1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.96 Kg/cm ³

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

COMPACTACION

Molde N°	01	02	03
Nº de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8114	8434	8615
Peso del molde (gramos)	4195	4195	4195
Peso del suelo húmedo (grs.)	3919	4239	4420
Volumen del molde (cc)	2123	2121	2120
Densidad húmeda (grs./cm ³)	1.85	2.00	2.08
Densidad seca (grs./cm ³)	1.554	1.688	1.757
Tarro N°	7	6	10
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	453.60	568.56	595.30
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	402.50	500.30	522.30
Peso del agua (grs.)	51.10	68.26	73.00
Peso del tarro (grs.)	130.90	129.70	130.60
Peso del suelo seco (grs.)	271.60	370.60	391.70
% de humedad	18.81	18.42	18.64
PROMEDIO DE HUMEDAD			

EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN	
			día/mes/año	min.	DIAL	mm.	%	DIAL	mm.	%
13/02/2021	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
14/02/2021	1440	55	1.40	1.20	60	1.52	1.31	80	2.03	1.75
15/02/2021	2880	75	1.91	1.64	80	2.03	1.75	95	2.41	2.08
16/02/2021	4320	94	2.39	2.06	100	2.54	2.19	102	2.59	2.23
17/02/2021	5760	110	2.79	2.41	120	3.05	2.63	150	3.81	3.28

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° 12 de Golpes			MOLDE N°02-N° 25 de Golpes			MOLDE N°03- N° 56 de Golpes		
	LECTURA		CORRECCIÓN	LECTURA		CORRECCIÓN	LECTURA		CORRECCIÓN
	DIAL	Libras.	Libras./pulg ²	DIAL	Libras.	Libras./pulg ²	DIAL	Libras.	Libras./pulg ²
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	0	5	2	0	5	2	32	84	28
0.050	27	71	24	50	128	43	70	178	59
0.075	42	108	36	67	170	57	98	247	82
0.100	55	141	47	82	207	69	119	299	100
0.150	72	183	61	112	282	94	157	393	131
0.200	85	215	72	136	341	114	186	464	155
0.250	101	254	85	150	375	125	204	509	170
0.300	115	289	96	164	410	137	218	544	181
0.400	126	316	105	178	445	148	237	591	197
0.500	131	328	109	191	477	159	248	618	206

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no podemos extender los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo practica. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



- Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- ▲ Laboratorio de agregados
- ◆ Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- Inspección de control/ pruebas in situ.

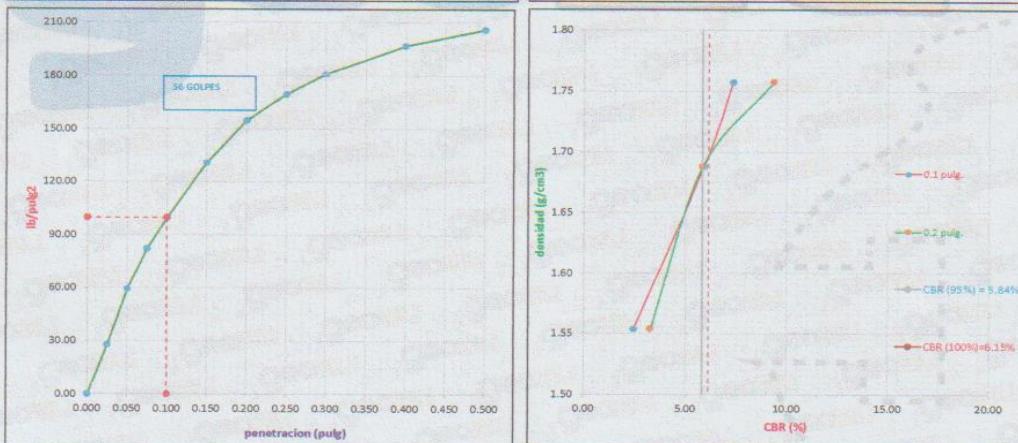
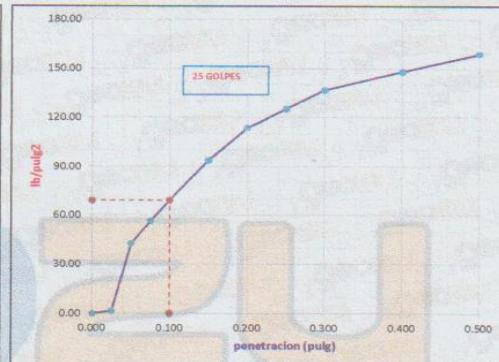
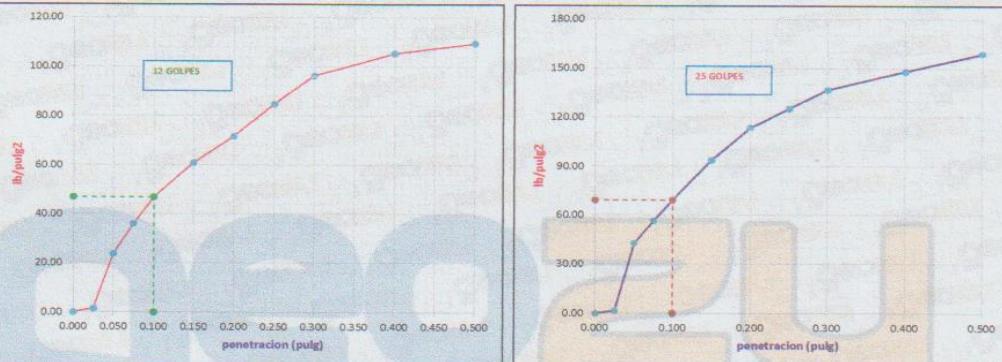
ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	: TEC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO

CALICATA	: C-01 P/C	FECHA	: 13/02/2021
IDENTIFICACION	: Polímero cuadrado	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	10.50 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.96 Kg/cm³



GOLPES	W. %	densidad.gr./cm³	HINCH. %	COMP. %	CBR-0.1"	CBR-0.2"	C.B.R.	C.B.R.
12	18.81	1.55	2.41	79.27	2.45	3.27	95%	100%
25	18.42	1.69	2.63	86.11	5.92	5.83	5.84	6.15
36	18.64	1.76	3.28	89.66	7.34	9.35		



Técnico de Laboratorio de Concreto:
Técnico de Laboratorio de Suelos:
Técnico de Laboratorio de Asfalto:
Técnico de Laboratorio de Geotecnia:
Técnico de Laboratorio de Agregados:
Técnico de Laboratorio de Concreto:
Técnico de Laboratorio de Suelos:
Técnico de Laboratorio de Asfalto:
Técnico de Laboratorio de Geotecnia:
Técnico de Laboratorio de Agregados:

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



geozu
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

- Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- Laboratorio de agregados
- Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- Inspección de contrapartes in situ

INFORME DE ENSAYO N° 04846-21/LAB-GZ

ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO

CALICATA	: C-01 P/A	FECHA	: 13/02/2021
IDENTIFICACION	: Polímero alargado	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	10.50 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.96 Kg/cm³

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

COMPACTACIÓN

Molde N°	01	02	03
Nº de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8150	8364	8575
Peso del molde (gramos)	4195	4195	4195
Peso del suelo húmedo (grs.)	3955	4169	4380
Volumen del molde (cc)	2123	2123	2123
Densidad húmeda (grs./cm³)	1.86	1.96	2.06
Densidad seca (grs./cm³)	1.597	1.687	1.779
TARRO N°			
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	525.20	530.70	595.30
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	468.84	474.20	531.20
Peso del agua (grs.)	56.36	56.50	64.10
Peso del tarro (grs.)	130.90	129.70	130.60
Peso del suelo seco (grs.)	337.94	344.50	400.60
% de humedad	16.68	16.40	16.90
PROMEDIO DE HUMEDAD			

EXPANSIÓN

FECHA día/mes/año	TIEMPO min.	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
			mm.	%		mm.	%		mm.	%
13/02/2021	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
14/02/2021	1440	42	1.07	0.92	30	0.76	0.66	24	0.61	0.53
15/02/2021	2880	72	1.83	1.58	60	1.52	1.31	54	1.37	1.18
16/02/2021	4320	95	2.41	2.08	87	2.21	1.91	82	2.08	1.80
17/02/2021	5760	104	2.64	2.28	96	2.44	2.10	92	2.34	2.01

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° 12 de Golpes			MOLDE N°02-N° 25 de Golpes			MOLDE N°03- N° 56 de Golpes		
	LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN	
		Libras.	Libras./pulg ²		Libras.	Libras./pulg ²		Libras.	Libras./pulg ²
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	0	5	2	0	5	2	0	5	2
0.050	30	79	26	28	74	25	20	54	18
0.075	45	116	39	40	103	34	38	99	33
0.100	53	136	45	51	131	44	46	118	39
0.150	69	175	58	67	170	57	62	158	53
0.200	82	207	69	80	202	67	72	183	61
0.250	103	259	86	100	252	84	93	235	78
0.300	112	282	94	108	272	91	101	254	85
0.400	121	304	101	115	289	96	105	264	88
0.500	130	326	109	124	311	104	1013	2509	836

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no podiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con las normas o como certificado de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.

Av. 10 de Junio N° 990 - Dpto. 306 Barrio Obrero San Martín de Porres Lima • Jr. Progreso N° 520- Chileca - Huancayo - Junín • Jr. Quispicancha Grande S/n San Sebastián - Cusco

geozu.sac@gmail.com 997092927

Ing. Ruth K. Llontzo Balbin
Reg. CIP N° 189478
Técnico de Laboratorio de Concreto
Nélida V. Collachagua Vicente



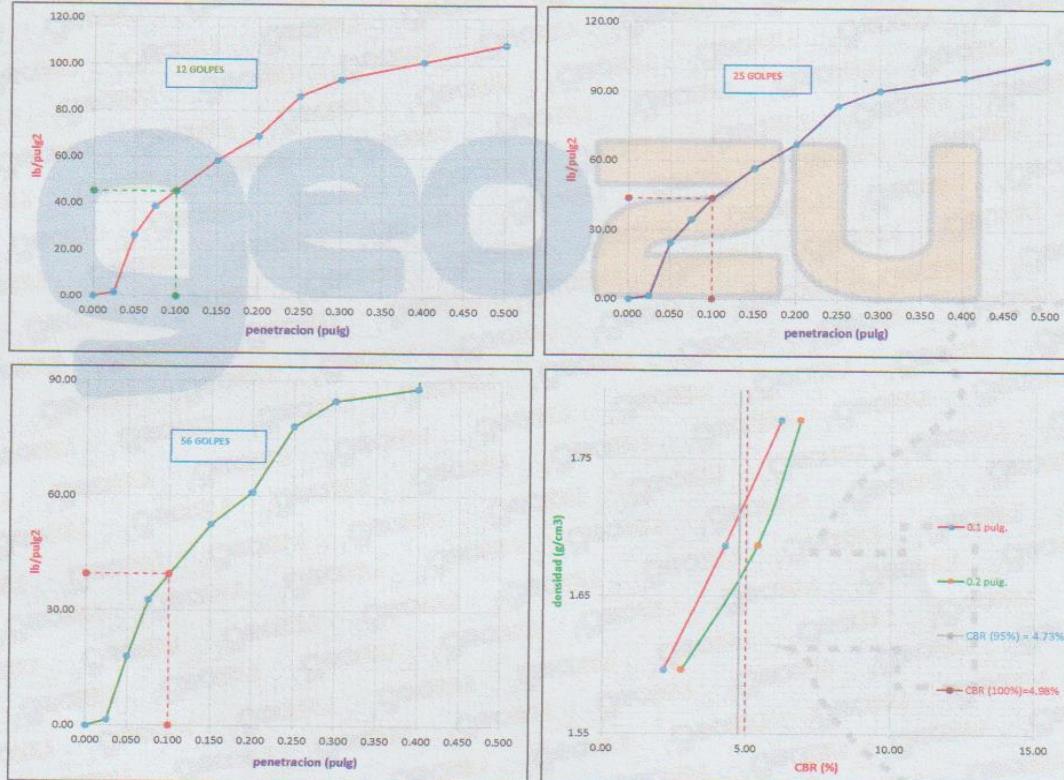
- Laboratorio de suelos ● Laboratorio de asfalto
- Laboratorio de agregados ○ Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto ✎ Inspección de control/pruebas in situ.

ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"
"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO

CALICATA	: C-01 P/A	FECHA	: 13/02/2021
IDENTIFICACION	: Polímero alargado	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	: 10.50 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	: 1.96 Kg/cm³



Técnico de Laboratorio de Concreto
Nélida V. Collachagua Vicente

Especialista en Geotecnia
Ing. Ruth K. Llontoro Balbin
Reg. GIP N° 185478

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



- Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- Laboratorio de agregados
- Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- Inspección de contr
- pruebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04847-21/LAB-GZ

ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS - VIAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO

CALICATA	: C-02	FECHA	: 13/02/2021
IDENTIFICACION	: -	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	: 11.30 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	: 1.89 Kg/cm3

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

COMPACTACIÓN

Molde N°	01	02	03
Nº de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8012	8104	8315
Peso del molde (gramos)	4195	4195	4195
Peso del suelo húmedo (grs.)	3817	3909	4120
Volumen del molde (cc)	2123	2121	2120
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.80	1.84	1.94
Densidad seca (grs./cm3)	1.630	1.653	1.774
Tarro N°	7	6	10
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	541.20	550.70	610.10
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	502.84	507.20	568.24
Peso del agua (grs.)	38.36	43.50	41.86
Peso del tarro (grs.)	130.90	129.70	130.60
Peso del suelo seco (grs.)	371.94	377.50	437.64
% de humedad	10.31	11.52	9.56
PROMEDIO DE HUMEDAD			

EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN		
			día/mes/año	min.	DIAL	mm.	%		DIAL	mm	%
13/02/2021	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
14/02/2021	1440	25	0.64	0.55	40	1.02	0.88	70	1.78	1.53	
15/02/2021	2880	50	1.27	1.09	60	1.52	1.31	120	3.05	2.63	
16/02/2021	4320	80	2.03	1.75	120	3.05	2.63	175	4.45	3.83	
17/02/2021	5760	108	2.74	2.36	140	3.56	3.07	250	6.35	5.47	

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° 12 de Golpes			MOLDE N°02-N° 25 de Golpes			MOLDE N°03- N° 56 de Golpes					
	LECTURA		CORRECCIÓN		LECTURA		CORRECCIÓN		LECTURA		CORRECCIÓN	
	DIAL	Libras.	Libras./pulg ²	DIAL	Libras.	Libras./pulg ²	DIAL	Libras.	Libras./pulg ²	DIAL	Libras.	Libras./pulg ²
0.000	-	-	0.00	-	-	0.00	-	-	-	-	-	0.00
0.025	0	5	2	0	5	2	32	84	28	-	-	-
0.050	25	66	22	50	128	43	70	178	59	-	-	-
0.075	40	103	34	67	170	57	98	247	82	-	-	-
0.100	50	128	43	82	207	69	119	299	100	-	-	-
0.150	88	222	74	112	282	94	157	393	131	-	-	-
0.200	103	259	86	136	341	114	186	464	155	-	-	-
0.250	117	294	98	150	375	125	204	509	170	-	-	-
0.300	125	314	105	164	410	137	218	544	181	-	-	-
0.400	138	346	115	178	445	148	237	591	197	-	-	-

Este documento expresa los resultados de los ensayos, no podemos establecer los resultados a una muestra en que no se ha analizado los resultados de los ensayos realizados en la muestra, ya que no se ha certificado que los resultados estén dentro de la especificación de acuerdo con la norma establecida en el contrato.

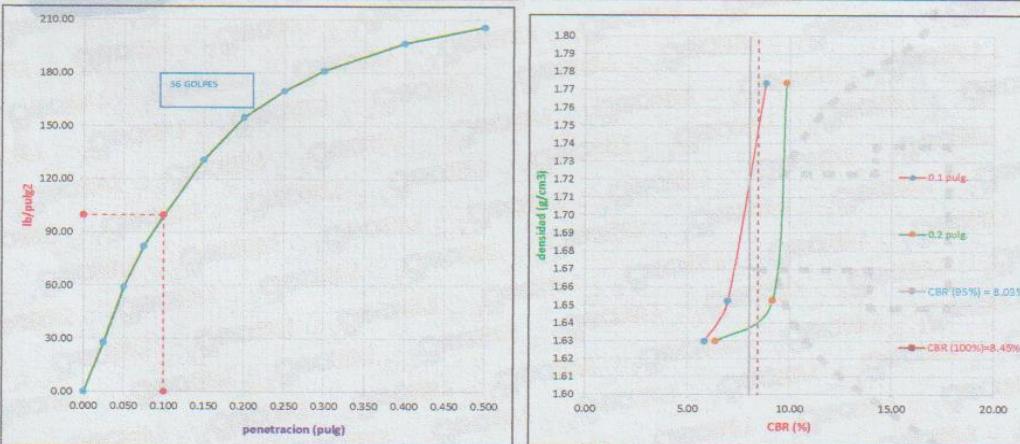
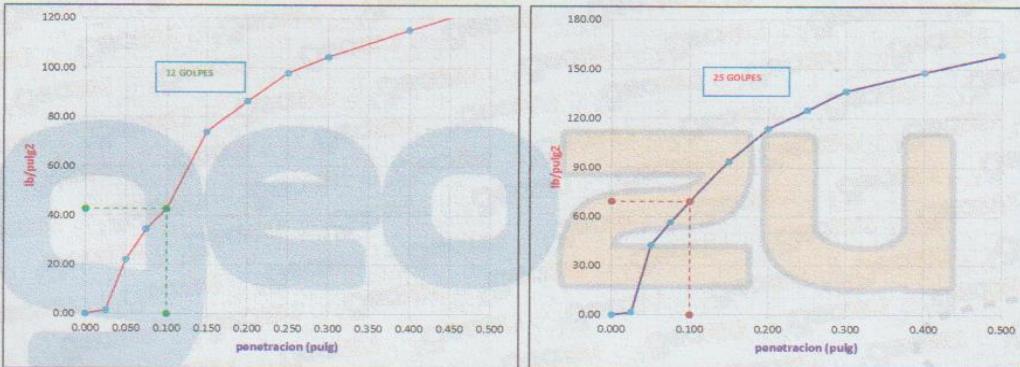


- ◆ Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- ▲ Laboratorio de agregados
- Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- > Inspección de control
- pruebas in situ.

ENSAYO DE PENETRACION DE "CBR"
"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO
PROYECTO	: "INFLUENCIA TECNICA ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE

REGISTRO			
CALICATA	: C-02	FECHA	: 13/02/2021
IDENTIFICACION	: -	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	: 11.30 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	: 1.89 Kg/cm³



GOLPES	W. %	densidad.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-0.1"	CBR-0.2"	C.B.R.	C.B.R.
12	10.31	1.63	2.36	86.23	5.81	6.36	95%	100%
25	11.52	1.65	3.07	87.44	6.97	9.16	8.03	8.45
56	9.56	1.77	5.47	93.85	8.82	9.83		

Este documento expresa los resultados de los(los) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



● Laboratorio de suelos ■ Laboratorio de asfalto
 ▲ Laboratorio de agregados ○ Estudio de geotécnica
 □ Laboratorio de concreto ✎ Inspección de contr
 pruebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04848-21/LAB-GZ

ENSAYO DE PENETRACION DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TECNICA ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUN		
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO

CALICATA	: C-02 P/C	FECHA	: 13/02/2021
IDENTIFICACION	: Polímero cuadrado	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	11.30 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.89 Kg/cm3

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

COMPACTACIÓN

Molde N°	01	02	03
Nº de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8546	8712	8945
Peso del molde (gramos)	4195	4195	4195
Peso del suelo húmedo (grs.)	4351	4517	4750
Volumen del molde (cc)	2123	2123	2123
Densidad húmeda (grs./cm3)	2.05	2.13	2.24
Densidad seca (grs./cm3)	1.865	1.937	2.039
TARRO N°	1A	2A	3A
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	370.00	363.00	375.20
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	345.00	338.80	350.20
Peso del agua (grs.)	25.00	24.20	25.00
Peso del tarro (grs.)	92.80	92.80	92.80
Peso del suelo seco (grs.)	252.20	246.00	257.40
% de humedad	9.91	9.84	9.71
PROMEDIO DE HUMEDAD			

EXPANSIÓN

FECHA dia/mes/año	TIEMPO min.	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN %	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN %
			mm.	%				
13/02/2021	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0.00
14/02/2021	1440	35	0.89	0.77	25	0.64	15	0.38
15/02/2021	2880	60	1.52	1.31	55	1.40	30	0.76
16/02/2021	4320	90	2.29	1.97	75	1.91	40	1.02
17/02/2021	5760	110	2.79	2.41	95	2.41	50	1.27

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° 12 de Golpes			MOLDE N°02-N° 25 de Golpes			MOLDE N°03- N° 56 de Golpes		
	LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN	
		Libras.	Libras./pulg ²		Libras.	Libras./pulg ²		Libras.	Libras./pulg ²
0.000			0.00	0		0.00	0		0.00
0.025	5	17	6	3	11	4	1	7	2
0.050	35	91	30	32	83	28	20	54	18
0.075	150	375	125	161	402	134	140	351	117
0.100	310	771	257	301	749	250	250	623	208
0.150	615	1525	508	596	1477	492	580	1439	480
0.200	795	1970	657	790	1958	653	750	1859	620
0.250	955	2366	789	940	2328	776	920	2279	760
0.300	1080	2675	892	1067	2642	881	1020	2527	842
0.400	1290	3194	1065	1283	3177	1059	1180	2922	974

Este documento expresa los resultados de tales mediciones y no contiene extensas informaciones o ninguna garantía que no hayan sido establecidas. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas o procedimientos de acuerdo a como lo establece el sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción de este informe sin autorización escrita del laboratorio geozu. Reg. CIP N° 188478



- ◆ Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- ▲ Laboratorio de agregados
- Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- Inspección de control/pruebas in situ.

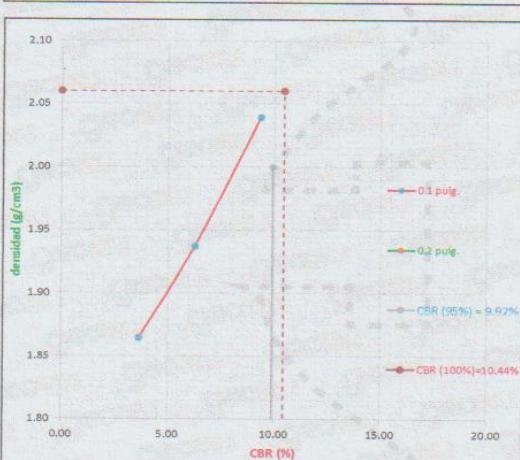
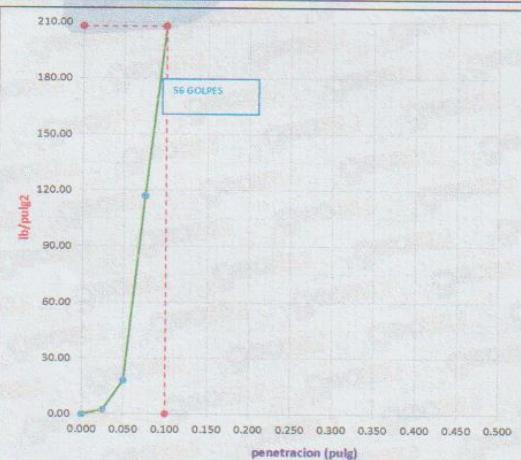
ENSAZO DE PENETRACION DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO
PROYECTO	"INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"
UBICACIÓN	CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUN
RESPONSABLE	TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE

REGISTRO

CALICATA	C-02 P/C	FECHA	: 13/02/2021
IDENTIFICACION	Polímero cuadrado	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	11.30 %
PROFUNDIDAD	1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.89 Kg/cm ³



GOLPES	W. %	densidad.gr./cm ³	HINCH. %	COMP. %	CBR-0.1"	CBR-0.2"	C.B.R.	C.B.R.
12	9.91	1.86	2.41	98.66	3.65	6.24	95%	100%
25	9.84	1.94	2.08	102.49	6.27	11.32	9.92	10.44
56	9.71	2.04	1.09	107.90	9.35	13.76		

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pueden extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



- ◆ Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- ▲ Laboratorio de agregados
- Estudio de geotecnia
- Laboratorio de concreto
- △ Inspección de control/pruebas in situ

INFORME DE ENSAYO N° 04849-21/LAB-GZ

ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	"INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO

CALICATA	C-02 P/A	FECHA	: 13/02/2021
IDENTIFICACION	Polímero alargado	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	11.30 %
PROFUNDIDAD	1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.89 Kg/cm³

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

COMPACTACIÓN

Molde N°	01	02	03
Nº de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8023	8234	8615
Peso del molde (gramos)	4195	4195	4195
Peso del suelo húmedo (grs.)	3828	4039	4420
Volumen del molde (cc)	2123	2121	2120
Densidad húmeda (grs./cm³)	1.80	1.90	2.08
Densidad seca (grs./cm³)	1.493	1.595	1.759
Tarro N°	7	6	10
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	580.20	580.40	650.50
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	502.84	507.20	569.24
Peso del agua (grs.)	77.36	73.20	81.26
Peso del tarro (grs.)	130.90	129.70	130.60
Peso del suelo seco (grs.)	371.94	377.50	438.64
% de humedad	20.80	19.39	18.53
PROMEDIO DE HUMEDAD			

EXPANSIÓN

FECHA dia/mes/año	TIEMPO min.	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
			mm.	%		mm.	%		mm.	%
13/02/2021	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
14/02/2021	1440	35	0.89	0.77	33	0.84	0.72	50	1.27	1.09
15/02/2021	2880	45	1.14	0.99	42	1.07	0.92	41	1.04	0.90
16/02/2021	4320	78	1.98	1.71	74	1.88	1.62	71	1.80	1.55
17/02/2021	5760	86	2.18	1.88	81	2.06	1.77	80	2.03	1.75

PERENTRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° 12 de Golpes			MOLDE N°02-N° 25 de Golpes			MOLDE N°03- N° 56 de Golpes		
	LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN	
		Libras.	Libras./pulg.		Libras.	Libras./pulg.		Libras.	Libras./pulg.
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	0	5	2	0	5	2	0	5	2
0.050	24	64	21	20	54	18	30	79	26
0.075	35	91	30	31	81	27	45	116	39
0.100	46	118	39	42	108	36	66	168	56
0.150	67	170	57	62	158	53	78	197	66
0.200	82	207	69	80	202	67	89	225	75
0.250	95	239	80	92	232	77	103	259	86
0.300	105	264	88	103	259	86	112	282	94
0.400	115	289	96	110	277	92	136	341	114
0.500	120	301	100	115	289	96	149	373	124

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



- Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- Laboratorio de agregados
- Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- ☒ Inspección de contrapartes in situ.

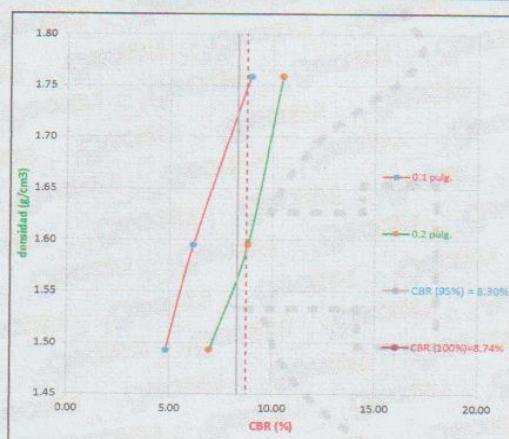
ENSAYO DE PENETRACION DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TECNICA ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO DE EXCAVACION

CALICATA	: C-02 P/A	FECHA	: 13/02/2021
IDENTIFICACION	: Polímero alargado	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	11.30 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.89 Kg/cm³



GOLPES	W. %	densidad.gr./cm³	HINCH. %	COMP. %	CBR-0.1"	CBR-0.2"	C.B.R.	C.B.R.
12	20.80	1.49	1.88	78.98	4.82	6.94	95%	100%
25	19.39	1.60	1.77	84.39	6.16	8.81	8.30	8.74
36	18.53	1.76	1.75	93.07	8.92	10.47		

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extender los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



- Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- ▲ Laboratorio de agregados
- Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- △ Inspección de control pruebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04850-21/LAB-GZ

ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

PETICIONARIO	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO

CALICATA	: C-01	FECHA	: 17/02/21
IDENTIFICACION	: CON 1.0% POLÍMERO	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	10.50 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.96 Kg/cm3

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

COMPACTACIÓN

Molde N°	01	02	03
Nº de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8038	8340	8530
Peso del molde (gramos)	4195	4195	4195
Peso del suelo húmedo (grs.)	3843	4145	4335
Volumen del molde (cc)	2123	2121	2120
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.81	1.95	2.04
Densidad seca (grs./cm3)	1.602	1.747	1.838
Tarro N°	7	6	10
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	435.10	547.50	583.40
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	400.20	503.20	537.50
Peso del agua (grs.)	34.90	44.30	45.90
Peso del tarro (grs.)	130.90	129.70	130.60
Peso del suelo seco (grs.)	269.30	373.50	406.90
% de humedad	12.96	11.86	11.28
PROMEDIO DE HUMEDAD			

EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN		
			día/mes/año	min.	DIAL	mm.	%		DIAL	mm	%
17/02/2021	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
18/02/2021	1440	53	1.35	1.16	58	1.47	1.27	79	2.01	1.73	
19/02/2021	2880	74	1.88	1.62	77	1.96	1.69	93	2.36	2.04	
20/02/2021	4320	96	2.44	2.10	89	2.26	1.95	100	2.54	2.19	
21/01/1900	5760	108	2.74	2.36	110	2.79	2.41	148	3.76	3.24	

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° 12 de Golpes			MOLDE N°02-N° 25 de Golpes			MOLDE N°03- N° 56 de Golpes					
	LECTURA		CORRECCIÓN		LECTURA		CORRECCIÓN		LECTURA		CORRECCIÓN	
	DIAL	Libras.	Libras./pulg ²	DIAL	Libras.	Libras./pulg ²	DIAL	Libras.	Libras./pulg ²	DIAL	Libras.	Libras./pulg ²
0.000			0.00			0.00			0.00			0.00
0.025	0	5	2	0	5	2	30	79	26			
0.050	24	64	21	45	116	39	50	128	43			
0.075	40	103	34	65	165	55	80	202	67			
0.100	60	153	51	80	202	67	100	252	84			
0.150	75	190	63	90	227	76	120	301	100			
0.200	90	227	76	120	301	100	160	400	133			
0.250	100	252	84	140	351	117	190	474	158			
0.300	120	301	100	160	400	133	210	524	175			
0.400	130	326	109	180	450	150	230	573	191			
0.500	140	351	117	190	474	158	248	618	206			

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no profundié extendiendo los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.

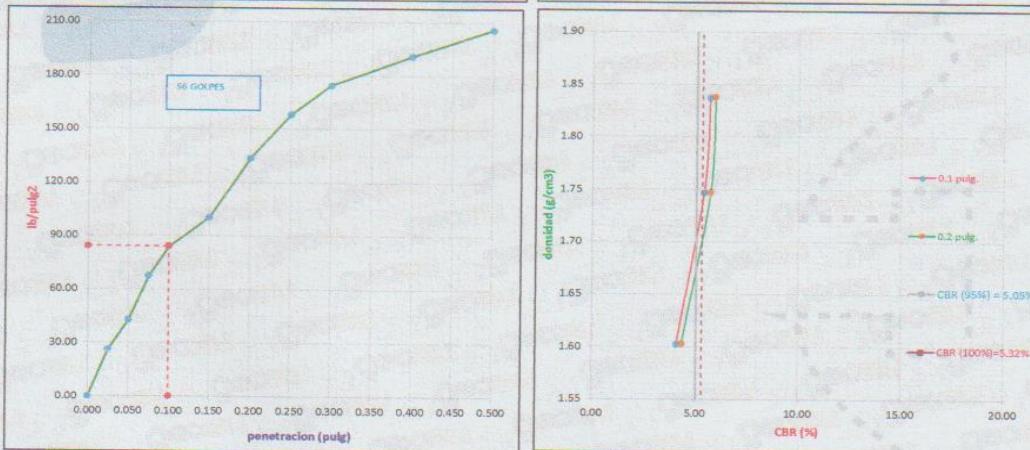


● Laboratorio de suelos ● Laboratorio de asfalto
 ● Laboratorio de agregados ● Estudio de geotécnica
 ● Laboratorio de concreto ➔ Inspección de control
 pruebas in situ.

ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"
"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	"INFLUENCIA TECNICA ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO			
CALICATA	: C-01	FECHA	: 17/02/21
IDENTIFICACION	: CON 1.0% POLÍMERO	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	10.50 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.96 Kg/m³



GOLPES	W. %	densidad.gr./cm³	HINCHL. %	COMP. %	CBR-0.1"	CBR-0.2"	C.B.R.	C.B.R.
12	12.96	1.60	2.36	81.76	4.10	4.34	95%	100%
25	11.86	1.75	2.41	89.14	5.40	5.71	5.05	5.32
56	11.28	1.84	3.24	93.75	5.68	5.93		

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderlo a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo practice. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



Laboratorio de suelos Laboratorio de asfalto
 Laboratorio de agregados Estudio de geotécnica
 Laboratorio de concreto Inspección de control/
 pruebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04851-21/LAB-GZ

ENSAYO DE PENETRACIÓN "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO

CALICATA	: C-01	FECHA	: 17/02/21
IDENTIFICACION	: CON 1.5% POLÍMERO	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	10.50 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.96 Kg/cm³

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

COMPACTACIÓN

Molde N°	01	02	03
Nº de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8220	8364	8575
Peso del molde (gramos)	4195	4195	4195
Peso del suelo húmedo (grs.)	4025	4169	4380
Volumen del molde (cc)	2123	2123	2123
Densidad húmeda (grs./cm³)	1.90	1.96	2.06
Densidad seca (grs./cm³)	1.621	1.687	1.779
TARRO N°	7	6	10
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	524.97	530.70	595.30
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	467.80	474.20	531.20
Peso del agua (grs.)	57.17	56.50	64.10
Peso del tarro (grs.)	130.90	129.70	130.60
Peso del suelo seco (grs.)	336.90	344.50	400.60
% de humedad	16.97	16.40	16.00
PROMEDIO DE HUMEDAD			

EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN		
			día/mes/año	min.	DIAL	mm.	%		DIAL	mm	%
17/02/2021	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
18/02/2021	1440	44	1.12	0.96	32	0.81	0.70	22	0.56	0.48	
19/02/2021	2880	82	2.08	1.80	63	1.60	1.38	55	1.40	1.20	
20/02/2021	4320	98	2.49	2.15	88	2.24	1.93	80	2.03	1.75	
21/02/2021	5760	110	2.79	2.41	98	2.49	2.15	95	2.41	2.08	

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° 12 de Golpes			MOLDE N°02-N° 25 de Golpes			MOLDE N°03- N° 56 de Golpes			
	LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN		
		DIAL	Libras.		Libras.	Libras./pulg ²		DIAL	Libras.	Libras./pulg ²
0.000				0.00			0.00			0.00
0.025	0	5	2	0	5	2	0	5	2	
0.050	30	79	26	28	74	25	20	54	18	
0.075	45	116	39	40	103	34	38	99	33	
0.100	53	136	45	51	131	44	46	118	39	
0.150	69	175	58	67	170	57	62	158	53	
0.200	82	207	69	80	202	67	72	183	61	
0.250	103	259	86	100	252	84	93	235	78	
0.300	112	282	94	108	272	91	101	254	85	
0.400	121	304	101	115	289	96	105	264	88	

Este documento expresa los resultados (0.500) muestra(s), no contiene (0) errores, los resultados (4.26) ingreso muestra (4.09) han sido realizados en (124) Lbs. Los resultados (8.14) deben ser multiplicados por un factor (1.04) como una certificación de acuerdo (2.509) en numero de (836) de acuerdo.

Espectrómetro de Geotécnica
 Ing. Ruth K. L. Balbin
 Reg. CIP N° 139478

geozu
 Técnico de Laboratorio de Concreto
 Nélida V. Collachagua Vicente



- Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- Laboratorio de agregados
- Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- ※ Inspección de control
- pruebas in situ.

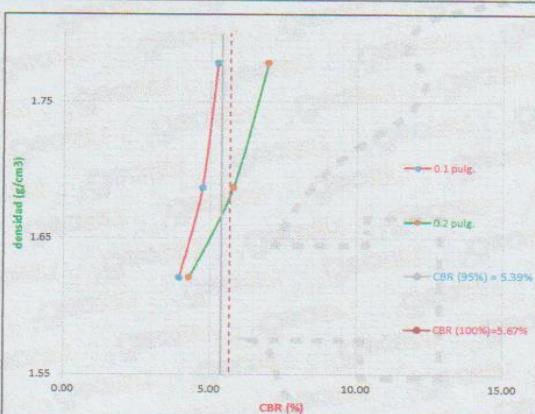
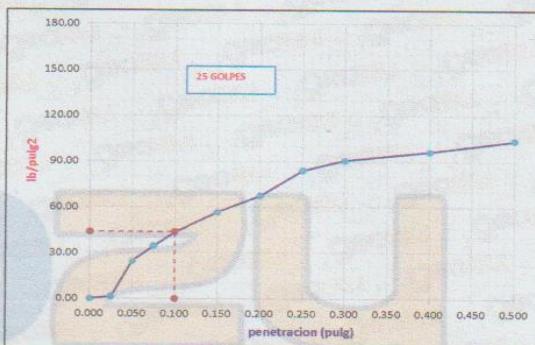
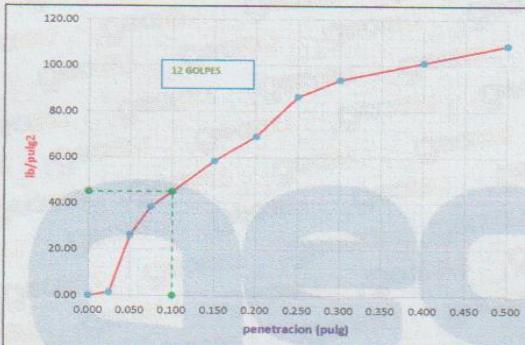
ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE

REGISTRO

CALICATA	: C-01	FECHA	: 17/02/21
IDENTIFICACION	: CON 1.5% POLÍMERO	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	: 10.50 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	: 1.96 Kg/cm ³



GOLPES	W. %	densidad.gr./cm ³	HINCH. %	COMP. %	CBR-0.1"	CBR-0.2"	C.B.R.	C.B.R.
12	16.97	1.62	2.41	82.70	3.93	4.28	95%	100%
25	16.40	1.69	2.15	86.07	4.73	5.78	5.39	5.67
56	16.00	1.78	2.08	90.74	5.24	6.95		

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



● Laboratorio de suelos ● Laboratorio de asfalto
 ▲ Laboratorio de agregados □ Estudio de geotécnica
 ▨ Laboratorio de concreto ▷ Inspección de contr
 pruebas in situ

INFORME DE ENSAYO N° 04852-21/LAB-GZ

ENSAZO DE PENETRACION DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TECNICA ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO POBLADO DE AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO

CALICATA	: C-01	FECHA	: 12/02/21
IDENTIFICACION	: CON 2.0% POLÍMERO	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	10.50 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.96 Kg/cm ³

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

COMPACTACIÓN

Molde N°	01	02	03
Nº de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	7894	8047	8638
Peso del molde (gramos)	4195	4195	4195
Peso del suelo húmedo (grs.)	3699	3852	4443
Volumen del molde (cc)	2123	2123	2123
Densidad húmeda (grs./cm ³)	1.74	1.81	2.09
Densidad seca (grs./cm ³)	1.550	1.617	1.859
Tarro N°	7	6	10
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	506.40	519.00	589.40
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	460.60	472.70	533.80
Peso del agua (grs.)	45.80	46.30	55.60
Peso del tarro (grs.)	92.50	92.50	92.50
Peso del suelo seco (grs.)	368.10	380.20	441.30
% de humedad	12.44	12.18	12.60
PROMEDIO DE HUMEDAD			

EXPANSIÓN

FECHA dia/mes/año	TIEMPO min.	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN
			mm.	%				
17/02/2021	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0.00
18/02/2021	1440	38	0.97	0.83	25	0.64	18	0.46
19/02/2021	2880	67	1.70	1.47	48	1.22	26	0.66
20/02/2021	4320	89	2.26	1.95	71	1.80	39	0.99
21/02/2021	5760	111	2.82	2.43	89	2.26	52	1.32

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° 12 de Golpes			MOLDE N°02-N° 25 de Golpes			MOLDE N°03- N° 56 de Golpes		
	LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN	
		Libras.	Libras./pulg ²		Libras.	Libras./pulg ²		Libras.	Libras./pulg ²
0.000	-	-	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	0	5	2	0	5	2	30	79	26
0.050	25	66	22	40	103	34	60	153	51
0.075	35	91	30	60	153	51	90	227	76
0.100	45	116	39	80	202	67	110	277	92
0.150	65	165	55	90	227	76	150	375	125
0.200	80	202	67	120	301	100	180	450	150
0.250	105	264	88	140	351	117	200	499	166
0.300	110	277	92	150	375	125	220	549	183
0.400	130	326	109	160	400	133	230	573	191
	363	171	180	450	350	623	208		

Este documento expresa los resultados de los ensayos realizados al suelo que no lleva todo su material. Los resultados no deberán utilizarse como una certificación de conformidad con la norma o como certificado del sistema de calidad que la produce. Puede presentar la diferencia entre el resultado obtenido en este informe y el resultado del laboratorio GeoZu S.A.C. de acuerdo a la especificación del cliente.



- Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- Laboratorio de agregados
- Estudio de geotécnico
- Laboratorio de concreto
- Inspección de construcción in situ

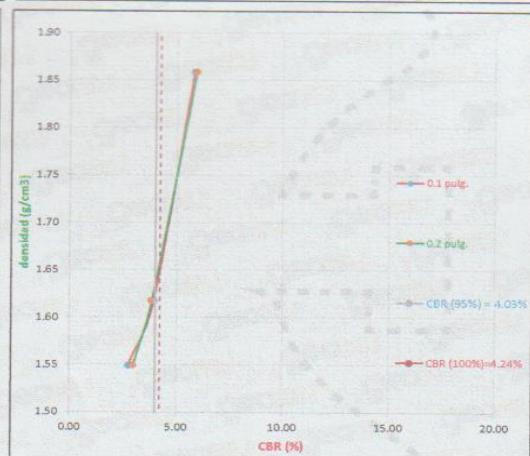
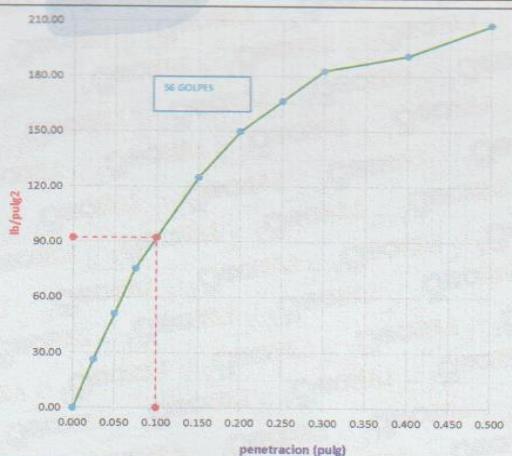
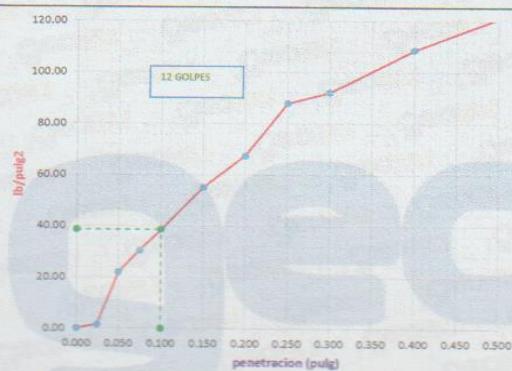
ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO
PROYECTO	: "INFLUENCIA TECNICA ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE

REGISTRO

CALICATA	: C-01	FECHA	: 17/02/21
IDENTIFICACION	: CON 2.0% POLÍMERO	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	: 10.50 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	: 1.96 Kg/cm³



GOLPES	W. %	densidad.gr./cm³	HINCH. %	COMP. %	CBR-0.1"	CBR-0.2"	C.B.R.	C.B.R.
12	12.44	1.55	2.43	79.06	2.75	2.98	95%	100%
25	12.18	1.62	1.95	82.52	3.95	3.85	4.03	4.24
56	12.60	1.86	1.14	94.83	5.83	5.94	-	-

Este documento expresa los resultados de (603) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



- ◆ Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- ▲ Laboratorio de agregados
- Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- Inspección de control/pruebas in situ

INFORME DE ENSAYO N° 04853-21/LAB-GZ
ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"
UBICACIÓN	: CENTRO POBLADO DE AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE

REGISTRO			
CALICATA	: C-02	FECHA	: 17/02/21
IDENTIFICACION	: CON 1.0% POLIMERO	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	: 11.30 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	: 1.89 Kg/cm³

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

COMPACTACIÓN

Molde N°	01	02	03
Nº de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8125	8283	8349
Peso del molde (gramos)	4195	4195	4195
Peso del suelo húmedo (grs.)	3930	4088	4154
Volumen del molde (cc)	2123	2121	2120
Densidad húmeda (grs./cm³)	1.85	1.93	1.96
Densidad seca (grs./cm³)	1.510	1.591	1.584
Tarro N°	7	6	10
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	583.90	581.30	589.30
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	500.40	502.50	501.30
Peso del agua (grs.)	83.50	78.80	88.00
Peso del tarro (grs.)	130.90	129.70	130.60
Peso del suelo seco (grs.)	369.50	372.80	370.70
% de humedad	22.60	21.14	23.74
PROMEDIO DE HUMEDAD			

EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN	LECTURA	EXPANSIÓN		
			día/mes/año	min.	DIAL	mm.	%	DIAL	mm	%
17/02/2021	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
18/02/2021	1440	32	0.81	0.70	34	0.86	0.74	44	1.12	0.96
19/02/2021	2880	43	1.09	0.94	45	1.14	0.99	58	1.47	1.27
20/02/2021	4320	75	1.91	1.64	78	1.98	1.71	75	1.91	1.64
21/02/2021	5760	88	2.24	1.93	83	2.11	1.82	82	2.08	1.80

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° 12 de Golpes			MOLDE N°02-N° 25 de Golpes			MOLDE N°03- N° 56 de Golpes			
	LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN		
		DIAL	Libras.	Libras./pulg²	DIAL	Libras.	Libras./pulg²	DIAL	Libras.	Libras./pulg²
0.000				0.00			0.00			0.00
0.025	0	5	2	0	5	2	0	5	2	
0.050	22	59	20	25	66	22	35	91	30	
0.075	33	86	29	35	91	30	50	128	43	
0.100	45	116	39	45	116	39	65	165	55	
0.150	65	165	55	65	165	55	75	190	63	
0.200	70	178	59	75	190	63	85	215	72	
0.250	90	227	76	90	227	76	100	252	84	
0.300	100	252	84	100	252	84	110	277	92	
0.400	110	277	92	110	277	92	120	301	100	
0.500	120	301	100	120	301	100	140	351	117	

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



Especialista en Geotecnia
Ing. Ruth K. Lifonzo Barbin
Reg. CIP N° 189478



Técnico de Laboratorio de Concreto
Nélida V. Collachagua Vicente



geozu
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO DE PENETRACION DE "CBR"

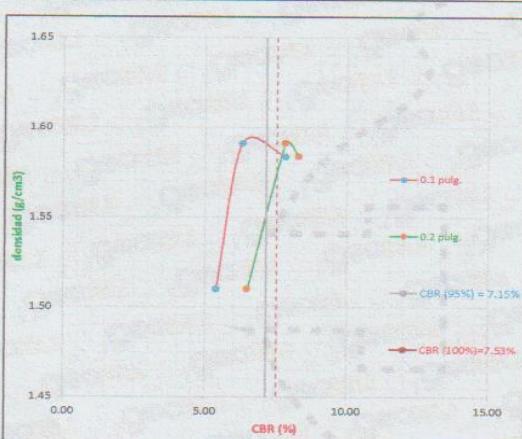
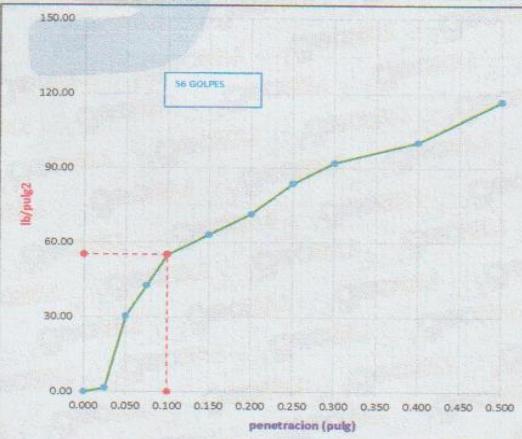
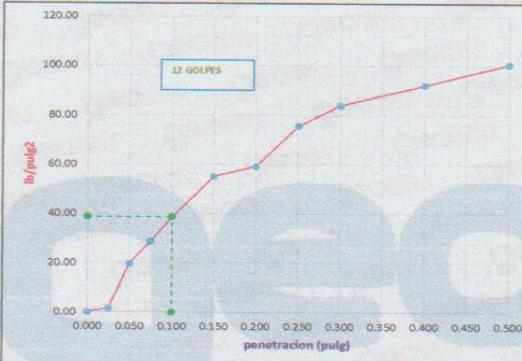
"NORMA ASTM D - 1883"

- Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- Laboratorio de agregados
- Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- Inspección de contrapartes in situ.

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO
PROYECTO	: "INFLUENCIA TECNICA ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE

REGISTRO

CALICATA	: C-02	FECHA	: 17/02/21
IDENTIFICACION	: CON 1.0% POLÍMERO	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	: 11.30 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	: 1.89 Kg/cm3



GOLPES	W. %	densidad.gr./cm³	HINCH. %	COMP. %	CBR-0.1"	CBR-0.2"	C.B.R.	C.B.R.
12	22.60	1.51	1.93	79.89	5.39	6.49	95%	100%
25	21.14	1.59	1.82	84.18	6.31	7.83	7.15	7.53
56	23.74	1.58	1.80	83.78	7.84	8.29		

geozu
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO
Técnico de Laboratorios de Concreto
Nelida V. Collachagua Vicente

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo practice. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



● Laboratorio de suelos ■ Laboratorio de asfalto
 ▲ Laboratorio de agregados ○ Estudio de geotecnia
 □ Laboratorio de concreto ✎ Inspección de contr
 pruebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04854-21/LAB-GZ
ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"
 "NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS - VIAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO POBLADO DE AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO			
CALICATA	: C-02	FECHA	: 17/02/21
IDENTIFICACION	: CON 1.5% POLÍMERO	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	: 11.30 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct. Mod.	: 1.89 Kg/cm³

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883
 COMPACTACIÓN

Molde N°	01	02	03
Nº de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8018	8220	8178
Peso del molde (gramos)	4195	4195	4195
Peso del suelo húmedo (grs.)	3823	4025	3983
Volumen del molde (cc)	2123	2121	2120
Densidad húmeda (grs./cm³)	1.80	1.90	1.88
Densidad seca (grs./cm³)	1.671	1.760	1.740
Tarro N°	7	6	10
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	529.00	560.40	605.69
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	500.40	529.20	570.70
Peso del agua (grs.)	28.60	31.20	34.99
Peso del tarro (grs.)	130.90	129.70	130.60
Peso del suelo seco (grs.)	369.50	399.50	440.10
% de humedad	7.74	7.81	7.95
PROMEDIO DE HUMEDAD			

EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN		
			min.	DIAL		mm.	%		DIAL	mm	%
17/02/2021	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
18/02/2021	1440	28	0.71	0.61	38	0.97	0.83	66	1.68	1.45	
19/02/2021	2880	48	1.22	1.05	63	1.60	1.38	118	3.00	2.58	
20/02/2021	4320	79	2.01	1.73	119	3.02	2.61	165	4.19	3.61	
21/02/2021	5760	110	2.79	2.41	137	3.48	3.00	246	6.25	5.39	

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° 12 de Golpes			MOLDE N°02-N° 25 de Golpes			MOLDE N°03- N° 56 de Golpes		
	LECTURA		CORRECCIÓN	LECTURA		CORRECCIÓN	LECTURA		CORRECCIÓN
	DIAL	Libras.	Libras./pulg²	DIAL	Libras.	Libras./pulg	DIAL	Libras.	Libras./pulg
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	0	5	2	0	5	2	30	79	26
0.050	20	54	18	40	103	34	50	128	43
0.075	35	91	30	60	153	51	70	178	59
0.100	45	116	39	80	202	67	90	227	76
0.150	80	202	67	90	227	76	130	326	109
0.200	90	227	76	110	277	92	150	375	125
0.250	100	252	84	140	351	117	180	450	150
0.300	115	289	96	160	400	133	210	524	175
0.400	130	326	109	170	425	142	230	573	191
0.500	145	363	121	180	450	150	240	598	199

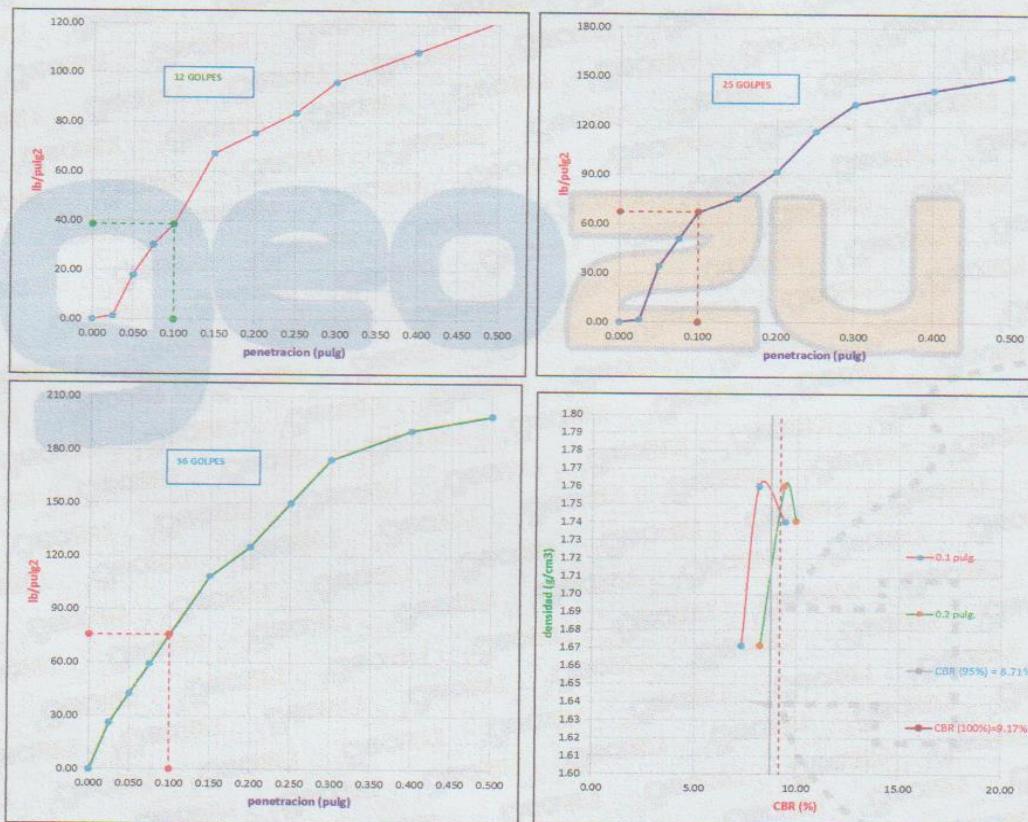
Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo practice. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



- Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- ▲ Laboratorio de agregados
- ◆ Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- ✖ Inspección de contrapuebas in situ.

ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"
"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO POBLADO DE AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		
REGISTRO			
CALICATA	: C-02	FECHA	: 12/02/21
IDENTIFICACION	: CON 1.5% POLÍMERO	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	11.30 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct. Mod.	1.89 Kg/cm³



GOLPES	W. %	densidad.gr./cm³	HINCH. %	COMP. %	CBR-0.1"	CBR-0.2"	CBR.	CBR.
12	7.74	1.67	2.41	88.43	7.29	8.20	95%	100%
25	7.81	1.76	3.00	93.13	8.12	9.36	8.71	9.17
56	7.95	1.74	5.39	92.09	9.40	9.94		

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



● Laboratorio de suelos ■ Laboratorio de asfalto
 ■ Laboratorio de agregados □ Estudio de geotécnica
 □ Laboratorio de concreto ➔ Inspección de controles in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04855-21/LAB-GZ
ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO

CALICATA	: C-02	FECHA	: 17/02/21
IDENTIFICACION	: CON 2% POLÍMERO	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	11.30 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.89 Kg/cm³

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

COMPACTACIÓN

Molde N°	01	02	03
Nº de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8456	8499	8632
Peso del molde (gramos)	4195	4195	4195
Peso del suelo húmedo (grs.)	4261	4304	4437
Volumen del molde (cc)	2123	2123	2120
Densidad húmeda (grs./cm³)	2.01	2.03	2.09
Densidad seca (grs./cm³)	1.802	1.829	1.873
Tarro N°	7	6	10
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	506.28	520.20	560.90
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	467.90	482.00	515.60
Peso del agua (grs.)	38.38	38.20	45.30
Peso del tarro (grs.)	130.90	129.70	130.60
Peso del suelo seco (grs.)	337.00	352.30	385.00
% de humedad	11.39	10.84	11.77
PROMEDIO DE HUMEDAD			

EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN		
			día/mes/año	min.	DIAL	mm.	%		DIAL	mm	%
17/02/2021	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00
18/02/2021	1440	18	0.46	0.39	16	0.41	0.35	12	0.30	0.26	
19/02/2021	2880	46	1.17	1.01	26	0.66	0.57	18	0.46	0.39	
20/02/2021	4320	53	1.35	1.16	48	1.22	1.05	35	0.89	0.77	
21/02/2021	5760	79	2.01	1.73	65	1.65	1.42	62	1.57	1.36	

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° 12 de Golpes			MOLDE N°02-N° 25 de Golpes			MOLDE N°03- N° 56 de Golpes			
	LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN		
		DIAL	Libras.		Libras.	Libras./pulg ²		DIAL	Libras.	Libras./pulg ²
0.000			0.00			0.00				0.00
0.025	0	5	2	24	64	21	32	84	28	
0.050	27	71	24	70	178	59	80	202	67	
0.075	42	108	36	116	291	97	120	301	100	
0.100	55	141	47	161	403	134	180	450	150	
0.150	72	183	61	229	570	190	250	623	208	
0.200	85	215	72	267	666	222	280	697	232	
0.250	101	254	85	313	777	259	320	796	265	
0.300	115	289	96	330	821	274	360	895	298	
0.400	126	316	105	380	944	315	400	994	331	

Este documento expresa los resultados obtenidos en la muestra (s), no siendo considerada la muestra ninguna muestra que haya sido analizada. Los resultados deben ser utilizados como una certificación de conformidad con las normas de producto o como certificado de su aptitud para la producción. La reproducción total o parcial de este documento es sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



● Laboratorio de suelos ■ Laboratorio de asfalto
 ■ Laboratorio de agregados ○ Estudio de geotécnica
 □ Laboratorio de concreto ➤ Inspección de controles in situ.

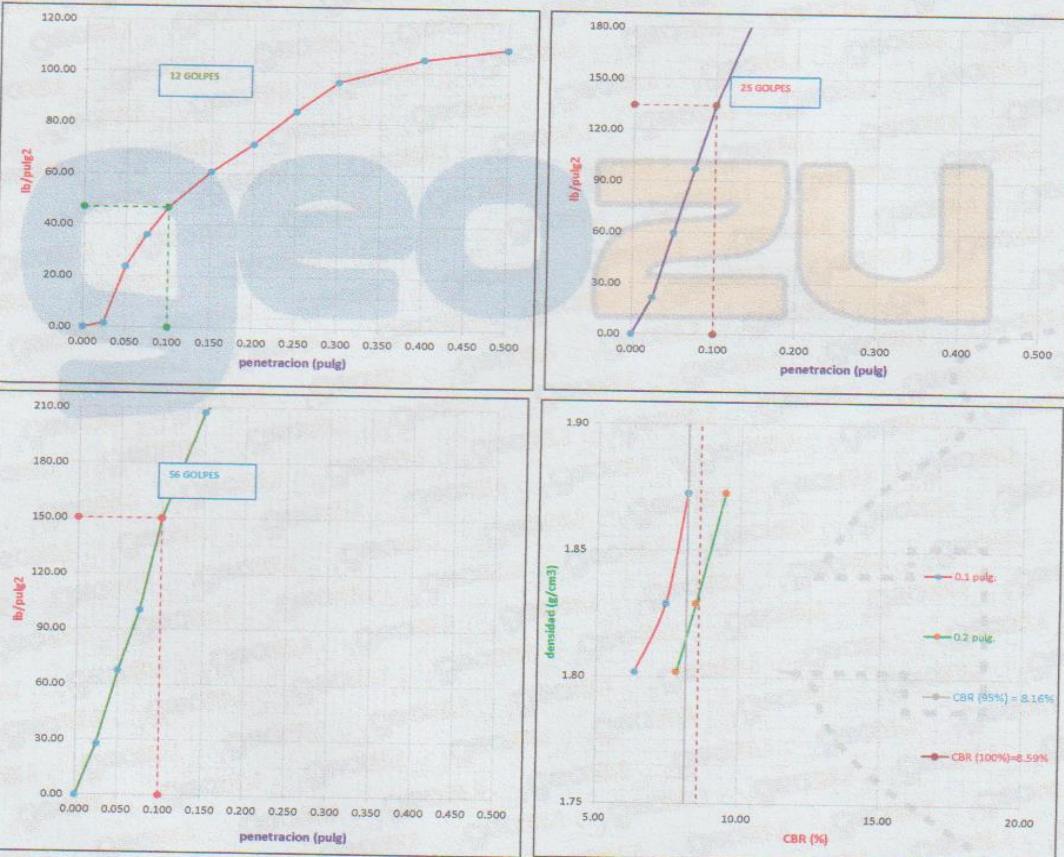
ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO

CALICATA	: C-02	FECHA	: 17/02/21
IDENTIFICACION	: CON 2% POLÍMERO	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	11.30 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.89 Kg/cm ³



Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del Laboratorio GEOZU S.A.C.



● Laboratorio de suelos ● Laboratorio de asfalto
 ▲ Laboratorio de agregados ○ Estudio de geotécnica
 □ Laboratorio de concreto ✎ Inspección de contr
 pruebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04856-21/LAB-GZ

ENSAYO DE PENETRACION DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TECNICA ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO

CALICATA	: C-01 C/C	FECHA	: 17/02/21
IDENTIFICACION	: CON CAL	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	10.50 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.96 Kg/cm³

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

COMPACTACION

Molde N°	01	02	03
Nº de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	7885	8125	8411
Peso del molde (gramos)	4195	4195	4195
Peso del suelo húmedo (grs.)	3690	3930	4216
Volumen del molde (cc)	2123	2123	2123
Densidad húmeda (grs./cm³)	1.74	1.85	1.99
Densidad seca (grs./cm³)	1.493	1.591	1.709
Tarro N°	7	6	10
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	525.20	530.70	595.30
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	464.20	469.20	525.30
Peso del agua (grs.)	61.00	61.50	70.00
Peso del farro (grs.)	92.80	92.80	92.80
Peso del suelo seco (grs.)	371.40	376.40	432.50
% de humedad	16.42	16.34	16.18
PROMEDIO DE HUMEDAD			

EXPANSIÓN

FECHA dia/mes/año	TIEMPO min.	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN
			mm.	%				
17/02/2021	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0.00
18/02/2021	1440	40	1.02	0.88	26	0.66	57	0.57
19/02/2021	2880	69	1.75	1.51	50	1.27	109	1.09
20/02/2021	4320	91	2.31	1.99	68	1.73	149	1.49
21/02/2021	5760	108	2.74	2.36	85	2.16	186	1.86

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° 12 de Golpes			MOLDE N°02-N° 25 de Golpes			MOLDE N°03- N° 56 de Golpes		
	LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN	
		Libras.	Libras./pulg ²		Libras.	Libras./pulg ²		Libras.	Libras./pulg ²
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	0	5	2	0	5	2	32	84	28
0.050	27	71	24	50	128	43	70	178	59
0.075	42	108	36	67	170	57	98	247	82
0.100	55	141	47	82	207	69	119	299	100
0.150	72	183	61	112	282	94	157	393	131
0.200	85	215	72	136	341	114	186	464	155
0.250	101	254	85	150	375	125	204	509	170
0.300	115	289	96	164	410	137	218	544	181
0.400	126	316	105	178	445	148	237	591	197
0.500	131	328	109	191	477	159	248	618	206

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEZOZU S.A.C.



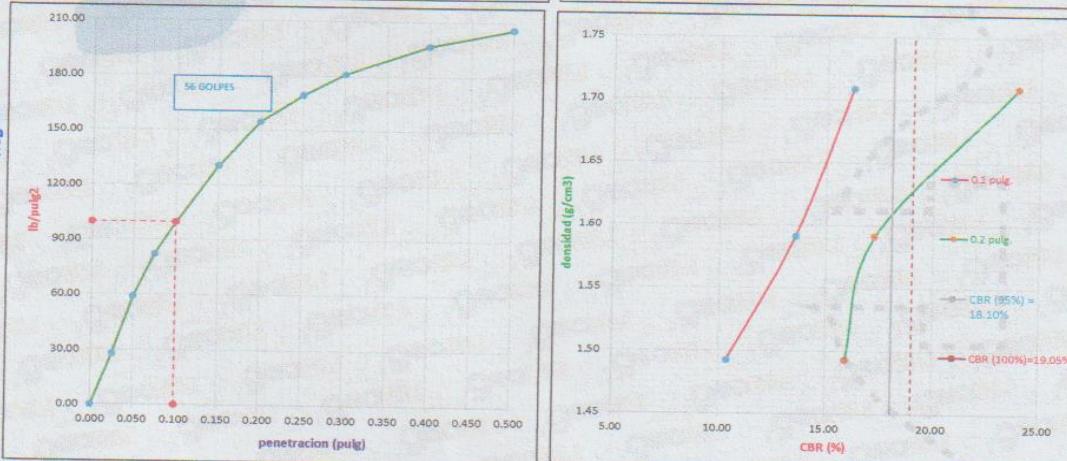
- Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- ▲ Laboratorio de agregados
- Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- △ Inspección de contrapuebas in situ.

ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"
"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	: "INFLUENCIA TECNICA ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		

REGISTRO

CALICATA	: C-01 C/C	FECHA	: 17/02/21
IDENTIFICACION	: CON CAL	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	10.50 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.96 Kg/cm ³



GOLPES	W. %	densidad.gr./cm ³	HINCH. %	COMP. %	CBR-0.1"	CBR-0.2"	C.B.R.	C.B.R.
12	16.42	1.49	2.36	76.17	10.37	15.92	95%	100%
25	16.34	1.59	1.86	81.18	13.57	17.27	18.10	19.05
56	16.18	1.71	1.07	87.21	16.23	23.96		

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s) no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



Laboratorio de suelos Laboratorio de asfalto
 Laboratorio de agregados Estudio de geotécnica
 Laboratorio de concreto Inspección de control
 pruebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04857-21/LAB-GZ
ENsayo de penetración de "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO		
PROYECTO	"INFLUENCIA TÉCNICA ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"		
UBICACIÓN	CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN		
RESPONSABLE	TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE		
REGISTRO			
CALICATA	C-01 C/P	FECHA	: 17/02/2021
IDENTIFICACION	CAL 5.5% + POL. 1.5%	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	10.50 %
PROFUNDIDAD	1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct.Mod.	1.96 Kg/cm³

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

COMPACTACIÓN

Molde N°	01	02	03
Nº de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8023	8214	8219
Peso del molde (gramos)	4195	4195	4195
Peso del suelo húmedo (grs.)	3828	4019	4024
Volumen del molde (cc)	2123	2121	2120
Densidad húmeda (grs./cm³)	1.80	1.89	1.90
Densidad seca (grs./cm³)	1.642	1.723	1.730
Tarro N°	7	6	10
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	563.40	532.78	575.50
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	524.82	496.20	536.20
Peso del agua (grs.)	38.58	36.58	39.30
Peso del tarro (grs.)	130.90	129.70	130.60
Peso del suelo seco (grs.)	393.92	366.50	405.60
% de humedad	9.79	9.98	9.69
PROMEDIO DE HUMEDAD			

EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN	
			día/mes/año	min.	DIAL	mm.	%	DIAL	mm	%
17/02/2021	0	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
18/02/2021	1440	42	1.07	0.92	27	0.69	0.59	21	0.53	0.46
19/02/2021	2880	67	1.70	1.47	48	1.22	1.05	34	0.86	0.74
20/02/2021	4320	92	2.34	2.01	66	1.68	1.45	43	1.09	0.94
21/02/2021	5760	109	2.77	2.39	91	2.31	1.99	54	1.37	1.18

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° 12 de Golpes			MOLDE N°02-N° 25 de Golpes			MOLDE N°03- N° 56 de Golpes		
	LECTURA		CORRECCIÓN	LECTURA		CORRECCIÓN	LECTURA		CORRECCIÓN
	DIAL	Libras.	Libras/pulg²	DIAL	Libras.	Libras/pulg²	DIAL	Libras.	Libras/pulg²
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	0	5	2	0	5	2	0	5	2
0.050	40	103	34	50	128	43	80	202	67
0.075	50	128	43	60	153	51	100	252	84
0.100	60	153	51	80	202	67	130	326	109
0.150	70	178	59	110	277	92	180	450	150
0.200	80	202	67	135	338	113	210	524	175
0.250	90	227	76	155	388	129	230	573	191
0.300	100	252	84	170	425	142	270	672	224
0.400	115	289	96	190	474	158	300	746	249
0.500	130	326	109	210	524	175	335	833	278

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



- Laboratorio de suelos
- Laboratorio de asfalto
- ▲ Laboratorio de agregados
- Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto
- ※ Inspección de contrapuebas in situ.

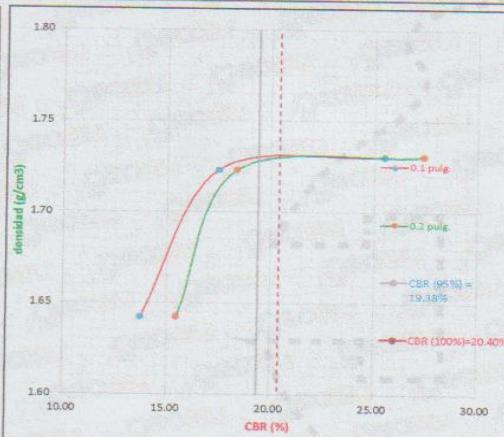
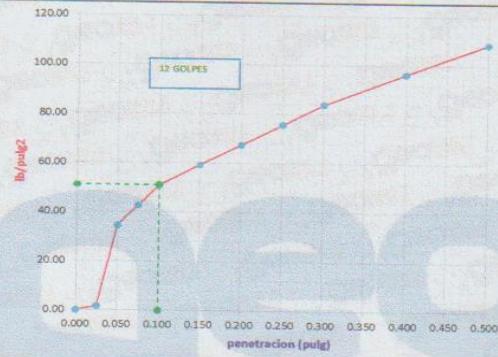
ENSAYO DE PENETRACIÓN DE "CBR"

"NORMA ASTM D - 1883"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO
PROYECTO	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONOMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"
UBICACIÓN	: CENTRO POBLADO DE AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO, REGIÓN JUNÍN
RESPONSABLE	: TÉC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE

REGISTRO

CALICATA	: C-01 C/P	FECHA	: 17/02/2021
IDENTIFICACION	: CAL 5.5% + POL. 1.5%	HUMEDAD OPTIMA Proct. Mod.	10.50 %
PROFUNDIDAD	: 1.50 m.	MAXIMA DENSIDAD Proct. Mod.	1.96 Kg/cm³



GOLPES	W. %	densidad.gr./cm³	HINCH. %	COMP. %	CBR-0.1"	CBR-0.2"	C.B.R.	C.B.R.
12	9.79	1.64	2.39	83.79	13.74	15.46	95%	100%
25	9.98	1.72	1.99	87.90	17.49	18.35	19.38	20.40
56	9.69	1.73	1.18	88.29	25.46	27.38		

geozu
SOLICITANTE: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO
Especialista en Geotecnia
Ing. Raul Efrénco Balbín
Reg. CIP N° 189478

Técnico de Laboratorio de Concreto:
Técnico de Laboratorio de Concreto:
Nelida V. Collachagua Vicente

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



geo2U
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

- ◆ Laboratorio de suelos ◆ Laboratorio de asfalto
- ◆ Laboratorio de agregados ◆ Estudio de geotécnica
- ◆ Laboratorio de concreto ◆ Inspección de contrapuebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04858-21/LAB-GZ

ESTUDIOS DE AGRESIVIDAD

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO
PROYECTO :	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"
UBICACIÓN	CENTRO POBLADO DE AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE HUANCAYO,
FECHA DE RECEPCIÓN	VIERNES 19 DE FEBRERO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN	LUNES 22 DE FEBRERO DEL 2021
RESPONSABLE	TEC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE

ENSAYO QUÍMICO

MUESTRA	PROFUNDIDAD	ESTRUCTURA	PÁRAMETRO	RESULTADO
CAL	SUPERFICIAL	SUB BASE - BASE	ÓXIDO DE CALCIO	51.00%

OBSERVACIÓN: Muestra remitida por el peticionario.

geo2U
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

Técnico de Laboratorio de Concreto:
Nélida V. Collachagua Vicente

geo2U
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO

Especialista en Geotecnia
Ing. Ruth K. Lifonzo Balbin
Res. CIP N° 189478

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no extendiendo los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEO2U S.A.C.



- ◆ Laboratorio de suelos
- ◆ Laboratorio de asfalto
- ◆ Laboratorio de agregados
- ◆ Estudio de geotécnica
- ◆ Laboratorio de concreto
- ◆ Inspección de contr
- ◆ pruebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04859-21/LAB-GZ

ESTUDIOS DE AGRESIVIDAD

"NTP 400.042"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO
PROYECTO :	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"
UBICACIÓN	: CENTRO POBLADO DE AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE
FECHA DE RECEPCIÓN	: VIERNES 19 DE FEBRERO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN	: LUNES 22 DE FEBRERO DEL 2021
RESPONSABLE	: TEC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS QUÍMICOS

MUESTRA	PROFUNDIDAD	ESTRUCTURA	Ph	M.O. (g/kg)	S.S.T. (ppm)
C-01	1.50 m.	SUB BASE-BASE	8.09	1.05	162.00
C-02	1.50 m.	SUB BASE-BASE	7.71	1.60	162.00

OBSERVACIÓN: Muestra remitida por el peticionario.

geozu
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO
Técnico en Laboratorio de Concreto
Nélida Collachagua Vicente

geozu
LABORATORIO DE SUELOS
CONCRETO Y ASFALTO
Especialista en Geotecnia
Ing. Ruth K. Alonso Balbin
Reg. CIP N° 189478

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.



- ◆ Laboratorio de suelos ■ Laboratorio de asfalto
- Laboratorio de agregados ◆ Estudio de geotécnica
- Laboratorio de concreto □ Inspección de control
- pruebas in situ.

INFORME DE ENSAYO N° 04860-21/LAB-GZ

PRUEBA DE EADES-GRINS

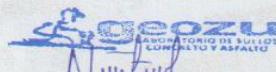
"ASTM D6276"

SOLICITA	: SOLEDAD YANINA PORTA ROMERO
PROYECTO :	: "INFLUENCIA TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS - VÍAS DE AZAPAMPA - MEDIANTE DESECHOS POLIMÉRICOS Y CAL"
UBICACIÓN	: CENTRO Poblado de AZAPAMPA, DEL DISTRITO DE CHILCA, PROVINCIA DE
FECHA DE RECEPCIÓN	: VIERNES 19 DE FEBRERO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN	: LUNES 22 DE FEBRERO DEL 2021
RESPONSABLE	: TEC. NELIDA COLLACHAGUA VICENTE

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS QUÍMICOS

C-01				
FRASCO	% CAL	ESTRUCTURA	SUELO SECADO AL HORNO (gr.)	Ph
'01	2	0.47	25.00	11.84
'02	3	0.73	25.00	12.21
'03	4	1.00	25.00	12.37
'04	5	1.32	25.00	12.47
'05	6	1.67	25.00	12.53

OBSERVACIÓN: Muestra remitida por el peticionario.



Técnico de Laboratorio de Concreto
Nélida V. Collachagua Vicente.



Especialista en Geotecnia
Ing. Ruth K. Iffonzo Balbin
Reg. CIP N° 189478

Este documento expresa los resultados de la(s) muestra(s), no pudiendo extenderse los resultados a ninguna muestra que no haya sido analizada. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo proclive. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin autorización escrita del laboratorio GEOZU S.A.C.

Anexo: 06 Fotos

Imagen 01: Vista de baches en la Av. Alfonso Ugarte- cuadra 03



Fuente: obtención Propia

Imagen 02: vista de bache en la Av. Alfonso Ugarte- cuadra 04



Fuente: obtención Propia

Imagen 03: vista de bache en la Av. Alfonso Ugarte- cuadra 05



Fuente: obtención Propia

Imagen 04: vista de bache en la Av. Alfonso Ugarte- cuadra 07



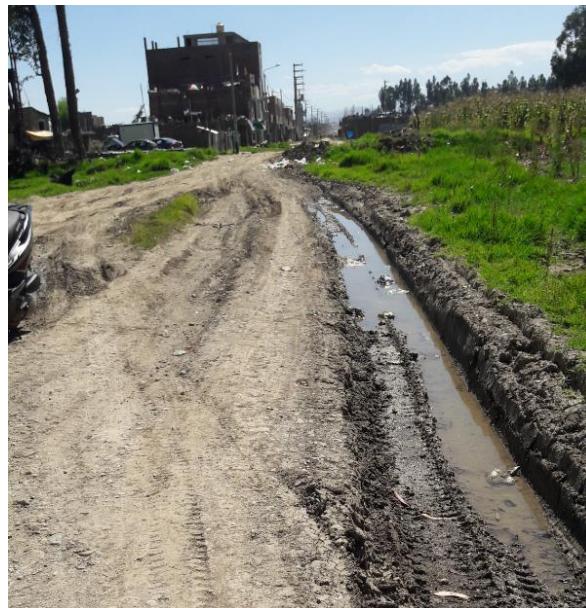
Fuente: obtención Propia

Imagen 05: Vista de bache en la Av. 31 de Octubre - cuadra 06



Fuente: obtención Propia

Imagen 06: Vista de bache en el Jr. Arequipa – cuadra 26



Fuente: obtención Propia

Imagen 07: Instantes de inicio de apertura de calicata N° 01-Jr. Arequipa, cuadra 26



Fuente: obtención Propia

Imagen 08: Calicata N° 01- Jr. Arequipa, cuadra 26



Fuente: obtención Propia

Imagen 09: Calicata N°01- Jr. Arequipa, cuadra 26



Fuente: obtención Propia

Imagen 10: Tapado de la calicata 01- Jr. Arequipa, cuadra 26



Fuente: obtención Propia

Imagen 11: Excavación de la calicata N° 02- Av. 31 de Octubre, cuadra 06



Fuente: obtención Propia

Imagen 12: Calicata N° 02- Av. 31 de Octubre, cuadra 06



Fuente: obtención Propia

Imagen 13: Calicata N° 03- Av. Alfonso Ugarte, cuadra 03



Fuente: obtención Propia

Imagen 14: Calicata N° 03- Av. Alfonso Ugarte, cuadra 03



Fuente: obtención Propia

Imagen 15: Calicata N° 04- Av. Alfonso Ugarte, cuadra 07



Fuente: obtención Propia

Imagen 16: Calicata N° 04- Av. Alfonso Ugarte, cuadra 07



Fuente: obtención Propia

Imagen 17: Pesado de muestra para ensayo



Fuente: obtención Propia

Imagen 18: Pesado de cal para ensayo



Fuente: obtención Propia

Imagen 19: Polímero de forma cuadrada- estabilizante



Fuente: obtención Propia

Imagen 20: Mezclado de suelo con cal para ensayo CBR



Fuente: obtención Propia

Imagen 21: Aditivo PET listo para ser mezclado con suelo (ensayo CBR)



Fuente: obtención Propia

Imagen 22: Mezclado de suelo con PET (ensayo CBR)



Fuente: obtención Propia

Imagen 23: Aditivo PET listo para ser usado en ensayo



Fuente: obtención Propia

Imagen 24: Muestra (suelo + PET + cal) para ensayo de CBR



Fuente: obtención Propia

Imagen 25: Mezclado de suelo +PET + cal (Ensayo CBR)



Fuente: obtención Propia

Imagen 26: Compactado de muestra + suelo + cal, antes de ensayo de CBR



Fuente: obtención Propia

Imagen 27: Preparado de moldes para Sumergimiento (Ensayo CBR)



Fuente: obtención Propia

Imagen 28: Probetas sumergidas (Ensayo CBR)



Fuente: obtención Propia

Imagen 29: Preparado de Probetas para Ensayo CBR



Fuente: obtención Propia

Imagen 30: Preparado de Probetas para Ensayo CBR



Fuente: obtención Propia