

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA
LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN
SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS
ÁLAMOS, HUANCAYO-JUNÍN**

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

Autor:

Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy Ibe

Asesor:

Dra. Ing. Lourdes Graciela Poma Bernaola.

Línea de Investigación Institucional:

Transporte y Urbanismo

Huancayo – Perú

2024

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

DR. SANTIAGO ZEVALLOS SALINAS
DECANO

MG. JUAN ENRIQUE GUTIERREZ Waidhofer
JURADO

MG THEKA GUZMALY GUERREROS SHUARA
JURADO

MG. ERIKA GENOVEVA ZUÑIGA ALMONACID
JURADO

MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA.
SECRETARIO

DEDICATORIA

A Dios, por darme a mi maravillosa familia, dedico esta tesis a María Arrieta Ramírez, mi madre quien es el soporte más importante en mi vida, de quien me siento orgullosa, por sus consejos, por los valores inculcados, por darme fuerza en cada momento de dificultad, por la paciencia y su amor en este camino de aprendizaje, a ti padre a mis cuatro hermanas y sobrina a mi hermano Pedro por todo el apoyo incondicional.

A todos los docentes de la facultad de ingeniería, por transmitir toda su sabiduría y conocimientos a lo largo de la carrera.

Bach. Santos Arrieta, Sandy Ibe.

AGRADECIMIENTO

Estoy muy agradecida con la Universidad Peruana los Andes - UPLA, en especial a mi Facultad de Ingeniería, por permitirme ser parte de ella, por brindarme los instrumentos y conocimientos en mi formación profesional.

A mis maestros de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, que durante la etapa transcurrida han impartido sus conocimientos en el desarrollo de mi formación.

Agradezco a Dios y a mi Madre, por ser la base principal en los cimientos de vida, a mi Padre, a mis tres hermanas Geidy, Sheila y Yesyca, a mi sobrina Sinthia y a Pedro, por toda la ayuda entregada.

Bach. Santos Arrieta, Sandy Ibe

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0058 - FI -2023

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

ANALISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ÁLAMOS, HUANCAYO-JUNÍN

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **BACH. SANTOS ARRIETA SANDY IBE**
Facultad : **INGENIERÍA**
Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**
Asesor(a) : **MG. LOURDES GRACIELA POMA BERNAOLA**

Fue analizado con fecha **25/10/2023** con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

Excluye citas.

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

Otro criterio (especificar)

X
X

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

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

Observaciones:

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

Huancayo, 25 de Octubre de 2023.



MTRA. LIZET DORIELA MAÑTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
CONTENIDO.....	vi
CONTENIDO DE TABLAS.....	ix
CONTENIDO DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO I.....	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	15
1.2. Delimitación del problema.....	16
1.2.1. Espacial.....	16
1.2.2. Temporal.....	17
1.3. Formulación del problema.....	17
1.3.1. Problema general.....	17
1.3.2. Problema(s) Específico(s).....	17
1.4. Justificación.....	18
1.4.1. Social.....	18
1.4.2. Científica o Teórica.....	18
1.4.3. Metodológica.....	18
1.5. Objetivos.....	19
1.5.1. Objetivo General.....	19
1.5.2. Objetivo(s) Específico(s).....	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	20
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	22
2.2. Bases Teóricas o Científicas.....	25
2.2.1. Polímeros acrílicos.....	25
2.2.2. Propiedades del polímero acrílico.....	27

2.2.3.	Estabilización de subrasante en suelos arcillosos.....	29
2.2.4.	Propiedades físicas.....	37
2.2.5.	Densidad seca.....	38
2.2.6.	Resistencia del suelo.....	38
2.2.7.	pH del suelo.....	39
2.3.	Marco conceptual.....	39
CAPÍTULO III.....		41
HIPÓTESIS.....		41
3.1.	Hipótesis General.....	41
3.2.	Hipótesis Específica(s).....	41
3.3.	Variables.....	41
3.3.1.	Definición conceptual de las variables.....	41
3.3.2.	Definición operacional de las variables.....	42
3.3.3.	Operacionalización de las variables.....	43
CAPÍTULO IV.....		44
METODOLOGÍA.....		44
4.1.	Método de Investigación.....	44
4.2.	Tipo de Investigación.....	44
4.3.	Nivel de Investigación.....	44
4.4.	Diseño de Investigación.....	45
4.5.	Población y muestra.....	45
4.5.1.	Población.....	45
4.5.2.	Muestra.....	46
4.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	46
4.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	48
4.7.1.	Procesamiento de la información.....	51
4.7.2.	Estudios de laboratorio.....	53
4.7.3.	Técnicas y Análisis de datos.....	55
4.8.	Aspectos éticos de la investigación.....	56
CAPÍTULO V.....		57
RESULTADOS.....		57
5.1.	Descripción de los resultados.....	57

5.1.1. Determinar la variación de las propiedades físicas en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín	57
5.1.2. Estimar el porcentaje que cambia la densidad seca en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.	60
5.1.3. Evaluar la variación de la resistencia en el análisis con polímeros acrílicos	62
5.1.4. Determinar la variación del PH en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.	64
5.1.5. Determinar el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización.....	65
5.2. Constatación de Hipótesis.....	66
5.2.1. Hipótesis específico 1	67
5.2.2. Hipótesis específico 2	68
5.2.3. Hipótesis específico 3	70
5.2.4. Hipótesis específico 4	71
5.2.5. Hipótesis General.....	73
CAPÍTULO VI	74
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	74
6.1. Discusión con los antecedentes.....	74
CONCLUSIÓN.....	78
RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXOS.....	84
Anexo 1: Matriz de consistencia	85
Anexo 2: Matriz de Operacionalización de variables.	87
Anexo 3: Matriz de Operacionalización del Instrumento.	89
Anexo 4: Instrumento de investigación y constancia de su aplicación	91
Anexo 5: Confiabilidad y validez del instrumento	119
Anexo 6: La data del procedimiento de datos.....	126
Anexo 7: Fotografía de la aplicación del instrumento	128

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Componente de AggreBind.....	28
Tabla 2. Propiedades de polímeros acrílicos.	28
Tabla 3. Categorías de Subrasante con respecto al CBR del suelo.	35
Tabla 4. Tamaño de tamices MTC E 107.....	36
Tabla 5. Clasificación de suelos según tamaño de partículas	36
Tabla 6. Clasificación de un suelo según Índice de plasticidad.....	37
Tabla 7. Operacionalización de las variables.	43
Tabla 8. Rangos y Magnitud de Validez.	47
Tabla 9. Validez de instrumento de las variables por juicio de expertos.	47
Tabla 10. Rangos y Magnitud de confiabilidad.....	47
Tabla 11. Prueba de Alfa de Cronbach - confiabilidad de los instrumentos.....	48
Tabla 12. Datos técnicos del polímero acrílico.	49
Tabla 13. Propiedades físicas y químicas del polímero acrílico.	50
Tabla 14. Caracterización del suelo natural arcilloso.....	53
Tabla 15. Contenido de humedad, LL, LP, IP.....	54
Tabla 16.MDS del suelo natural y OCH.	54
Tabla 17. Valor de resistencia del suelo natural CBR 95% y 100% de la MDS.....	55
Tabla 18. Valor de resistencia del suelo natural.	55
Tabla 19. Resultados de los ensayos - Limite Liquido (LL).....	57
Tabla 20. Resultados de los ensayos - LP.	58
Tabla 21. Resultados de los ensayos - Índice de Plasticidad.	59
Tabla 22. Resultados de ensayos, Proctor Modificado- Máxima densidad Seca.	60
Tabla 23. Resultado de ensayo de OCH.....	61
Tabla 24. Resultado de C.B.R.....	62
Tabla 25. Resultado de ensayo pH del suelo.....	64
Tabla 26. Resultados variación de propiedades del suelo con adición de polímeros acrílicos.....	65

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Vista del Jr. los Álamos, subrasante compuesta de suelos arcillosos.	16
Figura 2. Ubicación de la zona de Jr. Los Álamos, Huancayo - Junín	17
Figura 3. Polímero Acrílico AggreBind con solución de agua.	26
Figura 4. Pulverización de polímero Acrílico AggreBind.	29
Figura 5. Estabilización con polímeros.	30
Figura 6. Esquema de AggreBind más Asfalto vs Asfalto.	30
Figura 7. Muestra de arcillas.	31
Figura 8. Proceso e identificación de un tipo de suelo	31
Figura 9. Unidad estructural tetraédrica.	32
Figura 10. Proceso del tipo de Estabilización.	33
Figura 11. Exploración de las calicatas.	49
Figura 12. Flujograma del proceso del estudios en laboratorio	52
Figura 13. Análisis de variación de LL de la muestra de control y adición de 2%, 4% y 6% de polímero acrílico.	58
Figura 14. Variación LP de la MC y adición de 2%, 4% y 6% de polímero acrílico.....	59
Figura 15. Variación de IP de MC y adición de 2%, 4% y 6% de polímero acrílico.	60
Figura 16. Proctor modificado, MDS en la muestra de control y adición de 2%, 4% y 6% de polímero acrílico.	61
Figura 17. Análisis de variación de Proctor modificado, optimo contenido de humedad en la muestra de control y adición de 2%, 4% y 6% de polímero acrílico.....	62
Figura 18. Análisis de variación de Soporte de California (C.B.R.) al 95% y 100% de Máxima Densidad Seca en la muestra de control y con la adición de 2%, 4% y 6% de polímero acrílico. ...	63
Figura 19. Análisis de variación de PH en la muestra de control y en la adición de 2%, 4% y 6% de polímero acrílico.	65
Figura 20. Pruebas de normalidad para datos de las propiedades físicas del suelo arcilloso.	67
Figura 21. Resumen de la prueba de hipótesis de las propiedades físicas del suelo arcilloso.....	68
Figura 22. Pruebas de normalidad para datos de la densidad seca del suelo arcilloso.	69
Figura 23. Resumen de la prueba de hipótesis de la densidad seca del suelo arcilloso.....	69
Figura 24. Pruebas de normalidad para datos de la resistencia del suelo arcilloso	70
Figura 25. Resumen de la prueba de hipótesis de la resistencia del suelo arcilloso.....	71
Figura 26. Pruebas de normalidad para datos del PH del suelo arcilloso	72
Figura 27. Resumen de la prueba de hipótesis del PH del suelo arcilloso.	72
Figura 28. Pruebas de normalidad, polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos.....	73

RESUMEN

En la investigación análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el jirón los Álamos, Huancayo–Junín, tuvo como problemática la sub-rasante con superficies arcillosas. Por ello, se realizó la presente tesis iniciando por el problema general ¿Cuál es el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón los Álamos, Huancayo-Junín?, para darle solución se formuló como objetivo general: Determinar el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín, se empleó un método científico, tipo de investigación aplicada, nivel explicativo y diseño experimental; se obtuvo como resultado, la determinación del efecto de los polímeros acrílicos en los suelos arcillosos, disminuyó el contenido de humedad de 25.67% hasta 17.77%, el LP de 19.4% hasta 17.17%, IP redujo de 6.27% hasta 5.40%, $\rho_{(seca)}$ igual a 1.77 g/cm³ hasta 2.066 g/cm³, a mayor adición de polímero acrílico redujo el óptico contenido de humedad e incrementa la densidad, con polímeros acrílicos de 2% mejoró la sub-rasante de insuficiente hasta una sub-rasante buena, con 4% y 6% de polímero acrílico mejoro hasta una subrasante muy buena, se concluye, que al adicionar polímero acrílico en el suelos arcillosos en el Jirón los Álamos, Huancayo-Junín, en la sub-rasante genera un progreso favorable en las propiedades físicas y mecánicas. Finalmente, es recomendable seguir investigando las propiedades y beneficios de los polímeros acrílicos en las estabilizaciones de suelos arcillosos para ser aplicados en futuras investigaciones.

PALABRAS CLAVES: Polímero, estabilización, subrasante, suelos, arcillosos.

ABSTRACT

In the research analysis with acrylic polymers for the stabilization of subgrade in clay soils in Jirón los Álamos, Huancayo–Junín, the subgrade with clay surfaces was problematic. For this reason, this thesis was carried out starting with the general problem: What is the analysis with acrylic polymers for the stabilization of subgrade in clay soils in Jirón los Álamos, Huancayo-Junín? To solve it, it was formulated as a general objective. : Determine the analysis with acrylic polymers for the stabilization of subgrade in clay soils in Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín, a scientific method, type of applied research, explanatory level and experimental design were used; As a result, the determination of the effect of acrylic polymers on clay soils was obtained, the moisture content decreased from 25.67% to 17.77%, the LP from 19.4% to 17.17%, IP reduction from 6.27% to 5.40%, ρ (dry) equal to 1.77 g/cm³ up to 2.066 g/cm³, a greater addition of acrylic polymer reduced the optical moisture content and increased the density, with 2% acrylic polymers improved the subgrade from insufficient to a good subgrade , with 4% and 6% of acrylic polymer improved to a very good subgrade, it is concluded that by adding acrylic polymer to the clay soils in Jirón los Álamos, Huancayo-Junín, in the subgrade it generates favorable progress in the physical and mechanical properties. Finally, it is advisable to continue investigating the properties and benefits of acrylic polymers in stabilizing clay soils to be applied in future research.

KEYWORDS: Polymer, stabilization, subgrade, soils, clay.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada: “Análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón los Álamos, Huancayo-Junín”, nació de la problemática observada, a causa de la presencia de suelos arcillosos en Jirón los Álamos, Huancayo, Junín; el cual no se ajustó con las exigencias de calidad para una sub-rasante en la ejecución de una pavimentación en vías de tercera clase.

La estabilización de suelos es un procedimiento eficaz, por ello, se pudo dar una solución ante la presencia de suelos arcillosos, ya que estos suelos estuvieron compuestos por materiales finos, que al aplicar esfuerzos generaron diferentes problemas en la estructura del pavimento.

El uso de polímeros acrílicos como agentes estabilizadores, dio inicio al estudio en un laboratorio tomando muestras de campo, se adicionaron diversos porcentajes de polímero, llegando así, a parámetros relativos y eficaces, capaces de ser utilizados en campo para dar solución al problema.

Se tuvo el objetivo de lograr un valor de soporte alto de la sub-rasante en el Jr. Los Álamos, Huancayo, Junín. Se aplicó polímeros acrílicos por sus propiedades, ajustándose a lo señalado en el Manual de Carreteras EG-2014 (Sección - Suelos y Pavimentos).

Por otro lado, el método utilizado en esta investigación es científico, tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental. Asimismo, se tuvo conocimiento que los polímeros acrílicos se han empleado en diferentes lugares del país y del mundo, por lo que esto nos brinda su

respaldo demostrando gran potencial y utilidad que facilita la mejora del valor de soporte en la sub-rasante conformado por suelos arcillosos.

Para la organización y un mejor entendimiento de la investigación, el documento se compone de seis capítulos, distribuidos en la siguiente forma consecutiva: Para ello, colaborara en la estabilización de la sub-rasante en suelos arcillosos con la adición de polímeros acrílicos para mejorar la sub-rasante y sus propiedades mecánicas, de tal forma, pueda ser utilizada en carreteras semejantes para reducir y lograr un menor desgaste de estas.

El capítulo I, Presenta el planteamiento del problema, descripción de la realidad problemática, delimitación y formulación del problema, justificación, objetivos que contienen el objetivo general y específicos.

El capítulo II, se conforma por el marco teórico, en los cuales se abarco la revisión de antecedentes del estudio, bases teóricas – científicas y marco conceptual (variables y dimensiones).

El capítulo III, se desarrolló con respecto a las hipótesis de investigación, considerando la hipótesis general, específicas, variables, y operacionalización.

El capítulo IV, se enfocará en la metodología, tipo, nivel y diseño de investigación, población y muestra, Asimismo, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos respectivamente.

El capítulo V, desarrolló la descripción del diseño tecnológico, resultados, contrastación de hipótesis, análisis y discusión de resultado.

El capítulo VI, conclusiones, recomendaciones siguiendo el orden de objetivo e hipótesis, referencias bibliográficas y finalmente anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática.

Internacionalmente, Méndez (2018) menciona que, “Actualmente las carreteras pavimentadas sufren fisuras, fallas en menor tiempo del periodo de vida útil, ya que es generado a causa del tráfico vehicular y por los suelos arcillosos presentes en la sub-rasante”. Por ello, el autor Ramos (2019) mencionan que, “uno de los considerables problemas al operar obras de construcción en infraestructuras viales, es la conformación del tipo de suelo, de tal forma que en la sub-rasante genera hundimientos y daños que pueden ser imputados a las disímiles características geológicas del suelo”, por otro lado, los autores Mora et al. (2020) especifican que, “los suelos inestables compuestos por mayores porcentajes de finos, no cumplen con las exigencias establecidas en las normativas para las construcciones en obras viales”

A nivel nacional, el autor Chávez (2019) especifica que, “las superficies arcillosas están conformadas con alta existencia de sulfatos que dificultan el proceso de ejecución de proyectos viales, ya que son peligrosos y con consecuencia de hinchamiento”, por otro lado, el autor Yampara (2020) indica que, “al ejecutar proyectos viales, principalmente se sitúan en terrenos de con baja capacidad portante, por el cual, requiere ser renovados con un material que se ajuste a los parámetros del MTC”, por otra parte, en autor Curitomay (2018) menciona que, “los suelos arcillosos son vulnerables a las diferentes circunstancias climáticas y a la acción física vehicular, de tal manera, que el problema radica que en dichos suelos poseen alta plasticidad con baja capacidad portante, expansivos y son complejos al compactar por su elevada compresibilidad”.

A nivel local, el autor Mayta (2021) menciona que, “para el buen desarrollo de proyectos del rubro de la ingeniería, el suelo es la base principal de todo proyecto enfocado a infraestructuras viales de gran importancia, por lo tanto, se deben cumplir ciertos parámetros de calidad según la EG-2014”, asimismo, para las construcciones de infraestructuras viales, es muy importante las condiciones del terreno. Por ello, la sub-rasante con superficies arcillosas, no satisfacen los requerimientos en un proyecto vial, por

la baja capacidad de compresión y las características expansivas, actualmente la sub-rasante de la vía del Jirón los Álamos, Huancayo-Junín, se encuentra conformado por suelos arcillosos, ya que a futuro tendrá consecuencias que generaran pérdidas en la capacidad de soporte a las cargas transmitidas por los vehículos.

Para dar solución al problema identificado de la subrasante conformado por arcillas, se propuso estabilizar el suelo arcilloso con polímeros acrílicos, con el fin de perfeccionar las propiedades mecánicas y físicas de la sub-rasante en el Jirón los Álamos, Huancayo-Junín, estos polímeros tienden a estabilizar suelos arcillosos, por lo que nos permite construir pistas y carreteras; las vías con el uso del polímero acrílico permite que sea a prueba de agua, ya que pueden sellar y ser impermeables, controlando el polvo y la erosión de los suelos, además de ser ecológicos.



Figura 1. Vista del Jr. los Álamos, subrasante compuesta de suelos arcillosos.
Fuente: Autor.

1.2. Delimitación del problema.

1.2.1. Espacial.

El estudio se enfocó en la estabilización de la sub-rasante, conformados por suelos arcillosos en el Jirón los Álamos, Huancayo-Junín.

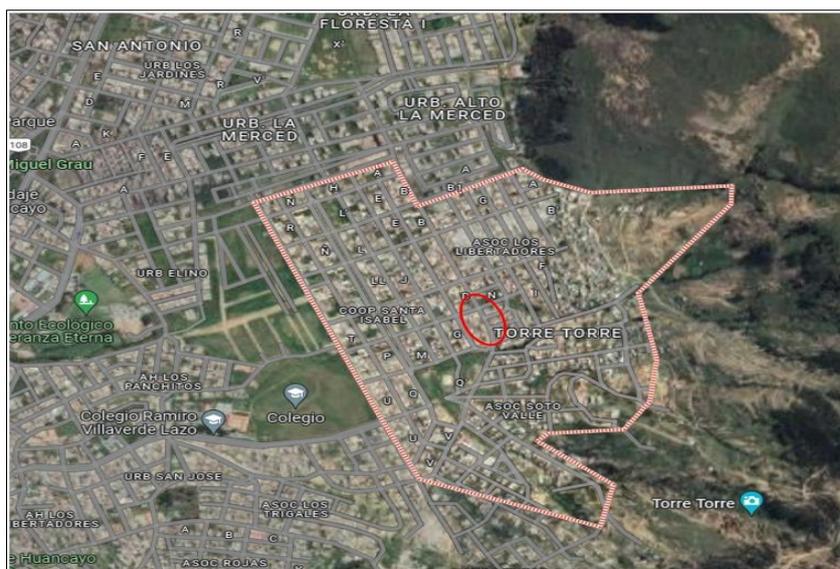


Figura 2. Ubicación de la zona de Jr. Los Álamos, Huancayo - Junín
Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).

1.2.2. Temporal.

La presente tesis fue elaborada durante el año 2022, teniendo en cuenta la ejecución y el desarrollo.

1.3. Formulación del problema.

1.3.1. Problema general.

¿Cuál es el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín?

1.3.2. Problema(s) Específico(s).

1. ¿Cuánto varía las propiedades físicas en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín?
2. ¿En qué porcentaje cambia la densidad seca en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín?
3. ¿Cuánto varía la resistencia en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín?
4. ¿Cuánto varía el PH en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín?

1.4. Justificación.

1.4.1. Social.

Fernandez (2020), precisa que “un estudio logra solucionar problemas que perturban a un conjunto social, la investigación ayuda a resolver problemas mediante estrategias planteadas”.

En la investigación se justificó que, gracias a las estrategias planteadas para dar solución a la sub-rasante compuesta por suelos arcillosos. Por ello, la aplicación de polímeros acrílicos nos ayudó a reducir la inestabilidad de la sub-rasante, logrando un periodo largo de vida útil de la vía, muy aparte de ser eco-amigable, al estabilizar la sub-rasante con polímeros, beneficiando a la población Huancaína, ya que los vehículos transitan con ruta de la Av. Palian a Huancayo.

1.4.2. Científica o Teórica.

Fernandez (2020) indica que, “la justificación teórica va combinada a la inquietud que tiene un investigador, genera reflexión y debate, es la investigación realizada sobre los conocimientos que ya existen”.

En la investigación, se justificó que el análisis de la muestra patrón de la sub-rasante compuesto por suelos arcillosos y las muestras experimentales aplicadas con polímeros acrílicos, este tipo de polímero está diseñado para la construcción de vías de tránsito pesado para estabilizar suelos, aumentando la capacidad para soportar cargas con resistencia al cizallamiento, resistente al agua y estable en condiciones de húmedas sin causar averías ni filtraciones.

1.4.3. Metodológica.

Fernandez (2020) indica que, “se demuestra metodológicamente al plantear un nuevo método que admita conseguir un conocimiento confiable o válido, conteniendo nuevas formas para experimentar con una o más variables”

En el proyecto de investigación, nos permitió analizar los comportamientos de la sub-rasante al aplicar el polímero acrílico como material estabilizante en base a una dosificación, por lo que nos permitió conseguir resultados que pueden dar mayor confiabilidad, que serán de utilidad como un método de recopilación de datos, pudiendo ser útiles en otras investigaciones concernientes a la estabilización de sub-rasante con presencia de suelos arcillosos.

Por consiguiente, se trabajó en base a la EG-2014, para determinar el CBR (resistencia del suelo) con los parámetros establecidos: sub-rasante $CBR < 3\%$ subrasante inadecuada, $CBR \geq 3\%$ a $CBR < 6\%$ subrasante insuficiente, $CBR \geq 6\%$ a $CBR < 10\%$ subrasante regular hasta $CBR \geq 30\%$ subrasante excelente y el índice plástico mayor a 12% indica que es un suelo geotécnicamente estable.

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo General.

Determinar el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín

1.5.2. Objetivo(s) Específico(s).

1. Determinar la variación de las propiedades físicas en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín
2. Estimar el porcentaje que cambia la densidad seca en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín
3. Evaluar la variación de la resistencia en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.
4. Determinar la variación del PH en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Antecedentes nacionales.

Nesterenko (2018), en su investigación de posgrado con el título: “Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú”, estableció el objetivo: “precisar el procedimiento constructivo de estabilización con el uso de polímero poliacrilamida con respecto al contexto Peruano”, aplicando una diseño: experimental, como resultado obtuvo: que “en comparación con la muestra natural, el CBR de la muestra experimentada a la que se añadió PAM aumentó un 70 % en comparación con el 95 % de MDS y aumentó un 58 % en comparación con el 100 % de MDS”, concluyó que: “para caminos con poca capacidad de carga con CBR <30%, los estabilizadores no convencionales, como los polímeros de poliacrilamida (PAM), se pueden considerar como una solución donde el CBR mejora en más de un 20% en comparación con la condición natural, ya que se respalda el rendimiento en el campo”. Finalmente, la incorporación de esta tecnología polímero poliacrilamida (PAM) en el Perú, sin duda, es un aporte a la ingeniería vial concerniente a la estabilización de suelos.

Cuipal (2018), en su tesis de pregrado titulada: “Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas –

Huancas, Amazonas, 2018”, fijó como objetivo: “qué efecto posee el uso de polímero sintético en la estabilización de la subrasante de suelo arcillosos”, aplico un diseño experimental y una metodología: cuantitativa, por lo cual obtuvo como resultado: La proporción de polímero sintético del 3% aumenta la capacidad portante del suelo natural en un 0,3% e incluso en un 0,6%, optimizando la resistencia a las deformaciones provocadas por las cargas de los vehículos, concluyó que la adición de polímeros sintéticos mejoró las propiedades físicas del suelo, humedad, resistencia a la deformación y MDS del suelo en su estado natural. La dosis de aditivo varía de 0,01 g/cm³ a 0,04 g/cm³ y se añaden 3%, 6% y 9% de polímeros para reducir el peso de la muestra. Finalmente, a diferencia de los aditivos estabilizadores comúnmente utilizados en el Manuales De Carretera del MTC, los polímeros sintéticos utilizados como refuerzos proporcionan una contribución significativa a en próximas investigaciones relacionadas.

López y Ortiz (2018), en su investigación de pregrado titulada: “Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la Ciudad de Abancay”, fijó como objetivo: “Determinar de las ventajas técnicas de una base arcillosa estabilizada con cal para su uso como base o subrasante de pavimentos de calles urbanizadas en la ciudad de San Luis Abancay.”, aplico una metodología de diseño: experimental transversal - descriptiva, como resultado obtuvo en la primera prueba, que el pH del suelo requiere un 3% de cal, en la segunda prueba, requiere un 5% en peso para lograr el objetivo, mientras que en las pruebas de características físicas del suelo se prepararon muestras se compactaron y saturaron 2%, 4%, 6% y 8% de cal en peso del suelo seco, a la muestra 1 se le agregó un 8% de cal para lograr un 145,00% de CBR y a la muestra 2 se le agregó un 8% de cal para lograr un 69% de CBR, concluyó que la cal al 8% del peso seco del suelo mejora el CBR, la adición de cal aumenta el pH por encima de 10,5. Finalmente, sin duda es un aporte al estudio, ya que se enfoca en recolectar datos de un solo período para describir y revelar algunos puntos de análisis específicos en la estabilización de suelos arcillosos.

Calle y Arce (2018), en la tesis de pregrado titulado: “Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional”, fijó como objetivo:

“Demostrar cómo mejorara las propiedades mecánicas de la base de la carretera subyacente del Puente Añashuayco utilizando polímeros acrílicos.”, aplicando un diseño: experimental-Operativa, por el cual obtuvo como resultado que a los 7 días de secado, el suelo control la compresión es de 4.95 kg/cm², y tiende a no seguir creciendo, con respecto al suelo estatalizado es de 13.54 kg/cm² y 20.65 kg/cm² el contenido óptimo de polímero a los 28 días, tiende a un aumento de 52.5% en 21 días, el valor CBR de la subrasante natural de la carretera es del 55% y el contenido óptimo de polímero aumenta en un 86%, concluyó que el valor de CBR mejoro 55 que viene a ser el suelo natural hasta 86% con Optimo contenido de polímero. Finalmente, los suelos al ser sometidos a la estabilización con polímeros acrílicos, aportaran a similares investigaciones en el análisis de las propiedades mecánicas.

Mamani (2020), en su tesis de pregrado titulado: “Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera Juliaca – Caminaca, 2019”, fijó como objetivo: “Estabilizar los suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante”, aplicando una metodología: cuantitativa , por el cual obtuvo como resultado que el CBR es de 5.31% y CBR es de 5.34%, con respecto al PDC en dos puntos in-situ y en el suelo de la subrasante con un CBR al 95% de MDS, el primer tramo contiene una muestra de CL-ML y un CBR de 5.41%, la segunda muestra un CL con CBR de 5.78%, fijo como conclusión “que el CBR es de 5.41% en un suelo natural, al incorporar polímeros reciclados PET en un 3%, aumenta el CBR a 6.19% de MDS, siendo así, que el 3% como el más óptimo”, Finalmente, La información obtenida y procesada podrá ser utilizada como apoyo para nuevas indagaciones semejantes logrando un aporte sustancial a la ingeniería civil.

2.1.2. Antecedentes internacionales.

Ramos y Lozano (2019), en la investigación de pregrado de la Universidad de Cuenca , titulado: “Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos”, fijó como objetivo: “Estudiar las propiedades físico-mecánicas de un suelo de subrasante, utilizando aditivos tradicionales como los aditivos alternativos como las cenizas de carbón”, aplicando un diseño: experimental, logro como resultado en

la prueba de Proctor, entre las muestras que contenían cal y ceniza, el suelo con mayor densidad óptima y menor humedad respecto al resto de las muestras estuvo en mejores condiciones, y la cantidad de agua requerida fue del 15% y 19%, respectivamente, concluyó que en la estabilización de S90.C10 (cal) es la de mayor esfuerzo que soporta, referente a las cenizas S60.CCM40, logrando los mejores resultados significativamente en el suelo base, con respecto al suelos base, por ello, las propiedades tienen resultados particulares con los aditivos alternativo, el pH ascienden ya que ambos materiales son alcalinos. Finalmente, el propósito es contribuir en investigaciones, optimizar las propiedades físico mecánicas, químicas y geomecánicas, concerniente a un suelo cohesivo por medio de la incorporación de cenizas de carbón y cal.

Larrea y Rivas (2019), en la investigación de pregrado de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, titulado: “Estabilización de Suelos Arcillosos con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio”, fijó como objetivo: “Estabilizar un suelo arcilloso con un rango de 16-18 de IP con Cloruro de Sodio y Calcio para el uso en vías”, aplicando un diseño: experimental, por el cual obtuvo un resultado al mezclar el suelo de control con cloruro de sodio reduce la humedad de compactación óptima en un 27%, con una diferencia de 15.20% a 11.10% y una MDS de 1736 kg/m³ tiende a aumentar de 9.33% hasta 1898 kg/m³ y CBR descende de 27,27% hasta 24.20% a una MDS al 95% de compactación, se da una reducción poco significativa del 11.26%, respecto a la mezcla de cloruro de calcio los ensayos del Proctor no genera ninguna reducción en el OCH es 14.10%, de igual forma en MDS es de 1822 kg/m³, no mostro una variación considerable, en el caso de la Humedad Inicial de la mezcla es de 12.35% y el CBR al 95% MDS mostró un variación descendiente crítica de 27,27% a un 5.58% de compactación que representa un descenso de 79.54%”, concluyó que el CaCl₂ es más higroscópica referente al NaCl, por consiguiente es más posible el uso en climas más secos, el NaCl puede utilizarse en regiones costeras con escasas precipitaciones. Finalmente, en base a resultados obtenidos aportan significativamente a las investigaciones futuras, ya que esta direccionada a la implementación de vías.

Bravo y Daza (2019), en la investigación de grado titulado: “Métodos para controlar el potencial expansivo en suelos arcillosos de la ciudad de Cuenca”, fijó

como objetivo: “Hallar el mejor tratamiento químico para contrarrestar el potencial de expansión de los suelos arcillosos de Cuenca”, aplicando un diseño: experimental, como resultado obtuvo que la capacidad de expansión del suelo no es alta, con respecto a Miraflores el suelo pertenece a una arcilla densa, para límites de Atterberg con un 86.41% de LL y un 52.27% de IP, así como un 15.32 kg/cm² de presión de expansión y un 51.73% de porcentaje de expansión final, concluyó que “en la zona de Miraflores, debido a la alta cantidad de material arcilloso, se observó una expansión del 22,02% con una densidad de 1,2 g/cm³ y del 36,09% con una densidad de 1,4 g/cm³”. Finalmente, el estudio de suelos expansivos analizados con tratamientos químicos aplicados para controlar comportamientos expansivos aporta de manera significativa.

Llano, Ríos y Restrepo (2020), en el artículo de investigación del Instituto Tecnológico Metropolitano, titulado: “Evaluación de tecnologías para la estabilización de suelos viales empleando intemperismo acelerado. Una estrategia de análisis de impactos sobre la biodiversidad”, fijo como objetivo: “Evaluar diversas técnicas de estabilización en condiciones de meteorización acelerada y compararlas con el uso de materiales de construcción convencionales para determinar su impacto en el desempeño y durabilidad del pavimento, y el impacto potencial en la biodiversidad”, aplicando un diseño: experimental, por lo cual obtuvo como resultado un buen desempeño de los aditivos, al exhibir mayor resistencia mecánica con relación al suelo control, sobresaliendo los elementos de naturaleza puzolánica, al aplicar los productos en mención el suelo preserva características del suelo originario, mínimas muestras de material particulado y minúscula absorción de calor en relación con la estructura de un pavimento tradicional, concluyó que en la evaluación bajo situaciones de intemperismo apresurado consiente apreciar el desempeño a largo plazo y la vida útil, evidenciando ventajas ambientales y conservación de la biodiversidad, mitigando los impactos (efecto borde), reduciendo las situaciones de temperatura superficial en las vías. Finalmente, el aporte está ligada a las necesidades de profundizar conocimientos de fenómenos físicos y químicos en los procesos de estabilización en la investigación.

Celi (2021), en la tesis de pregrado titulado: “Estabilización de suelos granulares de subrasante con finos de tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP) y

polietileno (PE)”, fijó como objetivo: “Analizar el CBR de suelos de subrasante mediante la incorporación de finos de tereftalato de polietileno, polipropileno y polietileno para obtener mayor estabilidad”, aplicando una diseño: experimental, por lo cual obtuvo como resultado en la adición de micropartículas de tereftalato de polietileno, polipropileno y polietileno al sustrato natural aumenta el CBR al 6.9%, alcanzo una estabilización de la subrasante del 57%, la combinación de los finos posee 1.302 de gravedad específica inferior a la muestra de suelo analizada, concluyó que para estabilizar un suelo arena-limo, se debe agregar finos de PET/PP/PE entre de 3.6% a 7.8% a la muestra seca con relación al peso. Finalmente, la estabilización de la sub-rasante utilizando botellas plásticas elementos reciclable, funcionando como aditivo en la estabilidad del suelo y contribuyendo a la mejora del diseño de pavimentos.

2.2. Bases Teóricas o Científicas.

2.2.1. Polímeros acrílicos.

Calle y Arce (2018), precisa “que un polímero modificado tiene la presentación de solución acuosa, cuando es debidamente combinada con agua, ofrece una mezcla capaz de estabilizar un suelo.” (p. 33)

Según Terra (2022), define que el “Polímero acrílico está diseñado para estabilizar un suelo y para la construir de caminos de alta circulación pesado, incrementando la capacidad de soporte de cargas y a la resistencia al cizallamiento como una capa de desgaste, fuertemente resistente y estable al someterse en situaciones de humedad, evitando causar averías e infiltraciones”.

Por otro lado, AGEECOVIAS (2022), indica que el “Polímero de estireno Acrílicos reticulante AgreBind, se podrán estabilizar suelos con material del sitio, inclusive en suelos arenosos, permitiendo fabricar pistas y carreteras resistentes a prueba de agua y de derrames viales, pudiéndose sellarse para hacerlas impermeables, se abren a su uso inmediato, controla el polvo y la erosión de suelos”.



Figura 3. Polímero Acrílico AggreBind con solución de agua.
Fuente: (AGEECOVIAS, 2022)

2.2.1.1. Polímero.

Según López, Hernández, Horta, Coronado y Castaño (2010), define que “polímero se origina de dos palabras griegas “poli” tiene el significado de muchos, y “meros” tiene el significado de parte, el componente principal de un polímero toma la denominación de monómero. Asimismo, mencionan que las moléculas están compuestas por lo menos de dos a más unidades monoméricas disímiles, llamándoles copolímeros, se dice que el número de unidades monoméricas contenidos en el polímero toma la designación de polimerización.” (p. 161)

Por otro lado, los eslabones están compuestos por átomos de carbono ya que estos pueden estar conformados con uno o más átomos el Autor Cuipal (2018), indica que “el uso de polímeros al estabilizar el suelo configura una estructura impermeable, reduce la resistencia al esfuerzo cortante y mejora la compactación de suelos con poca capacidad portante.” (p. 40)

2.2.1.2. Clasificación de los polímeros

Según Hermida (2011), indica que los polímeros se clasifican por su origen:

- **Naturales o biopolímeros:** sustancias o derivados de reino animal o vegetal como el almidón, proteínas, celulosa, ácidos nucleicos, caucho natural entre otros.
- **Sintéticos:** Macromoléculas adquiridas en industrias y laboratorios partiendo de materias primas de poco peso molecular como el nylon, polietileno, cloruro de polivinilo entre otros.

- **Semi-sintéticos o artificiales:** derivación de la transformación de polímeros naturales mediante procesos químicos como los cauchos vulcanizados.

2.2.1.3. **Propiedades físicas de los polímeros.**

Según Mora y Tiusaba (2020), indican que las características de los materiales se clasifican:

- **Elastómeros:** son identificados con los nombres de cauchos o hules, poseen una conducta térmica que logra cambiar de termoplástico a termorrígido de acuerdo a su estructura ya sea reticulada o lineal.
- **Termoplásticos:** un comportamiento de manera plástica a excelsas temperaturas, la naturaleza de sus enlaces no se cambia radicalmente cuando la temperatura aumenta, por ello, pueden ser expuestos a temperaturas elevadas, enfriados y recalentados, por el cual, no afectara el comportamiento y su estructura de cadena es lineal.
- **Termorrígido:** Nombrados termoestables polímeros reticulados, mediante la incorporación de cruce de químicos, el reticulado no admite que los polímeros se reprocesen posteriormente que se hayan conformado.

2.2.2. **Propiedades del polímero acrílico.**

Según AGEECOVIAS (2022), precisa que las propiedades físicas y químicas de los polímeros acrílicos AggreBind demanda de propiedades positivas en la estabilización y en la parte constructiva de un pavimento. Asimismo, el polímero acrílico AggreBind tiene un estado líquido, no contiene aditivos o derivados del petróleo, es un compuesto no tóxico al 100% y ecológico, tiene ventajas como incrementar el valor CBR, construcción de pavimentos en reducidos tiempos y de fácil instalación y las desventajas es que no se utilizan en suelos granulares, no es muy flexible y no se recomienda en lugares de bajas temperaturas, no puede estar expuesto a lluvias antes del curado con un mínimo de 2 horas.

2.2.2.1. **pH del polímero Acrílico.**

AGEECOVIAS (2022) El pH, es la escala donde se mide y se muestra la acidez en elementos líquidos o una solución acuosa, por lo tanto, en la ficha técnica el pH del polímero acrílico tiene una acidez de 7.7 – 8.3 estando en un rango neutro.

2.2.2.2. Densidad Relativa del polímero acrílico.

Streeter (1988), precisa que la “densidad relativa de una sustancia es la relación entre su peso y el peso de un volumen igual de agua en condiciones normales, también se puede expresar como la relación entre su densidad, o peso específico y la del agua”, por lo consiguiente, en la ficha de especificaciones técnicas del polímero acrílico AggreBinb indica la densidad relativa que esta entre 1.05 a 20°C.

Tabla 1. Componente de AggreBind.

Componente	Concentración Aprox.
Agua	90 a 93 %
Alcohol	< 10%
Tereftalato de polímero	< 6
Sal de 1/ Butanol zirconio	< 1

Fuente: Hoja de datos de seguridad de material AggreBind

Tabla 2. Propiedades de polímeros acrílicos.

Ítems	Descripción
Tiene un estado	Líquido
Color	Blanco.
Olor	Olor característico.
Tasa de Evaporación	Lento.
Oxidación	No oxidante.
Solubilidad en Agua	Miscible.
Viscosidad	No Viscoso.
Punto de Ebullición/rango	100°C
Densidad Relativa	1.05 a 20°C.
pH	7.7 – 8.3.

Fuente: Hoja de datos de seguridad de material AggreBind.





Figura 4. Pulverización de polímero Acrílico AggreBind.
Fuente: (AggreBind, 2014)

2.2.3. Estabilización de subrasante en suelos arcillosos.

Mamani y Yataco (2017), mencionan que la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos, se fundamenta en la modificación de algunas características, con el fin de buscar óptimas condiciones del uso que necesitamos del suelo. Por tal sentido, las características indeseadas de una arcilla, será un IP demasiado alto, que significará un valor de alta de expansión y la capacidad para soportar cargas estructurales serán demasiadas bajas. Por ello, el suelo arcilloso debe poseer la capacidad de cambiar su volumen al absorber el agua.

2.2.3.1. Estabilización de suelos con polímeros.

Según López et al. (2010), sostienen que el uso de materiales de polímeros en la estabilización del suelo tiene como objeto crear una estructura impermeable al ser expuesta a la humedad, ciertas resinas sintéticas de naturaleza orgánica acrecientan la resistencia mecánica del suelo optimizando su cohesión.

Por otro lado, Cuipal (2018), sostiene que el polímero es impermeable resistente al corte y de fácil plasticidad, al aplicarse en un suelo conseguirá resultados representativos referentes a la permeabilidad y resistencia del suelo. Por ello, el polímero tiene el propósito de aumentar la resistencia, reducir la dispersión y lograr la estabilidad de los agregados. Finalmente, el polímero funciona como un agente catalítico de intercambio iónico sobre la fracción activa de una partícula de arcilla minimizando el potencial electrostático, impidiendo la capacidad para absorber agua, con este efecto se alcanza que los suelos tengan

estabilidad permanente con una superior capacidad de resistencia a las cargas producidas por automóviles.

Según AGEECOVIAS (2022), indica que los polímeros son una opción inteligente, el uso sirve para estabilizar suelos, para sellado y rejuvenecimiento superior de carreteras existentes, para la construcción de caminos, controla la erosión y polvo.



Figura 5. Estabilización con polímeros.
Fuente: (AGEECOVIAS, 2022)

En la figura 6(a) se puede visualizar la estructura de un pavimento flexible conformado por una capa de rodadura, base conformada con una base de AGB y el suelo natural. Por otro lado, en el caso (b) se aprecia una estructura de pavimento flexible convencional con una capa de rodadura, capa base, capa sub-base y suelo natural.

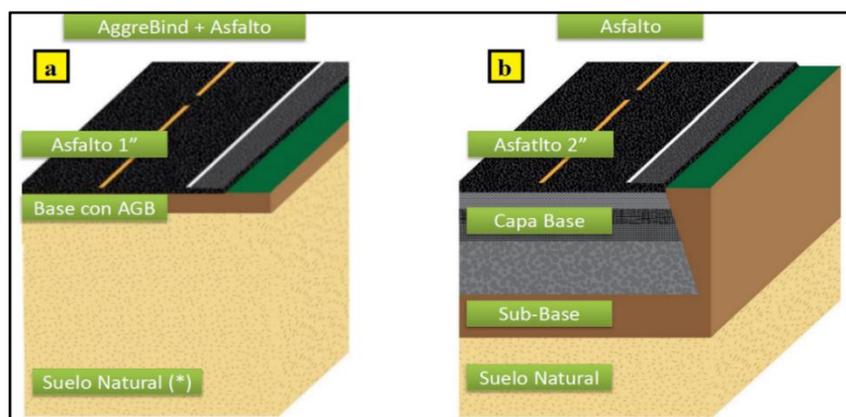


Figura 6. Esquema de AggreBind más Asfalto vs Asfalto.
Fuente: (AggreBind, 2014)

2.2.3.2. Suelo Arcilloso.

Según Zapata (2018), sostiene que las arcillas se originan por alteración físico-química, especialmente por la acción del agua y minerales que conforman parte de otro tipo de rocas antecesores como los piroxenos,

feldespatos y micas, dando origen a minerales de la arcilla. Es decir, que las arcillas son sedimentos minerales formados por partículas con un tamaño menor a 0,002mm, se identifican por ser plásticas al exponerse a la humedad y por la sonoridad y dureza al someterse a temperaturas por encima de los 800°C.



Figura 7. Muestra de arcillas.
Fuente: (Zapata, 2018)

Según Montejo (2002), indica que el “origen de los suelos arcillosos es principalmente de rocas sedimentarias, tienen propiedades expansivas al exponerse a la humedad, depende del proceso de meteorización donde se crearon. Es decir, la cantidad de sustancias identificadas en los suelos dependen de la proporción de minerales arcillosos, esto se debe a que afecta la variación del volumen. (p. 85).

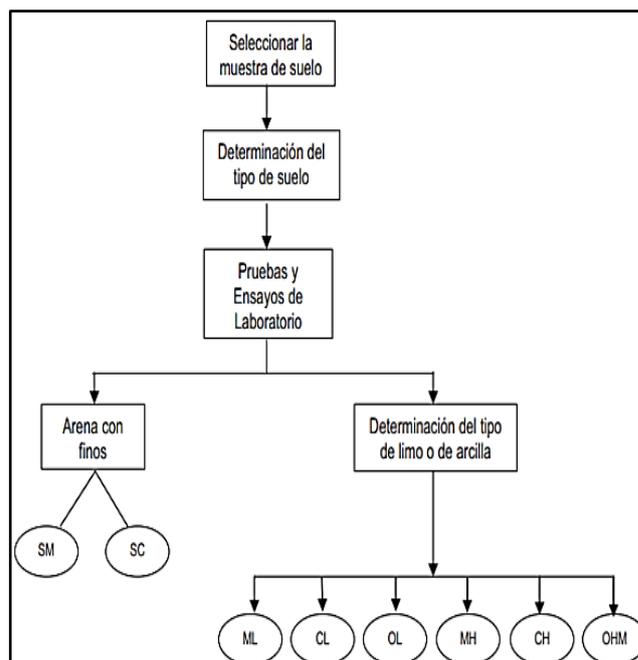


Figura 8. Proceso e identificación de un tipo de suelo
Fuente: MTC (2014)

2.2.3.3. Características de suelos arcillosos.

Según Junco (2011), indica que las características de las arcillas están compuestas principalmente por silicatos de aluminio hidratados, algunos presentan silicatos de magnesio, hierro y otros metales hidratados. Por el cual, estos minerales tienen una estructura cristalina determinada, es decir los átomos se acomodan en láminas tales como la silícica y la alumínica, la estructura mineral de arcilla se clasifica en grupos como las kaolinitas, montmorilonitas e illitas. Por consiguiente, los suelos finos en la estabilización se deben tener en cuenta su aspecto físico-químicos.

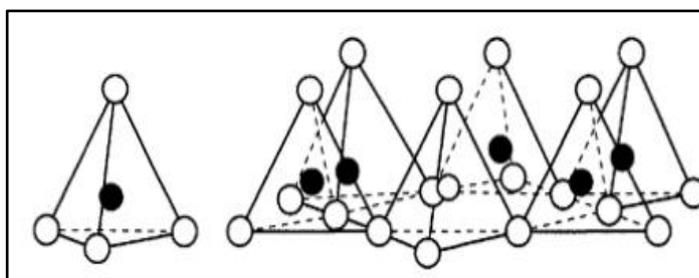


Figura 9. Unidad estructural tetraédrica.

Fuente: (Whitlow 2021)

2.2.3.4. Estabilización del suelo.

Según el MTC (2014), indica que la estabilización de suelos es el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas al incorporar diferentes productos sintéticos o químicos y naturales, estos productos para estabilización se aplican en suelos de sub-rasante que incumple las óptimas condiciones.

Según Valle (2010), la estabilización es el procedimiento donde se someten a los suelos de estado natural a ciertas modificaciones logrando aprovechar las mejores cualidades que este tenga, como una capa firme durable y estable, con la capacidad de resistir las consecuencias vehiculares y climáticas más adversos que se presenten.

Según Rodríguez (2005), indica que las propiedades de los suelos más estudiadas para estabilizar son: primero la estabilidad volumétrica, aplicada en suelos expansivos, muestran problemas al cambio de humedad y variaciones climáticas, segundo la resistencia, se utiliza la

compactación, es lo más usual para elevar la resistencia y tercero, la permeabilidad, compresibilidad y durabilidad.

Por otro lado, según el MTC (2014), define los factores a considerar en la elección de un estabilizante, es fundamental precisar qué tipo de suelo se estabilizará, teniendo en cuenta la existencia de diferentes estabilizantes que pueden aplicar; para la clasificación de un suelo de acuerdo al tamaño de partículas se debe tener un criterio geotécnico en la estabilización de un suelo. Por ello, los materiales deben ser idóneos para ser usados en las capas de sub-rasante con un $\text{CBR} \geq 6\%$. Por el cual, cuando una capa de sub-rasante tenga características arcillosas o limosas, al someterse a la humedad las partículas pueden contaminar el pavimento ya que pueden introducirse en las capas granulares, se debe aplicar una capa de material óptimo con un espesor mínimo de 10cm. la superficie del subbase debe estar al menos a 0,60 m por encima del nivel de la napa freática(Nf). Finalmente, para determinar el tipo de estabilización es primordial identificar qué tipo de suelo existe como: Los predominantes se encuentran en los limos, arcillas, arenas arcillosas o limosas.

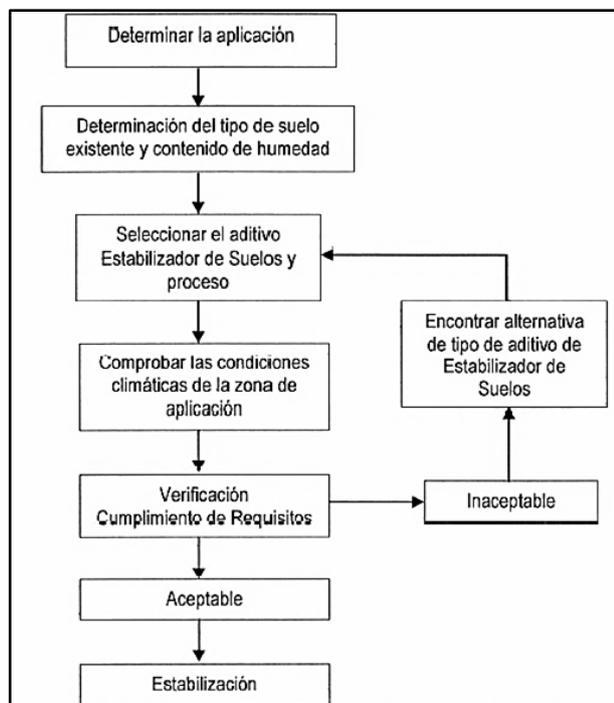


Figura 10. Proceso del tipo de Estabilización.
Fuente: MTC (2014)

2.2.3.5. Tipos de Estabilización.

Según Valle (2010), define a tres tipos de estabilización de suelos como son:

- **Física.** Se utiliza para modificaciones físicas en el mismo, utilizando diferentes métodos como la mezcla de suelos, ya que por sí mismas no alcanzarán las características deseadas. Por otro lado, Quezada (2017), indica que la estabilización física significa la mezcla de suelo, geotextil, flotación por vibración y pre-consolidación, mientras que la estabilización física mecánica significa agregar otro suelo con las propiedades óptimas para la ubicación seleccionada.
- **Química.** Es la utilización de elementos químicos como cemento portland, cal, productos asfálticos, NaCl o CaCl₂ y otros, el uso implica el reemplazo de iones metálicos y variación de la naturaleza del suelo.
- **Mecánica.** Mejorar un suelo sin introducir reacciones químicas de importancia, utilizando la compactación, para mejorar en la subbase, base y carpetas asfálticas. Asimismo, Osoria (2017), indica que se mejoran los materiales existentes sin cambiar la estructura ni los componentes principales. La compactación se utiliza cuando se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo.

2.2.3.6. Criterios de estabilizar en un suelo con fines de pavimentación.

Martins, y otros (2012), indican que los criterios para una selección de forma general, se tienen como consideración granulometría, la maleabilidad y en otros casos, la compactación y retracción. Asimismo, se toman en cuenta la relación existente entre composición granulométrica, plasticidad, retracción, compactación; Además, mencionan que es posible elaborar recomendaciones con un prudente nivel de seguridad, a partir de que se obtenga un solo resultado. Por otro lado, en el medio técnico no se tiene un solo criterio que tenga relaciones entre las características de la tierra con las características técnicas constructivas, ya que se tiene factores de decisión que están más coherentes en el proceso de construcción que con el tipo de suelo.

Según la normativa peruana MTC (2014), define al pavimento “como una estructura conformada por capas edificadas sobre la sub-rasante de un camino. Por ello, cumple la función de resistir, distribuir esfuerzo y optimizar situaciones en la comodidad y seguridad para la circulación en las vías”. Asimismo, Quezada (2017), precisa que la estructura de un pavimento es diseñada para ser capaz de transmitir cargas que no sobrepase la capacidad portante de la sub-rasante, cumpliendo la calidad de manejo, resistencia al ahuellamiento, agrietamiento, deslizamiento, con apropiadas nivel bajo de ruido y reflejos de luz.

2.2.3.7. Sub-rasante.

Según MTC(2014), precisa que es “una la superficie acabada de una carretera al nivel de movimiento de tierra corte y relleno”, que está constituida por suelos con características optimas, para que no sea afectada por las diversas cagas vehiculares. Asimismo, los suelos superiores de la subrasante con una profundidad de al menos 0.60 m debe ser un suelo solido adecuado con $CBR \geq 6\%$. Por otro lado, Osoria (2017), define que la subrasante es una superficie terminada, sobre el cual se instala una estructura de pavimento, las condiciones de la subrasante inician desde el diseño y espesor dependiendo del tipo de pavimento flexible o rígido.

Tabla 3. Categorías de Subrasante con respecto al CBR del suelo.

Tamaño de partículas	CBR
S0 Subrasante inadecuada	$CBR < 3\%$
S1 Subrasante insuficiente	$CBR \geq 3\%$ a $CBR < 6\%$
S2 Subrasante regular	$CBR \geq 6\%$ a $CBR < 10\%$
S3 Subrasante buena	$CBR \geq 10\%$ a $CBR < 20\%$
S4 Subrasante muy buena	$CBR \geq 20\%$ a $CBR < 30\%$
S5 Subrasante excelente	$CBR \geq 30\%$

Fuente: Manual de Carreteras 2014

2.2.3.8. Análisis Granulométrico.

Según (ASTM.D6913), define que el ensayo reside en clasificar y separa los suelos según el tamaño de cada partícula. Es decir, La muestra de suelo a ensayar se pasa a través de tamices de diferentes tamaños con el objetivo de calcular la proporción retenida en cada tamiz y determinar la proporción acumulada de cada tamaño de malla.

Tabla 4. Tamaño de tamices MTC E 107.

Nº	TAMICES	ABERTURA (mm)
1	3"	75,000
2	2"	50,800
3	1 1/2"	38,100
4	1"	25,400
5	3/4"	19,00
6	3/8"	9,500
7	Nº4	4,750
8	Nº10	2,000
9	Nº20	0,840
10	Nº40	0,425
11	Nº60	0,260
12	Nº140	0,160
13	Nº200	0,075

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales, 2016

Tabla 5. Clasificación de suelos según tamaño de partículas

Tipo de Material	Tamaño de las partículas
Grava	75mm a 4.75mm
	Arena gruesa: 4.75mm a 2.00 mm
Arena	Arena media: 2.00mm a 0.425mm
	Arena fina: 0.425mm a 0.075mm
Material Fino	Limo 0.075mm a 0.005mm
	Arcilla Menor a 0.005mm

Fuente: Manual de Carreteras, MTC (2014)

2.2.4. Propiedades físicas.

2.2.4.1. Limite Líquido.

En la normativa del MTC (2014), precisa que “es el contenido de humedad de un suelo y se expresa en porcentaje, cuando un suelo se encuentra entre limite líquido y limite plástico”. Es decir, en la elaboración se utiliza el método de Casagrande, se asigna un contenido de humedad, el cual es separado por un surco de dos mitades, la copa se dejará caer 25 veces de una altura de 1.00cm, debe caer dos caídas por segundo.

2.2.4.2. Limite Plástico.

Según la normativa peruana del (MTC, 2014), denomina que el LP es el porcentaje de humedad que hace cambiar a un suelo al disminuir e incrementa la humedad de consistencia plástica a la plástica. Es decir que, del estado plástico el límite plástico es el límite menor.

2.2.4.3. Índice de Plasticidad.

Según el (MTC, 2014), precisa que el IP indica el tamaño del rango de humedad. Es decir, el suelo tiene una consistencia plástica, lo que permite clasificarlo bastante bien. De manera similar, un IP más alto da como resultado suelos muy arcillosos. Y si el IP del suelo es bajo, pertenece al suelo con bajo contenido de arcilla.

Tabla 6. Clasificación de un suelo según Índice de plasticidad.

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

Fuente: (MTC, 2014)

2.2.5. Densidad seca.

2.2.5.1. Máxima Densidad Seca

Según el MTC (2018) precisa que MDS es el que alcanza, para un esfuerzo dado, el valor máximo de $\rho_{(seca)}$ determinado por la curva de compactación.

2.2.5.2. Optimo Contenido de Humedad.

Según NTP 339,127 (2019), “se expresa en porcentaje, del peso de agua en una masa determinada de un suelo, al peso de las partículas sólidas”. Es por ello, para establecer el peso de agua eliminada, debe someterse a un secado constante en horno a 110 °C más menos 5°C.

Por otro lado, López (2021), Señala que el contenido de humedad es una de las pruebas más utilizadas en los laboratorios. Además, las propiedades mecánicas se pueden evaluar cualitativamente y correlacionar con los resultados de otras pruebas. De manera similar, los suelos en su estado natural brindan información importante para investigar. Por esta razón, la relación entre el peso del agua y el peso seco de una muestra se expresa comúnmente como porcentaje.

2.2.6. Resistencia del suelo.

Según la normativa peruana MTC (2016), Indica que el California Bearing Ratio-CBR, es un método de ensayo utilizado para precisar el índice de resistencia de un suelo, este ensayo se emplea en suelos preparados en condiciones concluyentes de densidad y humedad, puede ser usada de manera análoga sobre muestras inalteradas extraídas de un terreno en estado natural, este ensayo se utiliza para evaluar la resistencia y potencia de sub-rasante, subbase y materiales de base, como también en materiales reciclados (p. 148)

2.2.6.1. Compactación del suelo

Según la normativa peruana MTC (2016), define que el ensayo de Protector Modificado, usados en laboratorios para determinar la relación entre el contenido de agua $w(\%)$ y peso unitario seco (γ_d) de un suelo, el procedimiento utiliza un pisón de 44.5N este debe caer a una altura de 18” y un molde de 4” o 6” de diámetro(ϕ), provocando una energía de compactación de 2700 kn-m/m³; esta prueba es aplicable sólo a

suelos que contienen 30 por ciento o menos en peso de partículas en una malla de 19,0 mm (3/4”)". (p. 105)

2.2.7. pH del suelo.

Según Conyers y Davey (1988), indican que “para medir el pH se utilizan electrodos de actividad específica, existen múltiples factores que se deben tener en cuenta como la relación entre el suelo y agua como la fuerza iónica en la solución, el agitado y reposo de la muestra, la posición del electrodo en la suspensión durante el proceso.

Según Osorio (2012), sostiene “el pH es una propiedad química que calcula la alcalinidad de las soluciones acuosas o el grado de acidez”. Asimismo, indica que es importante por indicar la acidez o que tan alcalina es la solución del suelo y se debe tener en cuenta que tiene un rango de escala de fluctuación que da inicio desde cero a catorce. (p. 1)

Por otro lado, Mora y Tiusaba (2020), indica que “se considera por valor de medida de acidez lo que se transmita por un logaritmo frecuente por la centralización de iones de hidrogeno en las soluciones con características relacionadas a la humedad y el agua” (p. 70).

2.2.7.1. Grado de alcalinidad.

Osorio (2012), indica que en la práctica el grado de alcalinidad del pH es una medida de iones de hidrógeno referente a una solución acuosa, se considera primero que los materiales extremadamente ácidos con un valor de pH entre 1 a 5, segundo, fuertemente ácido del rango 5 hasta 5.5, moderadamente ácido entre el rango de 5.5 a 6, ligeramente ácido 6 a 6.5, neutro de 6.5 a 7.3, alcalino de 7.4 a 8.0 y muy alcalino mayor a 8.0.

2.3. Marco conceptual.

- a) **CBR (California Bering Ratio):** Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo. (MTC, 2018, p. 7)

- b) Compactación:** Se define como el Proceso manual o mecánico que reduce el volumen total de vacíos de un suelos, morteros, concretos y mezclas bituminosas. (MTC, 2018, p. 12)
- c) Estabilización de suelos:** Mejoramiento de propiedades físicas de un suelo mediante un procedimiento mecánico e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. (MTC, 2018, p. 16)
- d) Índice de Plasticidad:** Se puede definir como la diferencia entre su límite líquido (LL) y su límite plástico (LP) de un suelo. (MTC, 2017, p. 73)
- e) pH:** Medida del grado de acidez de una solución, los valores extremos del pH son cero y catorce, el valor medio es siete indicando que la solución es neutra. (MTC, 2018, p.17)
- f) Polímero acrílico:** Un polímero modificado en presentación de solución acuosa que cuando es debidamente mezclada con agua, ofrece una mezcla capaz de estabilizar el suelo. (Calle y Arce, 2018, p. 33)
- g) Proctor Modificado:** Este ensayo comprende los procedimientos de compactación, para precisa la relación entre el Contenido de Agua(w%) y Peso Unitario Seco (γ_d) de un suelo (MTC, 2016)
- h) Subrasante:** Superficie acabada de una carretera a nivel de movimiento de tierras de corte o relleno, sobre la cual se coloca una estructura de afirmado o pavimento. (MTC, 2018, p. 25)
- i) Suelo arcilloso:** Conformado por arcillas o con predominancia de éstas, no es adecuado para el tránsito vehicular. (MTC, 2018, p. 25)

CAPÍTULO III.

HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis General.

El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varia positivamente en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

3.2. Hipótesis Especifica(s).

1. El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varia positivamente en las propiedades físicas en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.
2. El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varia positivamente en la densidad seca en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.
3. El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varia positivamente en la resistencia en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.
4. El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varia positivamente en el PH en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

3.3. Variables.

3.3.1. Definición conceptual de las variables.

a) Variable independiente(X)

Polímeros Acrílicos

Según Calle y otros (2018), define al polímero acrílico como un material acuoso, debido a su gran número de moléculas pequeñas cuando es apropiadamente combinada con agua estabiliza el suelo.

b) Variable dependiente(Y)

Estabilización de subrasante en suelos arcillosos.

Según Mamani y otros (2017), define que la estabilización de la subrasante en suelos arcillosos, radica en modificar propiedades inadecuadas de un suelo con el fin de alcanzar las condiciones óptimas del suelo para el desempeño en infraestructuras viales.

3.3.2. Definición operacional de las variables.

a) Variable independiente(X).

Polímeros Acrílicos.

Los polímeros acrílicos se operacionalizan a través de las dimensiones como las Propiedades del Polímero Acrílico e indicador como el pH del polímero acrílico y la densidad relativa del polímero, asimismo la dimensión Proporciones de Polímeros Acrílicos y sus indicadores 2%, 4% y 6% de polímero acrílico.

b) Variable dependiente(Y).

Estabilización de subrasante en suelos arcillosos.

Se operacionalizaron a través de sus dimensiones que como son las Propiedades físicas y sus indicadores (LL, LP, IP), densidad seca y sus indicadores (MDS y OCH), resistencia del suelo (CBR de 95 % y 100 % de MDS) y finalmente, PH del suelo y su indicador grado de alcalinidad.

3.3.3. Operacionalización de las variables.

Tabla 7. Operacionalización de las variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN	ESCALA
V1: Polímeros acrílicos	Según (Calle, y otros, 2018) define que el polímero acrílico es un material acuoso, debido a su gran número de moléculas pequeñas cuando es apropiadamente combinada con agua estabiliza el suelo.	Los polímeros acrílicos de operacionalizan a través de sus dimensiones que son: Propiedades del polímero acrílico proporciones del polímero acrílico y su vez cada uno de las dimensiones tiene sus indicadores.	D1: Propiedades del polímero acrílicos.	I1: PH del Polímero Acrílico I2: Densidad relativa del polímero acrílico.	Ficha técnica de polímeros acrílicos	Razón
			D2: Proporción de polímero acrílico.	I1: 2% de polímero acrílico. I2: 4% de polímero acrílico. I3: 6% de polímero acrílico.	Ficha de ensayos del laboratorio.	
V2: Estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos	Según (Mamani, y otros, 2017) define que, la estabilización de la subrasante en suelos arcillosos consiste en modificar propiedades inadecuadas del suelo con el fin de alcanzar las condiciones óptimas del suelo para el desempeño en infraestructuras viales.	Estabilización de subrasante en suelos arcillosos de operacionalizan a través de sus dimensiones que son: Índice de plasticidad, compactación del suelo, resistencia del suelo y su vez cada uno de las dimensiones tiene sus indicadores.	D1: Propiedades físicas	I1: Limite liquido I2: Limite plástico I3: Índice de plasticidad	Ficha de ensayos del laboratorio.	Intervalo
			D2: Densidad seca.	I1: Máxima densidad seca I2: Optimo contenido de humedad		
			D3: Resistencia del suelo	I1: CBR al 95% MDS I2: CBR al 100% MDS	Ficha de ensayos del laboratorio.	
			D4: PH del suelo	I1: Grado de alcalinidad		

CAPÍTULO IV.

METODOLOGÍA.

4.1. Método de Investigación.

Según Yuni y otros (2021), considera que el método científico “como la producción de conocimiento veraz, confiable y fundamentado respecto a una realidad”.

En la investigación se utilizó el método de investigación **científico** con el enfoque **cuantitativo**, se dio inicio con la observación del problema en el Jirón los Álamos con el fin de obtener conocimientos con valores reales y verídicos del problema observado.

Al respecto, de acuerdo a los argumentos en la presente tesis se emplea el método **científico**

4.2. Tipo de Investigación.

Para Carrasco (2005), el tipo de investigación aplicada se centra en “dar respuesta a preguntas específicas para dar solución a un problema determinado, identificando la solución de un problema”.

En la presente tesis se alteró las dimensiones de los polímeros acrílicos para realizar el análisis de las subrasantes con arcillosos por lo que se evaluó la plasticidad del suelo, compactación del suelo, resistencia del suelo modificando la realidad del tipo de suelo en la vía del Jirón los Álamos, provincia de Huancayo.

Mediante el argumento en la investigación se empleó el tipo de investigación **aplicada**

4.3. Nivel de Investigación.

Para Santiesteban (2014), define que el nivel explicativo “no solo se trata de la descripción de conceptos, están enfocados en interpretar el motivo por el cual ocurre este fenómeno, y su naturaleza”. (p. 60).

Al respecto, en la presente tesis se analizó las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso con la finalidad de estabilizar la sub-rasante de baja resistencia, debido a su contenido de alta plasticidad y mayor cantidad de materiales finos en la sub-rasante, de esta manera al obtener una mejora mediante ensayos efectuados en un laboratorio en el suelo patrón, se adiciono polímero acrílico logrando una modificación de la plasticidad, compactación, resistencia del suelo arcilloso en relación de 2%, 4% y 6% de polímero acrílico.

Al respecto, con estos miramientos en la presente investigación se usó el nivel de investigación **explicativo**.

4.4. Diseño de Investigación.

Para Hernández (2014), precisa que el diseño experimental “es la estrategia para resolver y responder a las hipótesis de la investigación y refiere al estudio donde se maniobran de forma intencional las variables con el fin de analizar los resultados con otras variables, por ello, la variable dependiente es medida por el efecto que le genera la variable independiente, por consiguiente, para la presente tesis se utilizó un diseño de experimento puro”.

Al respecto, en el desarrollo se manipulo la variable independiente (Polímero Acrílico) por lo que altero la plasticidad, compactación, resistencia del suelo arcilloso en las pruebas realizadas con y sin polímero acrílico.

Según este análisis para la presente tesis de investigación se empleó el diseño **experimental**.

4.5. Población y muestra.

4.5.1. Población

Lilia (2015), precisa que la población tiene el propósito del estudio de un conjunto de elementos, personas u objetos según es objetivo de la investigación a realizarse.

Para esta investigación la población está compuesta por una población finita por tres calicatas que estarán ubicadas en una longitud total de 300 m, donde se determinó el número de calicatas según la EG-2014, la vía se ubica en el Jr. Los Álamos, Huancayo, Región Junín.

4.5.2. Muestra

Lilia (2015) precisa que “es el subconjunto más representativo y finito que se saca de una población”. Este estudio se basó en el muestreo no probabilístico por conveniencia, conformado por tres calicatas identificados como calicata C-1, C-2 y C-3, Según el MTC EG-2014 (Sección suelos y pavimentos).

Asimismo, basándose en los antecedentes, Cuipal (2018) en su investigación utilizó como estabilizador al polímero sintético, considerando una adición de adición 3%, 6% y 9% para los ensayos de CBR.

Según Lilia (2015) define que “una muestra no Probabilística es cuando no todos los elementos del universo poseen la misma probabilidad de ser parte de la muestra en el cual los resultados o son generables a la población.”

Al respecto, el muestreo en el desarrollo de esta investigación es el no probabilístico.

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

4.6.1. Técnica.

Para Muñoz (2011), los instrumentos de investigación “son las herramientas que utilizan los investigadores para recopilar datos y se seleccionan según las necesidades del estudio y en base a determinadas muestras para su recopilación, observación o experimento”. En el presente estudio se usó como instrumento, con la técnica de observación directa, dadas en los resultados en las propiedades del suelo y el polímero acrílico en la estabilización de sub-rasante.

Observación directa: Carrero (2018) precisa que el “método de recolección de datos reside en un registro metódico, válido y confiable de comportamientos y escenarios observables, mediante un conjunto de categorías y subcategorías”. Permitiendo usar: Ensayos de laboratorio, Fotografías, formatos, etc.

4.6.2. Instrumento de recolección de datos.

Fichaje: Cid (2011) indica que “la ficha de recopilación de información radica en anotar toda la información significativa y de interés que nos da el individuo estudiado”. En el presente proyecto de tesis, se usará como instrumento a la ficha de recolección de información para cada ensayo de laboratorio realizado.

4.6.2.1. Validez.

Según Niño (2011) indica que “la validez se refiere a que un instrumento en la realidad mida de una forma semejante a la variable que se desea medir”.

Tabla 8. Rangos y Magnitud de Validez.

RANGO	MAGNITUD
0.53 a menos	Nula
0.54 a 0.59	Baja
0.60 a 0.65	Valida
0.66 a 0.71	Muy valida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.00	Validez perfecta

Fuente: Oseda y otros (2011)

Tabla 9. Validez de instrumento de las variables por juicio de expertos.

N	Grado Académico	Apellidos / Nombres	CIP	Validez
1	Ing. Pedro Acisclo	Aranda Villanueva	196676	93
2	Ing. Jaime Jorge	Saavedra de Rivero	43210	93
3	Ing. David Sergio	Astudillo Sánchez	34486	88

Fuente: El autor.

En la Tabla 9, se visualiza la validez de la elaboración del contenido de los instrumentos de las variables por el juicio de los expertos que calificaron de acuerdo con el rango establecido.

4.6.2.2. Confiabilidad.

Para Palella y Martins (2006), indica que “es la carencia de error aleatorios de un instrumento de recolección de datos. Es el grado en el que la medición se encuentra libre de la desviación producida por los errores que se logren generar”. Orden evolución estadística a l ficha (información recopilada)

Tabla 10. Rangos y Magnitud de confiabilidad.

RANGOS	MAGNITUD
--------	----------

0.81 a 1.00	Muy Alta
0.60 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a menos	Muy Baja

Fuente: (Ruiz, 2002)

Al respecto, se determinó la confiabilidad mediante la prueba de alfa de Cronbach.

Tabla 11. Prueba de Alfa de Cronbach - confiabilidad de los instrumentos.

ESTADISTICOS	VALORES	MAGNITUD
K	20	
Sumatoria de varianzas= ($\sum S_i^2$)	3.33	$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$
Varianza total de la prueba ($\sum s^2$)	10.33	
Alfa de Cronbach	0.80	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al cuestionario de confiabilidad de los instrumentos validados por los expertos, utilizados para la recopilación de datos en laboratorio calculado en el Software Microsoft Excel, en la Tabla 11, la confiabilidad lograda es **alta**, adquiriendo como resultado 0,80 (alfa de Cronbach). Ficha de cuestionario, ver en el contenido de Anexos.

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Descripción de la zona de estudio.

Ubicación.

Jirón: Los Álamos

Provincia: Huancayo

Región: Junín.

Características de la zona de estudio. El Jirón Los Álamos, se identificó el tipo de carretera de tercera clase por la baja circulación de tránsito, cuya ubicación tiene como referencia el Torre Torre, Huancayo, Región Junín.

Exploración de suelos.

Con el objetivo de identificar y efectuar la evaluación geotécnica de la sub-rasante del suelo en el Jirón Los Álamos, se realizó un esquema de para explorar el campo, con la excavación de tres calicatas, recolectando especímenes para ser ensayadas en un laboratorio de suelos según (MTC, 2014)

De modo que, se identificó el perfil estratigráfico referente a la sub-rasante, se clasificaron los materiales, determinado por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. Asimismo, se tomó los especímenes más representativos convenientemente identificadas, fueron envasadas en bolsas y transportadas al laboratorio para realizar los ensayos e identificar las características físicas y mecánicas.



Figura 11. Exploración de las calicatas.

Fuente: El autor.

Propiedades de polímeros acrílicos.

Tabla 12. Datos técnicos del polímero acrílico.

Procedimiento de compactación	NTP 339.141(1999)	“A”
Método de preparación	NTP 339.141(1999)	Húmedo
Máxima densidad seca - MDS	N.T.P.339.141(1999)	2.058 g/cm ³ 2.058 g/cm ³
Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	N.T.P.339.141(1999)	9.90%
Penetración	2.54 mm (0.1”)	5.08 mm (0.2”)
C.B.R al 100% de la MDS	82.50%	103.00%
C.B.R al 95% de la MDS		
Condiciones de la muestra ensayada	Curado de cámara de humedad: 28 días.	Embebido en agua: 4 días
	Muestra N° 01	Muestra N° 02

Energía de compactación	27.7 kg*cm/cm ³	27.7 kg*cm/cm ³
Densidad seca (antes de curado)	1.793 g/cm ³	2.083 g/cm ³
Masa de sobrecarga	4.53kg	4.53kg
Expansión (Hinchamiento)	0.37%	0.33%
Humedad (Antes de compactar)	9.90%	9.70%
Humedad de la penetración	10.70%	10.50%
Absorción	0.80%	0.80%
Características		
Retenido Acumulado en tamices	NTP 339.128	¾" (10,050 mm) 3.0 %
	NTP 339.128	3/8" (9,525 mm) 4.0 %
	NTP 339.128	N°4(4,074 mm) 5.0 %
Pasante tamiz N° 200	NTP 339.132	N°200(0,074 mm) 5.0 %
Peso específico relativo de partículas solidas	NTP.339.131	2.68
LL	NTP.339.129	20.00%
IP	NTP.339.129	NP
Clasificación de SUCS	NTP.339.134	ML
Clasificación de AASHTO	NTP.339.135	A- 4 (0)

Fuente: Ficha técnica del polímero acrílico

Tabla 13. Propiedades físicas y químicas del polímero acrílico.

Propiedades	Descripción
Estado	Líquido
Calor	Blanco
Olor	Olor característico
Tasa de Evaporación	Lento
Oxidación	No oxidante de acuerdo a criterios de Comunidad Europea
Solubilidad en Agua	Miscible
Viscosidad	No Viscoso
Punto de Ebullición/rango	100°C
Densidad Relativa	1.05 a 20°C
pH	7.7 – 8.3

Fuente: Ficha técnica del polímero acrílico.

4.7.1. Procesamiento de la información.

En el proceso de investigación se desarrolló el análisis de polímero acrílico en la sub-rasante en suelos arcillosos en el Jr. Los Álamos, se presentó etapas de estudio como: Se inicio con la caracterización del suelo donde se logró determinar el análisis de la granulométrico para identificar el tipo de suelo, se definió el % del w%, se diseñó la dosificación de adición de polímero acrílico en un 2%, 4% y 6%, Asimismo, para determinar las propiedades físicas del suelo, se realizó los ensayos de LL, LP, IP. Seguidamente, se efectuó el ensayo de Proctor modificado del suelo de control y con la adición de polímero acrílico adquiriendo la MDS y OCH. Asimismo, se realizó el ensayo de soporte de california, evaluando la resistencia del suelo control y con adición al 95% y 100% de MDS. Finalmente, se obtuvo el PH del suelo control y con incorporación de polímero acrílico de acuerdo a sus porcentajes (figura 12)

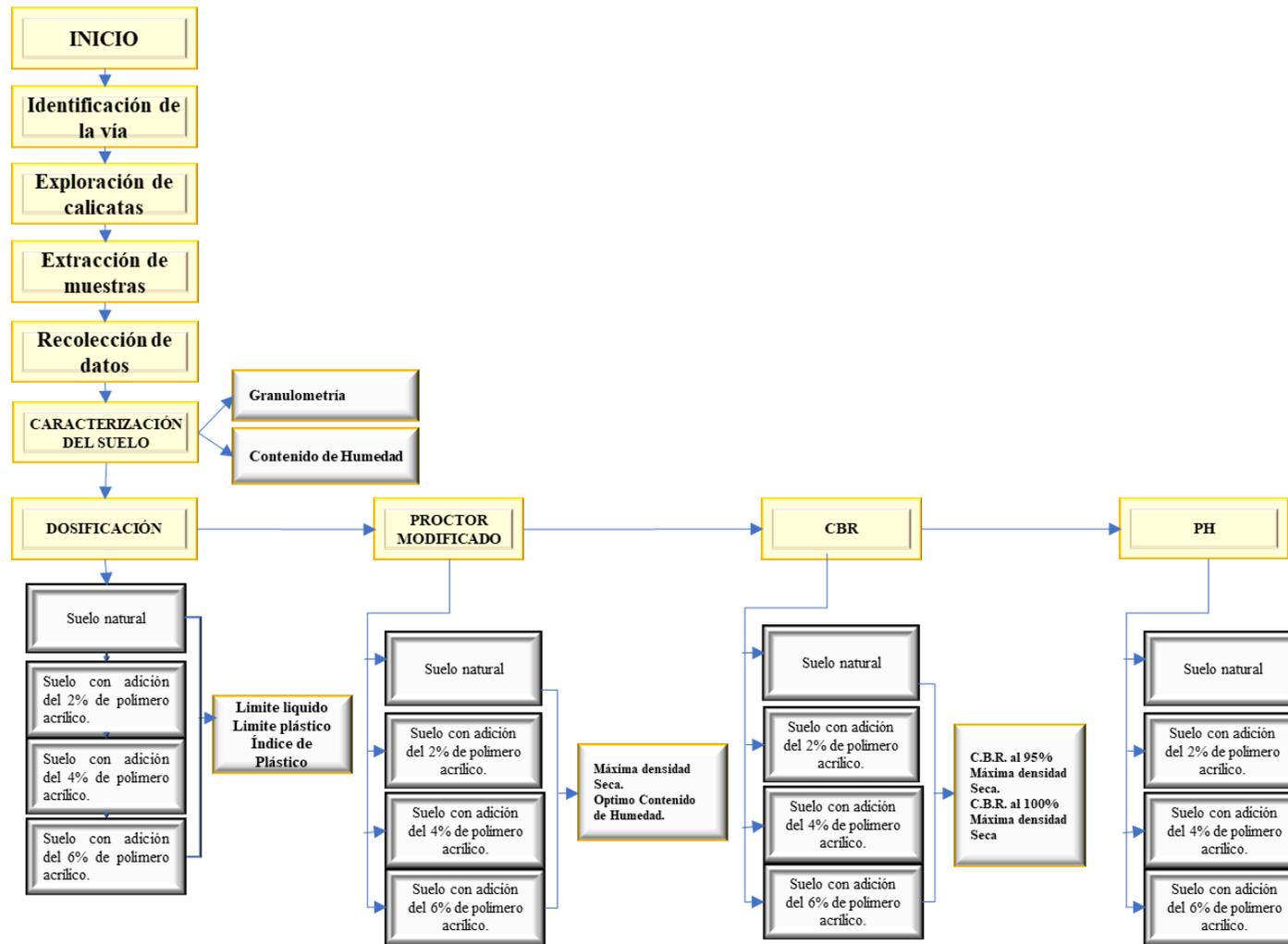


Figura 12. Flujoograma del proceso del estudios en laboratorio

4.7.2. Estudios de laboratorio.

Se determinaron en base al Manual de Ensayos de Materiales, en las especificaciones dadas en el MTC E 107, donde se determinó el análisis granulométrico por tamizado suelos y sus características, de modo que permitió evaluar las propiedades de los suelos a través de los ensayos físicos, mecánicos y químicos de las muestras de suelo. Por otra parte, las muestras se analizaron en el un laboratorio, donde se realizó los siguientes ensayos:

4.7.2.1. Análisis granulométrico.

Basándose en las indicaciones del Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos (EG,2014), Proctor modificado MTC E 204

Tabla 14. Caracterización del suelo natural arcilloso.

Ítem	N° calicata	Coordenadas		Prof.	% grava	% arena	% finos	Clasificación
M-1	C-1	12° 3'13.91"	75°11'13.12"	1.5	10.29	25.72	63.99	CL-ML
M-2	C-2	12° 3'10.06"	75°11'15.03"	1.5	10.40	26.16	63.44	CL-ML
M-3	C-3	12° 3'5.62"	75°11'16.82"	1.5	10.33	24.45	65.22	CL-ML

Fuente: Elaboración Propia.

En la Tabla 14, se aprecia la clasificación del suelo, de las muestras extraídas del Jirón los Álamos, Huancayo. Se pudo obtener en la calicata C-1 según su clasificación obtuvo un tipo de suelo CL-ML arcilla limosa arenosa, debido a que tiene porcentajes de grava de 10.29% y arena de 25.72% y porcentaje de finos 63.99%, por otro lado, en la calicata C-2, según su clasificación obtuvo un tipo de suelo CL-ML arcilla limosa arenosa, debido a que tiene porcentajes de grava de 10.40% y arena de 26.16% y porcentaje de finos 63.44% y en la calicata C-3 según su clasificación obtuvo un tipo de suelo CL-ML arcilla limosa arenosa, debido a que tiene porcentajes de grava de 10.33% y arena de 24.45% y porcentaje de finos 65.22%, de tal forma que, se seleccionó la calicata C-1 ya que presenta un diferencia entre el % de grava, finos y arena, además de ello, en la observación realizada en campo presenta suelos arcillosos, y se efectuó el ensayos de Proctor modificado, CBR y PH.

4.7.2.2. Evaluación de límites de Atterberg (Propiedades Físicas)

Basándose en las indicaciones del Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos (EG,2014), se evalúa el LL del MTC.E.110, LP y IP del

MTC.E.111, a continuación, se aprecia los resultados conseguidos de la muestra de control en la siguiente tabla 15.

Tabla 15. Contenido de humedad, LL, LP, IP

Ítem	N° calicata	Coordenadas		Contenido de humedad del suelo(W%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)
M-1	C-1	12° 3'13.91"	75°11'13.12"	7.31%	25.67	19.40	6.27
M-2	C-2	12° 3'10.06"	75°11'15.03"	7.28%	26.21	20.00	6.21
M-3	C-3	12° 3'5.62"	75°11'16.82"	7.19%	26.25	20.00	6.25

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 15, se verifica los resultados del contenido de humedad del suelo (W) de la muestra de control es de 7.31%, LL de la muestra natural es de 25.67%, LP de la muestra natural es de 19.4% y el IP de la muestra natural es igual a 6.27%.

4.7.2.3. Determinación de Proctor Modificado.

Basándose en las indicaciones del Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos (EG,2014), Proctor modificado MTC.E.115.

Tabla 16.MDS del suelo natural y OCH.

Ítem	N° calicata	Coordenadas		MDS (g/cm3)	OCH (%)
M-1	C-1	12° 3'13.91"	75°11'13.12"	1.770	14.98
M-2	C-2	12° 3'10.06"	75°11'15.03"	1.930	13.42
M-3	C-3	12° 3'5.62"	75°11'16.82"	1.987	14.02

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 16, se verifica los resultados de la MDS del suelo natural de la C-1, cuyo valor es igual a 1.77 kg/cm² y el OCH es de 14.98%, C-2, cuyo valor es de 1.930 kg/cm² y el OCH es de 13.42% y C-3, cuyo valor es de 1.987 kg/cm² y el OCH es de 14.02%.

4.7.2.4. Evaluación de la resistencia del suelo natural.

Basándose en las indicaciones del Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos del 2014, MTC.E132 California Bearing Ratio.

Tabla 17. Valor de resistencia del suelo natural CBR 95% y 100% de la MDS.

Ítem	N° calicata	Coordenadas		CBR al 95% de máxima densidad seca	CBR al 100% de máxima densidad seca
M-1	C-1	12° 3'13.91"	75°11'13.12"	5.10	6.70
M-2	C-2	12° 3'10.06"	75°11'15.03"	5.25	6.31
M-3	C-3	12° 3'5.62"	75°11'16.82"	4.90	6.45

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 17, se observa los resultados de la C-1 con un CBR al 95% de MDS del suelo natural cuyo valor igual a 5.19% y CBR al 100% de MDS del suelo natural cuyo valor es de 6.70%, C-2 con un CBR al 95% de MDS del suelo natural cuyo valor es de 5.25% y CBR al 100% de MDS del suelo natural cuyo valor es de 6.31% y en la C-3 con un CBR al 95% de MDS del suelo natural cuyo valor 4.90% y CBR al 100% de MDS del suelo natural cuyo valor es de 6.45%, de tal forma, que según las especificaciones del Manual de Carreteras de MTC, Sección Suelos y Pavimentos (2014), debido a que el CBR al 95% de MDS se encuentra en la clasificación del tipo de subrasante insuficiente, por ello para mejorar el valor de la resistencia se empleó el polímero acrílico en el objetivo de lograr una mejora de las propiedades físicas y mecánicas cuyas pruebas se realizar con dosificaciones de 2%, 4% y 6% de polímeros.

4.7.2.5. Determinación del pH del suelo.

Tabla 18. Valor de resistencia del suelo natural.

Tipo de muestra	Lectura 1	Lectura 2	PH
Suelo Natural	7.50	7.80	7.65

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 18. Detalla el pH del suelo de la muestra natural y la muestra del polímero acrílico, lo cual al experimentar el pH el suelo natural obtuvo 6.65 de acidez y en el caso del polímero en acrílico se obtuvo como grado de acidez 9.11

4.7.3. Técnicas y Análisis de datos.

Los procedimientos conciernen al estudio uni-variado, utilizando la desviación estándar, rango y promedio por cada dimensión planteadas en base a los objetivos específicos (propiedades físicas, MDS, resistencia y pH) para la

evaluación el comportamiento de los suelos arcillosos con incorporación de polímero acrílico se siguió lo determinado por la estadística descriptiva, por ello, los resultados de los supuestos y las pruebas de hipótesis, efectuaron a través del programa estadístico SPSS v.29.0.0; posteriormente, se procedió al análisis bivariado.

4.8. Aspectos éticos de la investigación.

Álvarez (2018) precisa que radica en recoger y hacer uso racional de la información procesada, bajo componentes de la ética investigativa. Contemplándose aspectos éticos como los siguientes:

- Se Mantendrá una investigación basada con respeto sin alterar la veracidad de los resultados.
- Se Trabajará conforme a las normativas vigentes.
- Se brindará resultados veraces y respetar los resultados tal y como fueron obtenidos al momento de utilizar los instrumentos aplicados.
- Se cuidará por los derechos del autor citando la bibliografía utilizada para esta investigación

CAPÍTULO V

RESULTADOS

5.1. Descripción de los resultados.

5.1.1. Determinar la variación de las propiedades físicas en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín

- **Limite Líquido.**

Tabla 19. Resultados de los ensayos - Limite Liquido (LL).

Calicata	Tipo de muestra	Limite Liquido (%)	% de variación
C-1	Muestra control	25.67	0.00%
C-1	Suelos + 2% Polímero Acrílico	24.10	-6.12%
C-1	Suelos + 4% Polímero Acrílico	22.12	-13.83%
C-1	Suelos + 6% Polímero Acrílico	22.17	-13.63%

Fuente: Elaboración Propia.

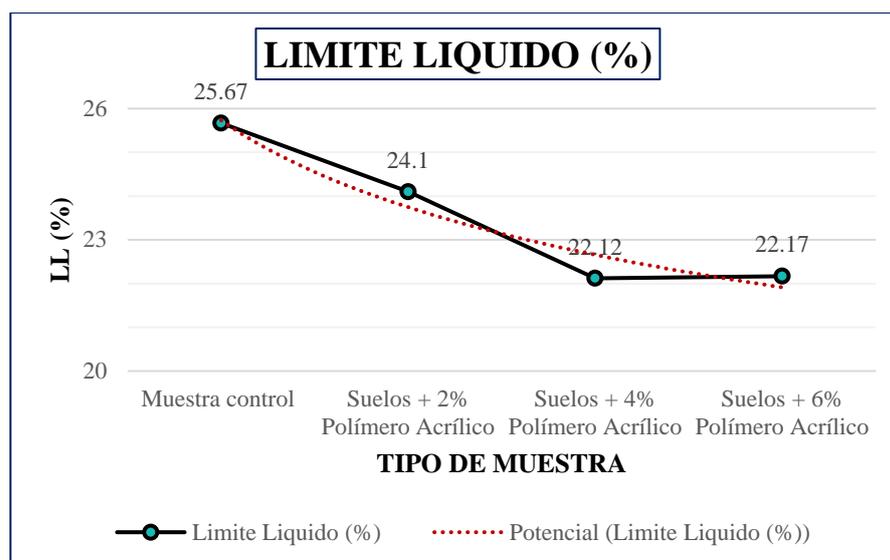


Figura 13. Análisis de variación de LL de la muestra de control y adición de 2%, 4% y 6% de polímero acrílico.

Fuente: El autor.

En la tabla 19 y en la figura 13, se muestra los resultados del LL de la muestra de control de 25.67%, al adicionar 2% de polímero acrílico disminuyo con un porcentaje de variación de -6.12% cuyo valor es 24.1%, al adicionar 4% de polímero acrílico disminuyó con un porcentaje de variación de -13.83% cuyo valor es de 22.12% y con la adición de 6% de polímero acrílico disminuyó con un porcentaje de variación de -13.63% obteniendo un valor de 22.17%.

Por consiguiente, según el análisis de los resultados se deduce que al adicionar 2% y 4% de polímero acrílico el LL del suelo arcilloso merma con mayor significancia, cuya línea de tendencia indica la reducción del LL del suelo es de manera descendente en relación a los porcentajes de adición de polímeros acrílicos. Por lo que considera que la adición de 6% disminuye el LL con respecto 4% de adición de polímero acrílico.

- **Limite Plástico.**

Tabla 20. Resultados de los ensayos - LP.

Calicata	Tipo de muestra	Limite Plástico (%)	% de variación
C-1	Muestra control	19.4	0.00%
C-1	Suelos + 2% Polímero Acrílico	18.37	-51.31%
C-1	Suelos + 4% Polímero Acrílico	16.52	-14.85%
C-1	Suelos + 6% Polímero Acrílico	17.77	-8.40%

Fuente: Elaboración Propia.

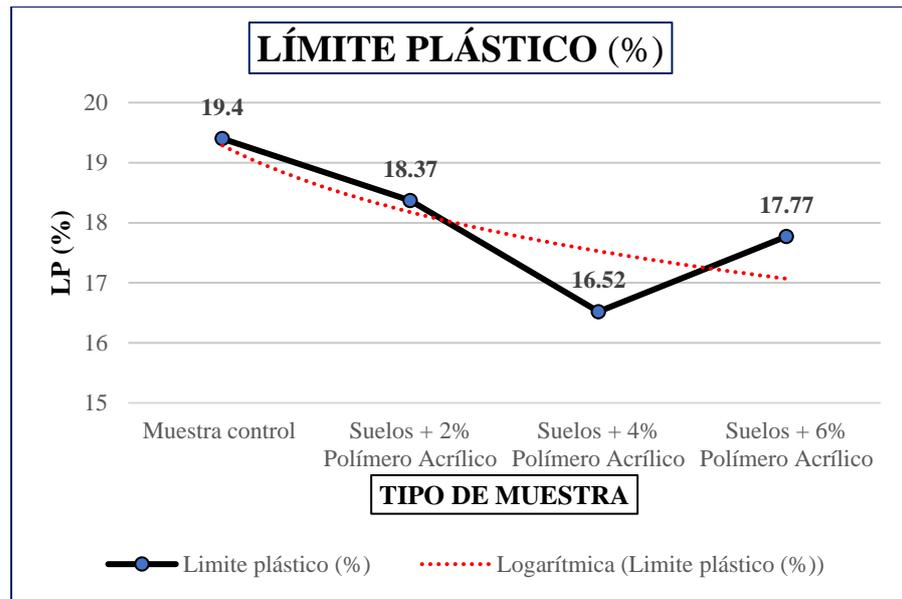


Figura 14. Variación LP de la MC y adición de 2%, 4% y 6% de polímero acrílico.

Fuente: El autor

En la tabla 20 y en la figura 14, se muestra los resultados del LP de la muestra control, por lo que dio como resultado 19.4%, mientras que con la adición de 2% de polímero acrílico disminuyó hasta 18.37% con un % de variación de -51.31%, al adicionar 4% de polímero acrílico disminuyó hasta 16.52% con un % de variación de -14.85% y al adicionar el 6% de polímero acrílico disminuyó hasta 17.77% con un porcentaje de variación de -8.40%.

Por consiguiente, según el análisis de los resultados se muestra que, al adicionar 2% y 4% de polímero acrílico, mayor es la reducción de limite plástico del suelo según indica la línea de tendencia que la variación es de forma descendente.

- **Índice de Plasticidad.**

Tabla 21. Resultados de los ensayos - Índice de Plasticidad.

Calicata	Tipo de muestra	Índice de Plasticidad (%)	% de variación
C-1	Muestra control	6.27	0.00%
C-1	Suelos + 2% Polímero Acrílico	5.73	-8.61%
C-1	Suelos + 4% Polímero Acrílico	5.60	-5.26%
C-1	Suelos + 6% Polímero Acrílico	5.40	-13.88%

Fuente: Elaboración Propia.

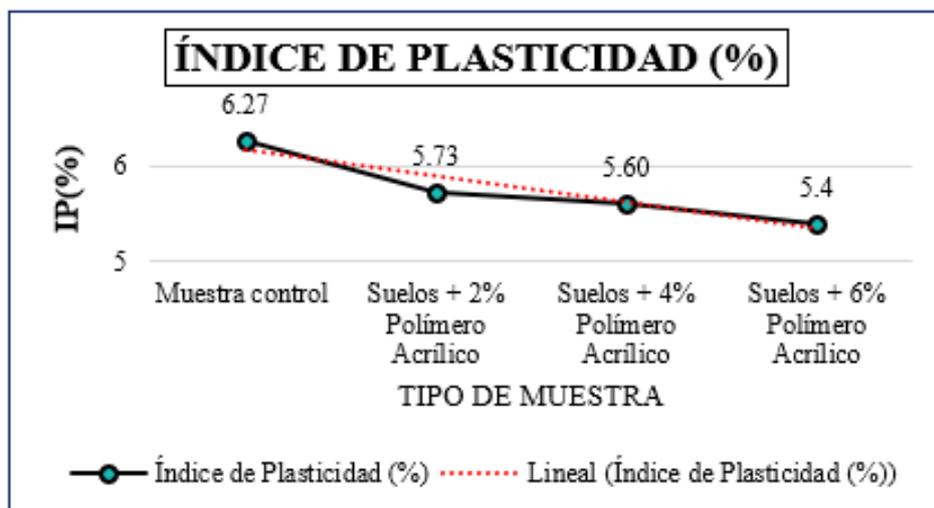


Figura 15. Variación de IP de MC y adición de 2%, 4% y 6% de polímero acrílico.
Fuente: El autor

En la Tabla 21 y Figura 15, se muestra los resultados obtenidos del índice de plasticidad (IP) de la muestra de control (suelo natural) por lo que nos dio como resultado 6.27%, mientras que con la adición de 2% de polímero acrílico disminuyó hasta 5.73% con un % de variación de -8.61%, con la adición de 4% de polímero acrílico disminuyó hasta 5.60% con un % de variación de -5.26%, con la adición de 6% de polímero acrílico disminuyó hasta 5,40% con un % de variación de -13.88%.

Finalmente, según el análisis de los resultados se puede deducir que al adicionar 2%, 4% y 6% de polímero acrílico tiene una variación descendente, mejorando las propiedades físicas, a mayor adición de polímero acrílico es menor la plasticidad del suelo arcilloso en el Jirón Los Álamos, por ello, según el MTC, 2014, se indica que el índice plástico se encuentra por debajo del 12%, por ello se afirma que el polímero acrílico es idóneo para reducir la plasticidad de los suelos arcillosos.

5.1.2. Estimar el porcentaje que cambia la densidad seca en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

- **Máxima densidad seca**

Tabla 22. Resultados de ensayos, Proctor Modificado- Máxima densidad Seca.

Calicata	Tipo de muestra	Máxima densidad seca (g/cm ³)	% de variación (MDS)
C-1	Muestra control	1.773	0.00%

C-1	Suelos + 2% Polímero Acrílico	2.045	15.34%
C-1	Suelos + 4% Polímero Acrílico	2.066	16.53%
C-1	Suelos + 6% Polímero Acrílico	2.076	17.09%

Fuente: Elaboración Propia.

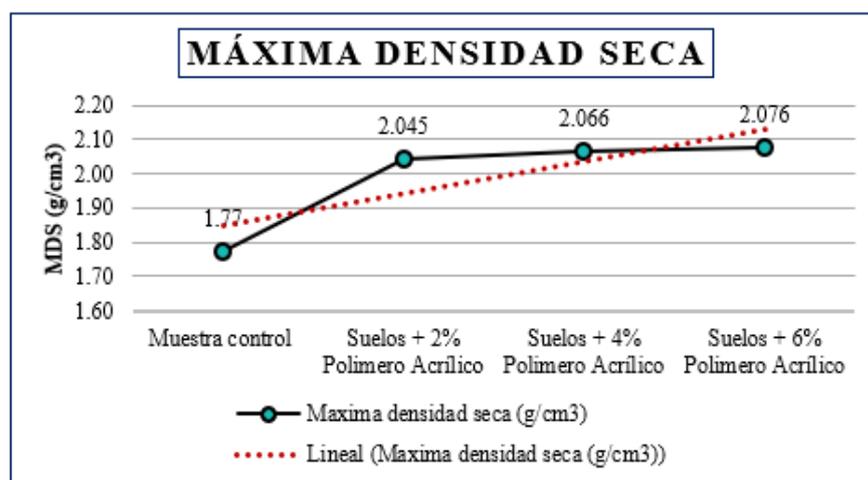


Figura 16. Proctor modificado, MDS en la muestra de control y adición de 2%, 4% y 6% de polímero acrílico.

Fuente: El autor

En la Tabla 22 y Figura 16, muestra la MDS de la muestra de control por lo que nos dio como resultado de 1.773 g/cm³, mientras que con la adición de 2% de polímero acrílico asciende hasta 2.045 g/cm³ con un porcentaje de variación 16.53%, con la adición de 4% de polímero acrílico asciende hasta 2.066 g/cm³ con un porcentaje de variación 17.09%, con la adición de 6% de polímero acrílico asciende hasta 2.076 g/cm³ con un porcentaje de variación 16.53%.

- **Óptimo Contenido de Humedad.**

Tabla 23. Resultado de ensayo de OCH.

Calicata	Tipo de muestra	Óptimo contenido de humedad	% de variación (OCH)
C-1	Muestra control	14.98	0.00%
C-1	Suelos + 2% Polímero Acrílico	11.57	-22.76%
C-1	Suelos + 4% Polímero Acrílico	10.61	-29.17%
C-1	Suelos + 6% Polímero Acrílico	10.24	-31.64%

Fuente: Elaboración Propia.

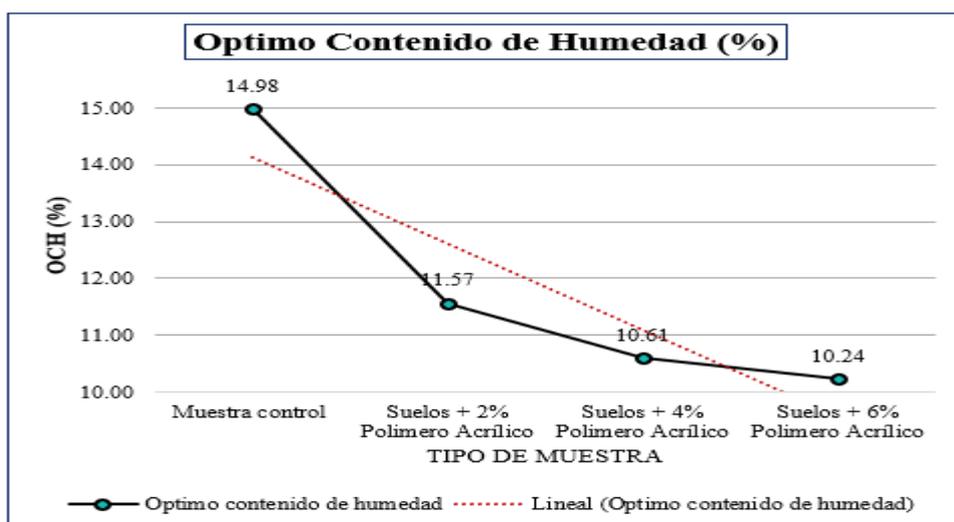


Figura 17. Análisis de variación de Proctor modificado, optimo contenido de humedad en la muestra de control y adición de 2%, 4% y 6% de polímero acrílico.
Fuente: El autor.

En la Tabla 23 y Figura 17, muestra resultados de OCH dio como resultado de 14.98%, mientras que con la adición de 2% de polímero acrílico desciende hasta 11.57% con un porcentaje de variación -22.76%, con la adición de 4% de polímero acrílico asciende hasta 10.61 con un porcentaje de variación -29.17%, con la adición de 6% de polímero acrílico asciende hasta 10.24% con un porcentaje de variación 31.64%.

Finalmente, según el análisis los resultados se logran afirmar que al adicionar 2%, 4% y 6 % de polímero acrílico, mayor es la densidad seca, mejorando las propiedades físicas, es decir que a mayor adición de polímero acrílico reduce significativamente el OCH e incrementa la densidad seca logrando una buena compactación en el suelo arcilloso en la subrasante.

5.1.3. Evaluar la variación de la resistencia en el análisis con polímeros acrílicos

- **Capacidad portante C.B.R. al 95% y 100% de MDS.**

En la evaluación de la resistencia del suelo arcilloso, se realizó el ensayo de CBR al 95% y 100% MDS, este método de ensayo evaluó la resistencia de la subrasante para la estabilización del suelo de tipo arcilloso en el Jirón los Álamos, Huancayo.

Tabla 24. Resultado de C.B.R.

Calicata	Tipo de muestra	CBR al 95% de máxima densidad seca	CBR	% de variación 95% MDS	% de variación 100% MDS

		al 100% de máxima densidad seca			
C1	Muestra control	5.10	6.70	0.00%	0.00%
C1	Suelos + 2% Polímero Acrílico	17.00	23.80	233.33%	255.22%
C1	Suelos + 4% Polímero Acrílico	22.70	29.80	345.10%	344.78%
C1	Suelos + 6% Polímero Acrílico	28.60	38.00	460.78%	467.16%

Fuente: Elaboración Propia.

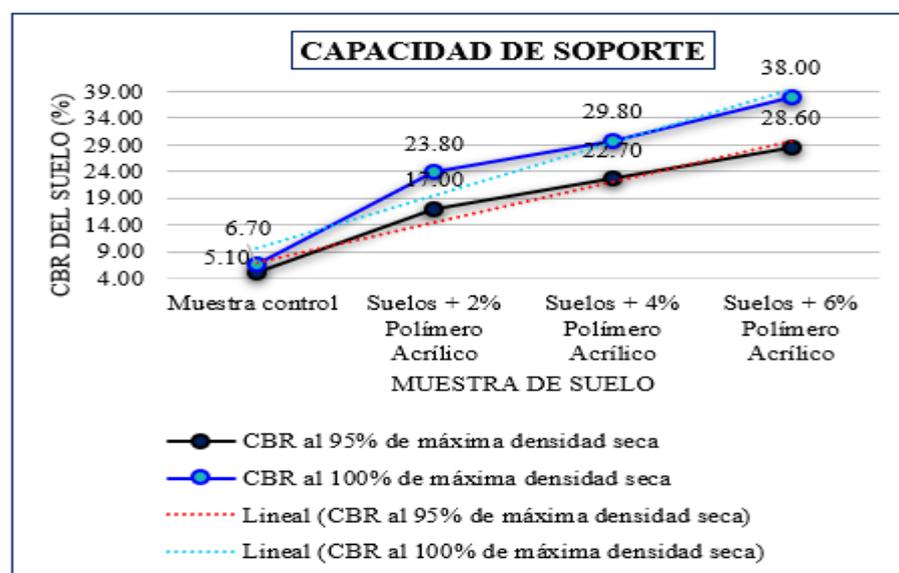


Figura 18. Análisis de variación de Soporte de California (C.B.R.) al 95% y 100% de Máxima Densidad Seca en la muestra de control y con la adición de 2%, 4% y 6% de polímero acrílico.

Fuente: El autor

En la Tabla 24 y en la Figura 18, se visualiza el CBR al 95% de MDS, por ello, la muestra de control nos dio como resultado un valor de 5.10%, mientras que con la adición de 2% de polímero acrílico se incrementó significativamente la resistencia del suelo hasta 17.00% con un porcentaje de variación 233.33% al resultado de la espécimen control, al incorporar 4% de polímero acrílico se incrementó significativamente la resistencia de suelo hasta 22.70% con un porcentaje de variación 345.10% al resultado de la muestra control y con adición de 6% de polímero acrílico se incrementó significativamente la resistencia hasta 28.60% con un porcentaje de variación 460.78% al resultado de la muestra de control.

Por otro lado en la Tabla 22 y Figura 19, se visualiza los resultados del CBR al 100% de MDS, por ello, en muestra de control nos dio como resultado de 6.70%,

mientras que con la adición de 2% de polímero acrílico se incrementó significativamente la resistencia hasta 23.80% con un porcentaje de variación 255.22% al resultado de la muestra control, con adición de 4% de polímero acrílico, incrementó de manera significativa la resistencia de suelo hasta 29.80% con un porcentaje de variación 344.78% al resultado de la muestra control y la adición de 6% de polímero acrílico se incrementó notablemente la resistencia hasta 38% con un porcentaje de variación 467.16% al resultado de la muestra de control.

Por consiguiente, después del análisis de los resultados del CBR (resistencia californiana rating), se afirma que la adición de 2% de polímero acrílico se obtuvo un valor de soporte mayor al 6% tal como lo estipula la MTC EG, 2014 “cuya mención indica que los materiales idóneos para una capa de la sub-rasante con $CBR > 6\%$, si es menor al 6% de debe hacer una estabilización de suelos”.

Finalmente, al estabilizar con polímeros acrílicos de 2% se obtuvo una mejora en la subrasante de insuficiente hasta una subrasante buena, mientras que con 4% y 6% de polímero acrílico se obtuvo una mejora hasta una subrasante muy buena.

5.1.4. Determinar la variación del PH en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

Tabla 25. Resultado de ensayo pH del suelo

Calicata	Tipo de muestra	Lectura 1	Lectura 2	PH	% de variación
C-1	Suelo Natural	7.50	7.80	7.65	0.00%
C-1	Suelos + 2% Polímero Acrílico	8.50	8.51	8.51	5%
C-1	Suelos + 4% Polímero Acrílico	8.53	8.52	8.53	11%
C-1	Suelos + 6% Polímero Acrílico	8.61	8.64	8.63	13%

Fuente: Autor.

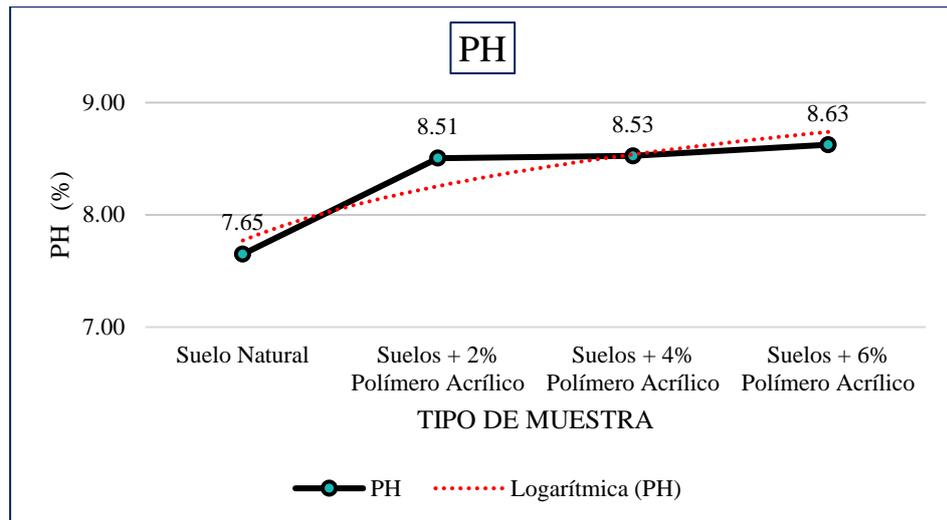


Figura 19. Análisis de variación de PH en la muestra de control y en la adición de 2%, 4% y 6% de polímero acrílico.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 25 y en la figura 19, se muestra el PH, en la muestra de control, se obtuvo un grado de acidez de 7.65, mientras que con adición de 2% de polímero acrílico obtuvo el grado de acidez hasta 8.51 con una variación de 5%, que con adición de 4% de polímero acrílico obtuvo el grado de acidez hasta 8.53 con una variación de 11% y con adición de 6% de polímero acrílico obtuvo el grado de acidez hasta 8.63 con una variación de 13% con respecto a la muestra control.

Finalmente se afirma que el polímero acrílico incrementa el PH del suelo de ligeramente alcalino hasta fuertemente alcalino en relación a la cantidad de polímeros representado en porcentajes.

5.1.5. Determinar el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización

El efecto que produce los polímeros acrílicos en la estabilización de la sub-rasante se determinó en relación a los ensayos obtenidos del Límites de consistencia, Proctor modificado, capacidad de soporte C.B.R y PH del suelo.

Tabla 26. Resultados variación de propiedades del suelo con adición de polímeros acrílicos.

Ensayos	Descripción	Muestra de Control	Suelos + 2% Polímero Acrílico	Suelos + 4% Polímero Acrílico	Suelos + 6% Polímero Acrílico
Límites de Consistencia	LL	25.67	24.1	16.52	17.77
	LP	19.4	18.37	16.52	17.77
	IP	6.27	5.73	6.60	5.40
Proctor Modificado	MDS (g/cm ³)	1.77	2.05	2.07	2.08
	OCH (%)	14.98	11.57	10.61	10.24

Capacidad de Soporte (CBR)	MDS 100%	6.70	23.80	29.80	38.00
	MDS 95%	5.10	17.00	22.70	28.60
PH		7.65	8.51	8.53	8.63

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 26, se muestra los valores de la determinación del efecto que produce los polímeros acrílicos en los suelos arcillosos, se obtuvo una mejora en las propiedades físicas logrando así reducir el contenido de humedad de 25.67% hasta 17.77% y el LP de 19.4% hasta 17.17% y asimismo en el índice plástico logro reducir la plasticidad del suelos de 6.27% hasta 5.40%, mientras en la densidad seca se obtuvo una mejor de 1.77 g/cm³ hasta 2.08 g/cm³, es decir que a mayor adición de polímero acrílico reduce significativamente el OCH incrementa la densidad seca logrando una buena compactación en el suelo arcilloso en la subrasante, finalmente en el valor de soporte, según el MTC EG-2014, con polímeros acrílicos de 2% obtuvo una mejora en la subrasante de insuficiente hasta una subrasante buena, mientras que con 4% y 6% de polímero acrílico se obtuvo una mejora hasta una subrasante muy buena, por ello se afirma que el polímero acrílico es idóneo para mejorar y así lograr una solución, cuando hay presencia de suelos blandos al momento de ejecutar obras de infraestructuras viales.

5.2. Constatación de Hipótesis.

Los supuestos de normalidad se ensayan a través de la Prueba de Shapiro Wilk y Homogeneidad mediante la Prueba de Levene. Asimismo, en caso no cumpla el supuesto de normalidad, se usará la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

Consideraciones:

- Se efectuaron por cada objetivo de forma independiente las pruebas de hipótesis.
- En todas las pruebas se asumió un valor de 0.05(5%) de significancia y se acepta la hipótesis nula si el valor de la prueba realizada es mayor al valor de significancia asumido de 5%.
- Se realizó las pruebas de normalidad basándose en ellos, se definió si será una prueba paramétrica o no paramétrica, si cumple el supuesto de normalidad se aplicó la prueba del ANOVA de un factor.

5.2.1. Hipótesis específico 1

Hipótesis nula (Ho): El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos no varía positivamente en las propiedades físicas en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

$$\mu Pf1 = \mu Pf2 = \mu Pf3 = \mu Pf \text{ control}$$

Hipótesis alterna (Ha): El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varía positivamente en las propiedades físicas en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

$$\mu Pf1 = \mu Pf2 = \mu Pf3 = \mu Pf \text{ control}$$

Existe al menos uni/ $\mu Pf_i \neq \mu Pf \text{ control}$

Donde μPf , media de propiedades físicas

Prueba de normalidad para datos de las propiedades físicas del suelo.

Prueba de supuesto de Normalidad para el índice de plasticidad:

Ho: Los datos provenientes son de una distribución normal.

Ha: Los datos no son provenientes de una distribución normal.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Limite liquido	,306	12	,003	,777	12	,005
Limite plastico	,164	12	,200 [*]	,880	12	,088
Indice plastico	,275	12	,013	,812	12	,013

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 20. Pruebas de normalidad para datos de las propiedades físicas del suelo arcilloso.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 20, se muestra los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, se muestra que los datos no provienen de una distribución normal, porque el nivel de significancia de las propiedades físicas es 0.005, 0.088 y 0.013. Por lo tanto, al no cumplirse se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskall Wallis.

Prueba de hipótesis no paramétrico de Kruskall Wallis:

Ho = Hipótesis nula.

Ha = Hipótesis alterna.

- Si la probabilidad lograda P-Valor $< \alpha$ (0.05) se rechaza Ho se acepta la Ha
- Si la probabilidad lograda P-Valor $> \alpha$ (0.05) se acepta la Ho se rechaza la Ha

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Limite liquido es la misma entre categorías de % de polímero acrílico.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.016	Rechace la hipótesis nula.
2	La distribución de Limite plastico es la misma entre categorías de % de polímero acrílico.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.016	Rechace la hipótesis nula.
3	La distribución de Indice plastico es la misma entre categorías de % de polímero acrílico.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.016	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

Figura 21. Resumen de la prueba de hipótesis de las propiedades físicas del suelo arcilloso.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 21, se aprecia los resultados de la prueba mostrando un nivel de significancia del 0.05, por el cual, existen evidencias y se acepta la hipótesis del investigador, ya que el valor de las propiedades físicas del suelo arcilloso es $0.016 < 0.05$, al rechazar la Ho y al aceptar la Ha, **se concluye:** Que el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varía positivamente en las propiedades físicas en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

5.2.2. Hipótesis específico 2

Planteamiento:

Hipótesis nula (Ho): El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos no varía positivamente en la densidad seca en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

$$\mu\text{MDS1} = \mu\text{MDS2} = \mu\text{MDS3} = \mu\text{MSD control}$$

Hipótesis alterna (Ha): El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varía positivamente en la densidad seca en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

$$\mu\text{MDS1} = \mu\text{MDS2} = \mu\text{MDS3} = \mu\text{MSD control}$$

Existe al menos uni/ $\mu\text{MDS}_i \neq \mu\text{Pf control}$

Donde μMDS , media de la máxima densidad seca

Prueba de normalidad para datos de las propiedades físicas del suelo

Prueba de supuesto de Normalidad para el índice de plasticidad:

Ho: Datos provienen de una distribución normal.

Ha: Datos no son provenientes de una distribución normal.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Maxima densidad seca	.408	12	<.001	.625	12	<.001

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 22. Pruebas de normalidad para datos de la densidad seca del suelo arcilloso.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 22, se muestran los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, se muestra que los datos no provienen de una distribución normal, porque el nivel de significancia de la máxima densidad seca es 0.001. Por lo tanto, al no cumplirse se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

Prueba de hipótesis no paramétrico de Kruskal Wallis:

Ho = Hipótesis nula.

Ha =Hipótesis alterna.

- Si la probabilidad lograda P-Valor $< \alpha$ (0.05) se rechaza Ho se acepta la Ha
- Si la probabilidad lograda P-Valor $> \alpha$ (0.05) se acepta la Ho se rechaza la Ha

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Maxima densidad seca es la misma entre categorías de % de polímero acrílico.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.016	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

Figura 23. Resumen de la prueba de hipótesis de la densidad seca del suelo arcilloso.
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 23, los resultados de la prueba muestran un nivel de significancia de 0.05, por el cual, existen evidencias y se acepta la hipótesis del investigador, ya que el valor de la densidad seca del suelo arcilloso es $0.016 < 0.05$, al rechazar la Ho y al aceptar la Ha, **se concluye:** Que el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-

rasante en suelos arcillosos varia positivamente en la densidad seca en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

5.2.3. Hipótesis específico 3

Planteamiento:

Hipótesis nula (Ho): El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos no varía positivamente en la resistencia en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

$$\mu\text{CBR1} = \mu\text{CBR2} = \mu\text{CBR3} = \mu\text{CBR control}$$

Hipótesis alterna (Ha): El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varia positivamente en la resistencia en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

$$\mu\text{CBR1} = \mu\text{CBR} = \mu\text{CBR3} = \mu\text{CBR control}$$

Existe al menos uni/ $\mu\text{CBR}_i \neq \mu\text{CBR control}$

Donde μCBR , media de la resistencia del suelo arcilloso

Prueba de normalidad para datos de la residencia del suelo

Prueba de supuesto de Normalidad para la resistencia del suelo:

Ho: Datos provienen de una distribución normal.

Ha: Datos no son provenientes de una distribución normal.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR al 95% Máxima densidad seca	.190	12	.200*	.855	12	.042
CBR al 100% Máxima densidad seca	.224	12	.098	.845	12	.032

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 24. Pruebas de normalidad para datos de la resistencia del suelo arcilloso

Fuente: Elaboración propia.

$$\text{En } \mu\text{CBR1} = \mu\text{CBR2} = \mu\text{CBR3} = \mu\text{CBR control}$$

En la figura 24, se puede apreciar los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, se muestran que los datos no provienen de una distribución normal, porque el nivel de significancia de la resistencia del suelo es 0.042 y 0.032. Por lo tanto, al no cumplirse el supuesto de normalidad se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

Prueba de hipótesis no paramétrico de Kruskal Wallis:

Ho = Hipótesis nula.

Ha =Hipótesis alterna.

- Si la probabilidad lograda P-Valor < α (0.05) se rechaza Ho se acepta la Ha
- Si la probabilidad lograda P-Valor > α (0.05) se acepta la Ho se rechaza la Ha

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig. ^{a,b}	Decisión
1	La distribución de Maxima densidad seca 95% es la misma entre categorías de % de polímero acrílico.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.016	Rechace la hipótesis nula.
2	La distribución de Maxima densidad seca 100% es la misma entre categorías de % de polímero acrílico.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.016	Rechace la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de .050.
b. Se muestra la significancia asintótica.

Figura 25. Resumen de la prueba de hipótesis de la resistencia del suelo arcilloso.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 25, se muestran los resultados de la prueba con un nivel de significancia del 0.05, por el cual, existen evidencias y se aceptar la hipótesis del investigador, ya que el valor de la resistencia del suelo arcilloso es $0.016 < 0.05$, al rechazar la Ho y al aceptar la Ha, **se concluye:** Que el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varia positivamente en la resistencia en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

5.2.4. Hipótesis específico 4

Planteamiento:

Hipótesis nula (Ho): El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos no varía positivamente en el PH en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

$$\mu_{PH1} = \mu_{PH2} = \mu_{PH3} = \mu_{PH \text{ control}}$$

Hipótesis alterna (Ha): El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varia positivamente en el PH en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

$$\mu_1 = \mu_{PH} = \mu_{PH} = \mu_{PH \text{ control}}$$

Existe al menos uno/ $\mu_{PHi} \neq \mu_{PH \text{ control}}$

Donde μ_{PH} , media del PH del suelo arcilloso

Prueba de normalidad para datos del PH del suelo

Prueba de supuesto de Normalidad para el PH del suelo arcilloso:

Ho: Datos provienen de una distribución normal.

Ha: Datos no son provenientes de una distribución normal.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PH	.415	12	<.001	.644	12	<.001

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 26. Pruebas de normalidad para datos del PH del suelo arcilloso

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 26, se muestra el resultado de la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, de muestra que los datos no provienen de una distribución normal, porque el nivel de significancia de la máxima densidad seca es 0.001. Por lo tanto, al no cumplirse el supuesto de normalidad se aplica la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

Prueba de hipótesis no paramétrico de Kruskal Wallis:

Ho = Hipótesis nula.

Ha =Hipótesis alterna.

- Si la probabilidad lograda P-Valor < α (0.05) se rechaza Ho se acepta la Ha
- Si la probabilidad lograda P-Valor > α (0.05) se acepta la Ho se rechaza la Ha

Resumen de contrastes de hipótesis			
	Hipótesis nula	Prueba	Sig. ^{a,b}
1	La distribución de PH es la misma entre categorías de % de polímero acrílico.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	.017
Rechaza la hipótesis nula.			

a. El nivel de significación es de .050.
b. Se muestra la significancia asintótica.

Figura 27. Resumen de la prueba de hipótesis del PH del suelo arcilloso.

Fuente: Elaboración propia.

En la figura 27, los resultados de la prueba muestran un nivel de significancia del 0.05, por el cual, existe evidencia y se acepta la hipótesis del investigador, ya que el valor del PH del suelo arcilloso es $0.017 < 0.05$, al rechazar la H_0 y al aceptar la H_a , **se concluye:** Que el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varia positivamente en el PH en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

5.2.5. Hipótesis General

Planteamiento:

Hipótesis nula (H_0): El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos no varía positivamente en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

Hipótesis alterna (H_a): El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varia positivamente en la resistencia en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Limite liquido	.306	12	.003	.777	12	.005
Limite plastico	.164	12	.200*	.880	12	.088
Indice plastico	.275	12	.013	.812	12	.013
Maxima densidad seca	.408	12	<.001	.625	12	<.001
CBR al 95% Máxima densidad seca	.190	12	.200*	.855	12	.042
CBR al 100% Máxima densidad seca	.224	12	.098	.845	12	.032
PH	.415	12	<.001	.644	12	<.001

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 28. Pruebas de normalidad, polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos

En la figura 28, se aprecia los resultados de la prueba de normalidad, que todos los datos obtenidos relacionan a las dimensiones son menores al 0.05, por ello se concluyó que, el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varia positivamente en la resistencia en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Discusión con los antecedentes.

Con respecto al **Objetivo General**:

Al determinar el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín, se adquirió como resultados la mejora de las propiedades físicas, reduciendo el w (%) de 25.67% hasta 17.77%, el LP de 19.4% hasta 17.17%, y el IP logro reducir la plasticidad del suelo de 6.27% hasta 5.40%, asimismo, la densidad seca logro una mejora de 1.77g/cm^3 hasta 2.066g/cm^3 . En contraposición a otras investigaciones Nesterenk (2018), en la investigación titulada: “Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú”, obtuvo como resultado un incremento en el CBR con adición del PAM, las muestras ensayadas con respecto a las muestras patrón, muestran un aumento de 70% en promedio al 95 % MDS, por otro lado, se incrementó de 58% en promedio al 100% MDS”. Para Calle y otros (2018), en la investigación titulada: “Estabilización con polímero acrílico de la subrasante puente de Añashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional”, obtuvo como resultado, la compresión es igual a 4.95 kg/cm^2 a los 7 días de secado del suelo natural, y no tiende a seguir progresando, en el suelo estabilizado el contenido óptimo con polímero es igual a 13.54 kg/cm^2 y de 20.65 kg/cm^2 a los 28 días,

aumentando 52.5% en 21 días, CBR de la subrasante natural es 55% y aumento el contenido óptimo de polímero a 86%.

En relación con el **objetivo específico 1**, al determinar la variación de las propiedades físicas en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín, con adición de 2%, con el valor de 24.1%, con adición de 4%, con el valor de 22.12% y con adición de 6%, con el valor de 22.17%, y la muestra de control obtuvo un valor de 25.67% ; Límite plástico con adición de 2%, con un valor de 18.37%, con adición de 4%, con un valor de 16.52% y con adición de 6%, con un valor de 17.77%, de tal forma que, la muestra de control obtuvo con un valor de 19.4 %; y el IP con adición de 2%, con un valor de 5.73%, con adición de 4%, con un valor de 5.60% y con adición de 6%, valor de 5.40%, con relación a la muestra de control se obtuvo un valor de 19.4 %, en contraposición según (Bravo, y otros, 2019) en su tesis de investigación “Métodos para controlar el potencial expansivo en suelos arcillosos de la ciudad de Cuenca”, indica que , el suelo tiene un potencial expansivo alto para límites de Atterberg igual a 86.41% de LL y un 52.27% de IP.

En relación al **objetivo específico 2**, al estimar el porcentaje que cambia la densidad seca en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín, se obtuvo que el valor de 2.045 g/cm³ con la proporción de 2%, con 2.066 g/cm³, con la proporción de 4%, con 2.076 con la proporción de 6%, respecto a la muestra de control con 1.773 g/cm³ con respecto al , al adicionar 2%, 4% y 6 % de polímero acrílico, a mayor adición de polímero acrílico reduce el OCH e incrementa la densidad, por ello, en contraposición a otros estudios para la “Estabilización de Suelos Arcillosos con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio”, Olivero y otros (2019), sostiene que MDS tiene un valor de 1736 kg/m³ hasta 1898 kg/m³ con un porcentaje de variación de 9.33% con respecto a la combinar el suelo control con el cloruro de sodio. Por otro lado, López y otros (2018), en sus tesis de investigación: “Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante” determino, La densidad seca máxima es 2,15 gr/cm³ y el contenido de humedad óptimo es 8,00%, mientras que la densidad seca máxima para la muestra 02 es 1,95 gr/cm³ y el contenido de humedad óptimo es 8,50%. Por otra parte, para Cuipal (2018), en su investigación con el título de “Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas” demostró que al adicionar 3%, 6% y

9% de polímero sintético, la MDS de suelo natural con respecto a los aditivos disminuya 0.01 g/cm³ a 0.04 g/cm³.

Referente al **objetivo específico 3**, al Evaluar la variación de la resistencia en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín, los resultados mostraron que el valor de CBR después de agregar polímero acrílico aumentó la capacidad de carga del suelo (CBR) en un 233,33% al 2%; 345.10% al 4% y 460,78% al 6%; respecto a la muestra natural, en otros estudios en contraposición indican un aumento del 70% respecto a la muestra patrón realizado al 95% de MDS para “el desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú”, según Nesterenko (2018), obtuvo incremento en la resistencia hasta el 58% en promedio al 100% de la MDS, de la misma forma el autor Calle y otros (2018), en su tesis titulado: “Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añashuayco” obtuvo un incremento en la resistencia de la subrasante hasta un 55% y 85% al 95% de MDS, por otro lado, Cuipal(2018) en su investigación “Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas”, en los resultados del CBR demuestra que al adicionar un 3% de polímero sintético aumentó la resistencia del 0,3% al 0,6% con respecto a la muestra de natural, por lo ello se pudo apreciar que el polímero sintético es el que incrementa en porcentajes altos la resistencia del suelo arcillo.

Referente al **objetivo específico 4**, al determinar la variación del PH en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín, se midió el valor de pH, la acidez fue de 8,51% en una proporción de 2%; 8,53 en una proporción de 4% y 8,63 en una proporción de 6%. Muestras de suelo natural con un valor de pH de 7,65. En contraposición a otras investigaciones López y otros (2018), en su investigación: “Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante”, el resultado es que se debe agregar un 3% de cal al suelo para ajustar el pH y, en segundo lugar, se debe agregar cal a un 5% para conseguir el objetivo. Concluyendo, que al añadir cal el PH se incrementa sobre 10.5% de grado de acides. Ramos y otros (2019), en su estudio de investigación titulada “Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos”, los resultados fueron un valor de pH de 5,51% para la muestra de suelo natural, 10%, 20% y 40% en relación con las cenizas volantes de carbón y valores de acidez de 6,29%, 6,27% y 6,26, en cambio para

pH de la cal se duplica con valore de 12.48% 12.41% y 11.44 con respecto al del suelo control, transformándolo en un suelo alcalino.

CONCLUSIÓN

En este estudio permitió determinar que la adición de más polímero acrílico reduce significativamente el contenido de humedad y aumenta la densidad seca, lográndose una buena compactación en arcillas de la subrasante, el CBR con polímeros acrílicos de 2% se obtuvo una mejora en la subrasante de insuficiente hasta una subrasante buena, mientras que con 4% y 6% de polímero acrílico se obtuvo una mejora hasta una subrasante muy buena, según el MTC EG-2014.

1. Se concluye que las propiedades físicas del suelo arcilloso en la muestra control obtiene un LL=25.67%, LP= 19.4% y IP=6.27%, con adición de 2% obtiene un LL=24.10 vario -6.12%, LP= 18.37% vario -51.31% y IP=5.73% vario a -8.61%, con adición de 4% un LL=22.12% vario a -13.83%, LP=16.52% vario a -14.85% y IP=5.60% vario a -5.26%, con adición de 6% un LL=22.17% vario a -13.63%, LP=17.77% vario a -8.4% y IP=5.40% vario a -13.88%, el polímero acrílico varia favorablemente reduciendo la plasticidad del suelo.
2. Se estimo el porcentaje de la densidad seca, la muestra control 1.773(g/cm³), con 2% de adición 2.045(g/cm³) una variación de 15.34%, con 4% de adición 2.066(g/cm³) variación de 16.53% y con 6% de adición 2.076(g/cm³) variación de 17.09%. El polímero acrílico reduce significativamente el OCH la muestra control 14.98% con adición de 2% OCH=11.57% con variación -22.76%, con adición de 4% OCH=10.61% con variación -29.17% y con adición de 6% OCH=10.24% con variación -31.64%, logrando una buena compactación en la subrasante conformado por suelos arcilloso.
3. Se evaluó la variación de la resistencia del suelo, se concluye que la muestra control CBR al 100% MDS= 6.70%, con adición de 2%= 23.80% variación 255.22% mejorando la subrasante de insuficiente hasta una subrasante buena, con 4% y 6% de adición de polímero acrílico 345.10%=344.78% y 457.16%=467.16% mejora favorablemente la resistencia hasta subrasante muy buena.
4. Se determino la variación del PH del suelo, se concluye suelo natural el PH=7.65 ligeramente alcalino, con adición de 2% PH= 8.51 variación de 5%, con adición de 4% PH= 8.53 variación de 11% y con adición de 6% PH= 8.63 variación de 13% resultando fuertemente alcalino.

RECOMENDACIONES.

1. Seguir investigando referente a las propiedades y beneficios de los polímeros acrílicos empleado para la estabilización de suelos conformado por arcillas para su aplicación en futuras investigaciones, ya que en esta investigación demuestra que el polímero acrílico mejora las propiedades físicas y mecánicas.
2. Para comprender mejor cómo se comportan las arcillas tratadas con polímeros acrílicos, mejorar los métodos de estudio e incorporar pruebas especializadas.
3. Es recomendable tener atención, que, al adicionar polímeros acrílicos a mayor porcentaje de adición se generó mayor expansión, por lo que es recomendable usar una dosificación entre 2% a 4%.
4. Dado que la evidencia se obtiene de pruebas de laboratorio según lineamientos regulatorios, los resultados de este estudio pueden servir como referencia para futuros estudios.
5. Es recomendable tomar en cuenta el PH del polímero en líquido, al mezclar con agua el suelo natural para obtener la humedad optima, ya que esta presenta variaciones en relación al PH de polímero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- AGEECOVIAS. 2022.** ECOVIAS PERÚ SAC. [Online] 2022. <https://ageecovias.net/home.html>.
- Bravo, P e Daza, P. 2019.** *Métodos para controlar el potencial expansivo en suelos arcillosos de la ciudad de Cuenca.* Cuenca, Universidad de Cuenca. Ecuador : s.n., 2019. Tesis de pregrado.
- Calle, S e Arce, M. 2018.** *Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Arequipa : s.n., 2018. Tesis de pregrado.
- Carrasco, S. 2005.** *Metodología de la investigación científica: pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación.* Lima : San Marcos, 2005. 9972-34-242-5.
- Carrero, E. 2018.** todosobretesis. *¿Qué técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizo? Investigación Cuantitativa y Cualitativa.* [Online] 12 de junio de 2018. <https://todosobretesis.com/tecnicas-e-instrumentos-de-recoleccion-de-datos/>.
- Celi, K. 2021.** *Estabilización de suelos granulares de subrasante con finos de tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP) y polietileno (PE).* Universidad Técnica de Ambato - UTA. Ambato-Ecuador : s.n., 2021. Tesis pregrado.
- Chávez, E. 2019.** *Comparación del cloruro de magnesio (BISCHOFITA) frente al cloruro de sodio como estabilizante químico para mejorar la subrasante en la vía a la cantera Santa Rita, distrito de Pariñastalara-Piura, 2018.* Escuela de Posgrado, Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo : s.n., 2019. Tesis de Posgrado.
- Cid, A, Mendez, R e Sandoval, F. 2011.** *Investigacion Fundamentos y metodologia.* Mexico : Mexicana, 2011.
- Conyers, M e Davey, B. 1988.** Observaciones sobre algunos métodos de rutina para la determinación del pH del suelo. *Ciencia del Suelo.* 1988, Vol. 145.
- Cuipal, B. 2018.** *Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético.* Univeridad Cesar vallejo. Lima- Perú : s.n., 2018. Tesis de pregrado.
- Curitomay, C. 2018.** *Estabilización de suelos arcillosos con polimeros de tipo copolimero,aplicando a obras viales de mediano transito en la carretera pucaloma.* s.l. : Universidad Nacional de Huamanga, 2018.
- Fernandez, V. 2020.** *Tipos de justificación en la investigación científca.* Universidad César Vallejo. 2020. 2602-8093.
- Hermida, E. 2011.** *Polímeros.* Buenos Aires : Colección Encuentro Inet, 2011.
- Junco, J. 2011.** *Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes de carreteras.* Cuba : s.n., 2011.

- Larrea, B e Rivas, J. 2019.** *Estabilización de Suelos Arcillosos con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio.* Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Guayaquil - Ecuador : s.n., 2019. Tesis de pregrado.
- Llano, E, Ríos, D e Restrepo, G. 2020.** *Evaluación de tecnologías para la estabilización de suelos viales empleando intemperismo acelerado. Una estrategia de análisis de impactos sobre la biodiversidad.* Colombia : Instituto Tecnológico Metropolitano, 2020.
- López, J e Ortiz, G. 2018.** *Tesis estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la Ciudad de Abancay.* Apurímac, Universidad Tecnológica de los Andes. Abancay : s.n., 2018. Tesis de pregrado.
- López, J. 2021.** *Estabilización de Suelos Arcillosos Aplicando Ceniza de Cáscara de Arroz Para El Mejoramiento de Subrasante, En La Localidad de Moyobamba – Departamento De San Martín.* Lima, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2021. Pregrado.
- López, T, y otros. 2010.** *Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas.* Mexico : Iberoamericana de Polímeros, 2010.
- Mamani, C. 2020.** *Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera Juliaca – Caminaca, 2019.* Universidad Peruana Unión. Juliaca : s.n., 2020. Tesis de pregrado.
- Mamani, E e Yataco, A. 2017.** *Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho.* Lima, Universidad San Martin de Porres. Perú : s.n., 2017. Pregrado.
- Martins, C, et al. 2012.** *Selección de Suelos y Métodos de Control en la Construcción con Tierra - Prácticas de Campo.* Mexico : s.n., 2012.
- Mayta, W. 2021.** *Estabilización de subrasantes blandas con insumos inorgánicos, avenida Integración Este - Torre Torre, Huancayo, Junín 2021.* Huancayo : Universidad continental, 2021.
- Méndez, J. 2018.** *Análisis de un producto a base de polímeros como estabilizador químico de suelos para la construcción de caminos no pavimentados.* Universidad de san carlos de Guatemala . Guatemala : s.n., 2018. Trabajo de investigación .
- Montejo, A. 2002.** *Ingeniería de pavimentos para carreteras.* Bogota : Stella Valbuena de Fierro, 2002. 958-96036-2-9.
- Mora, S e Tiusaba, J. 2020.** *Comportamiento de los polímeros como agente estabilizante en los suelos para la construcción de cimentaciones.* Universidad Catolica de Colombia. Bogotá : s.n., 2020. Tesis de pregrado.
- Muñoz, C. 2011.** *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis.* 2011. 978-607-32-0456-9.

- Nesterenko, D. 2018.** *Desempeño de Suelos Estabilizados con Polímeros en Perú.* Universidad de Piura. Lima : s.n., 2018. Tesis de maestría.
- Niño, V. 2011.** *Metodología de la investigación: Diseño y ejecución.* Bogotá : s.n., 2011. 978-958-8675-94-7.
- NTP.339.127. 2019.** *Norma Técnica Peruana.* Lima : s.n., 2019.
- Oseda, G. 2011.** *Metodología de investigación.* Lima : s.n., 2011.
- Osoria, S. 2017.** *Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación.* Piura : s.n., 2017.
- Osorio, N. 2012.** *pH DEL SUELO Y DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES.* Universidad Nacional de Colombia. Medellín : s.n., 2012.
- Palella, S e Martins, F. 2006.** *Metodología de la investigación cuantitativa.* Segunda. Caracas : FEDUPEL, 2006. 980-273-445-4.
- Quezada, O. 2017.** *Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación.* Piura : s.n., 2017.
- Ramos, J e Lozano, J. 2019.** *Estabilizacion de Suelos Mediante aditivos alternativos.* Universidad Católica de Colombia. Bogota : s.n., 2019. Tesis de pregrado.
- Rodríguez, A. 2005.** *La ingeniería de suelos en las vías terrestres: Carreteras, ferrocarriles y aeropistas.* Limusa : Rústica, 2005. 968-18-0054-0.
- Ruiz, C. 2002.** *Instrumentos de Investigación Educativa.* Venezuela: Fedupel. : s.n., 2002.
- Sánchez, H, Reyes, C e Mejía, K. 2018.** *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística.* Lima : s.n., 2018.
- Santiesteban, H. 2014.** *Metodología de la investigación científica.* Las Tunas : Académica Universitaria (Edacun), 2014. 978-959-7225-03-4.
- Streeter, V. 1988.** *Mecánica de los Fluidos.* Colombia : s.n., 1988.
- TERRA, EUROTAAFF. 2022.** Polímeros Estabilizadores del Suelo. [Online] 2022. <https://www.eurotaff.com/wp-content/uploads/2014/02/eurotaff-terra-ESPA%C3%91OL.pdf>.
- Valle, W. 2010.** *Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambiente sulfatados o yesíferos.* Universidad Politécnica de Madrid. Madrid : s.n., 2010. Posgrado.
- Yampara, R. 2020.** *Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera Juliaca – Caminaca, 2019.* Juliaca, Universidad Peruana Unión . Caminaca : s.n., 2020. Tesis de pregrado .

Yuni, J e Urbano, C. 2021. *Metodología y Técnicas para investigar: Recursos para la elaboración de Proyectos, análisis de Datos y Redacción Científica.* Córdoba : Editorial Brujas, 2021. 9798595351294.

Zapata, R. 2018. *Tipo de suelos: Características de suelos Arcillosos y Limosos.* Universidad Nacional de Rosario. 2018. Informe.

ANEXOS.

Anexo 1: Matriz de consistencia

"ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ÁLAMOS, HUANCAYO-JUNÍN"						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL:	OBJETIVO GENERAL:	HIPÓTESIS GENERAL:	VARIABLE INDEPENDIENTE:			MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Científico ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN: Cuantitativo TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada NIVEL: Explicativo DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Experimental. POBLACIÓN: Para esta investigación la población está compuesta por una población finita por tres calicatas que estarán ubicadas en una longitud de 300 ml, donde se determinó el número de calicatas según la EG-2014, la vía está ubicada en el Jr. Los Álamos, Torre Torre, provincia de Huancayo, región Junín. MUESTRA: Está basado en el muestreo no probabilístico por conveniencia, por lo que está conformado por tres calicatas identificados como calicata C-1, calicata C-2 y calicata C-3, Según el MTC EG-2014 (Sección suelos y pavimentos). INSTRUMENTOS <ul style="list-style-type: none"> • Formatos de los ensayos. • Ficha de recopilación de datos Técnicas de procesamiento de datos: <ul style="list-style-type: none"> • Análisis estadístico de resultados obtenidos en el laboratorio. • Ficha de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en los ensayos.
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín 	<ul style="list-style-type: none"> • El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varía positivamente en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín. 	Polímeros acrílicos	D1: Propiedades del Polímero acrílico D2: Proporción de polímero acrílico	I1: PH de polímero acrílico I2: Densidad relativa del polímero acrílico. I1: 2% de polímero acrílico I2: 4% de polímero acrílico I3: 6% de polímero acrílico	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS:	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS:	VARIABLE DEPENDIENTE:			
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuánto varía las propiedades físicas en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la variación de las propiedades físicas en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín 	<ul style="list-style-type: none"> • El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varía positivamente en las propiedades físicas en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín. 	Estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos.	D1: Propiedades físicas	I1: Limite liquido I2: Limite plástico I3: Índice plástico	
<ul style="list-style-type: none"> • ¿En qué porcentaje cambia la densidad seca en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín? 	<ul style="list-style-type: none"> • Estimar el porcentaje que cambia la densidad seca en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín 	<ul style="list-style-type: none"> • El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varía positivamente en la densidad seca en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín. 		D2: Densidad seca	I1: Máxima densidad seca I2: Óptimo contenido de humedad	
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuánto varía la resistencia en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín? 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar la variación de la resistencia en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín. 	<ul style="list-style-type: none"> • El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varía positivamente en la resistencia en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín. 		D3: Resistencia del suelo.	I1: CBR al 95% de MDS I2: CBR al 100% de MDS	
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuánto varía el PH en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín? 	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar la variación del PH en el análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín 	<ul style="list-style-type: none"> • El análisis con polímeros acrílicos para la estabilización de sub-rasante en suelos arcillosos varía positivamente en el PH en el Jirón Los Álamos, Huancayo-Junín. 		D4: PH del suelo	I1: Grado de alcalinidad	

Anexo 2: Matriz de Operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN	ESCALA
V1: Polímeros acrílicos	Según (Calle, y otros, 2018) define que el polímero acrílico es un material acuoso, debido a su gran número de moléculas pequeñas cuando es apropiadamente combinada con agua estabiliza el suelo.	Los polímeros acrílicos de operacionalizan a través de sus dimensiones que son: Propiedades del polímero acrílico proporciones del polímero acrílico y su vez cada uno de las dimensiones tiene sus indicadores.	D1: Propiedades del polímero acrílicos.	I1: PH de polímero acrílico I2: Densidad relativa.	Ficha técnica de polímeros acrílicos	Razón
			D2: Proporción de polímeros acrílicos.	I1: 2% de polímeros acrílicos. I2: 4% de polímeros acrílicos. I3: 6% de polímeros acrílicos.	Ficha de ensayos del laboratorio.	
V2: Estabilización de subrasante en suelos arcillosos	Según (Mamani, y otros, 2017) define que, la estabilización de la subrasante en suelos arcillosos consiste en modificar propiedades inadecuadas del suelo con el fin de alcanzar las condiciones óptimas del suelo para el desempeño en infraestructuras viales.	Estabilización de subrasante en suelos arcillosos de operacionalizan a través de sus dimensiones que son: Índice de plasticidad, compactación del suelo, resistencia del suelo y su vez cada uno de las dimensiones tiene sus indicadores.	D1: Propiedades físicas	I1: Limite liquido I2: Limite plástico I3: Índice de plasticidad	Ficha de ensayos del laboratorio.	Intervalo
			D2: Densidad seca.	I1: Máxima densidad seca I2: Optimo contenido de humedad		
			D3: Resistencia del suelo	I1: CBR al 95% MDS I2: CBR al 100% MDS		
			D4: PH del suelo	I1: Grado de alcalinidad	Ficha de ensayos del laboratorio.	

Anexo 3: Matriz de Operacionalización del Instrumento.

DIMENSIONES	INDICADORES	ANÁLISIS CON POLIMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS			
		Suelo natural	Suelos + 2% Polímero Acrílico	Suelos + 4% Polímero Acrílico	Suelos + 6% Polímero Acrílico
Propiedades físicas	Limite liquido	25.67	24.10	22.12	22.17
	Limite plástico	29.40	18.73	16.52	17.77
	Índice plasticidad	6.27	5.73	5.60	5.40
Densidad seca	Máxima densidad seca	1.773	2.045	2.066	2.076
	Óptimo contenido de humedad	14.98	11.57	10.61	10.24
Resistencia del suelo	CBR al 95% de MDS	5.10	17.00	22.70	28.60
	CBR al 100% de MDS	6.70	23.80	29.80	38.00
PH del suelo	Grado de alcalinidad	7.65	8.51	8.53	8.63

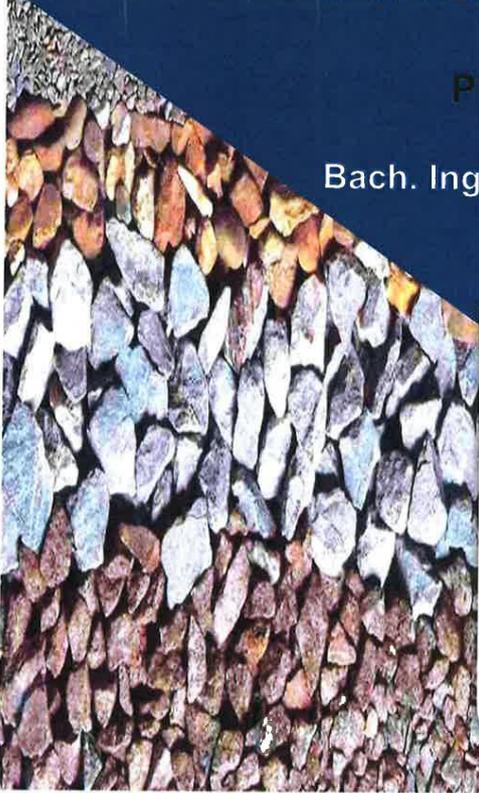
Anexo 4: Instrumento de investigación y constancia de su aplicación

2022

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

PRESENTADO POR:

Bach. Ing. SANTOS ARRIETA, SANDY



TESIS: “ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRON LOS ALAMOS, HUANCAYO-JUNÍN”



G E O T E S T V S . A . C .



**LABORATORIO
GEO TEST V S.A.C.**

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA



▲ RUC: 20606529229
📍 PSJ. GRAU #211-CHILCA

📍 GEO TEST V S.A.C.
✉️ GEOTEST.V@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS- "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRON LOS ALAMOS, HUANCAYO-JUNÍN"	
Expediente N°	: EXP-182-GEO-TEST-V-2022	
Código de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera
Peticionario	: Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy	N° de muestra
Ubicación	: Huancayo - Perú	Clase de material
Estructura	: -	Fecha de emisión
Fecha de recepción	: SETIEMBRE - 2022	: CALICATA N°01
		: SUELO NATURAL
		: OCTUBRE - 2022

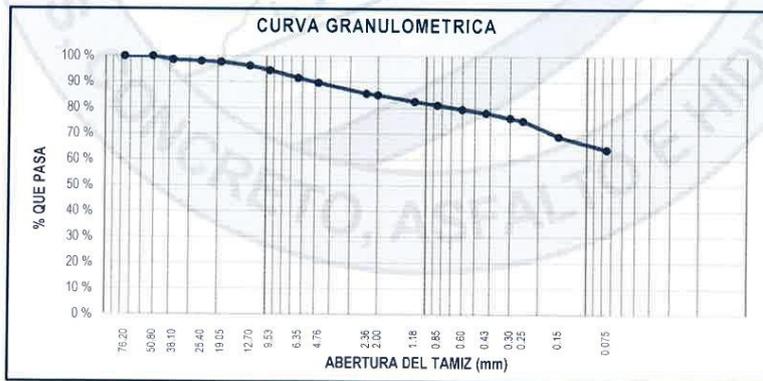
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 107

Hoja: 01 de 02

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	80.70	1.40	1.40	98.60
1"	25.40	28.90	0.50	1.91	98.09
3/4"	19.05	15.60	0.27	2.18	97.82
1/2"	12.70	88.00	1.53	3.71	96.29
3/8"	9.53	105.00	1.83	5.54	94.46
1/4"	6.35	165.20	2.87	8.41	91.59
N° 4	4.76	108.00	1.88	10.29	89.71
N° 8	2.36	236.30	4.11	14.40	85.60
N° 10	2.00	32.20	0.56	14.96	85.04
N° 16	1.18	143.00	2.49	17.45	82.55
N° 20	0.85	81.20	1.41	18.86	81.14
N° 30	0.60	89.20	1.55	20.42	79.58
N° 40	0.43	86.10	1.50	21.91	78.09
N° 50	0.30	106.70	1.86	23.77	76.23
N° 60	0.25	65.60	1.14	24.91	75.09
N° 100	0.15	348.90	6.07	30.98	69.02
N° 200	0.075	288.90	5.03	36.01	63.99
FONDO		3677.3	63.99	100.00	0.00
TOTAL		5746.78	100.00 %		

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	
GRAVA	10.29 %
ARENA	25.72 %
FINO	63.99 %
TOTAL	100.00 %

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 339.127)	
Código de recipiente	A-60
Masa de recipiente (g)	73.60 g
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	477.30 g
Masa de recipiente + suelo seco (g)	449.80 g
Masa de agua (g)	27.50 g
Masa de suelo seco (g)	376.20 g
Contenido de humedad %	7.31 %



Simbolo del grupo (SUCS)	=	CL-ML
Nombre del grupo (SUCS)	=	ARCILLA LIMOSA ARENOSA
AASHTO	=	A-4 (0)



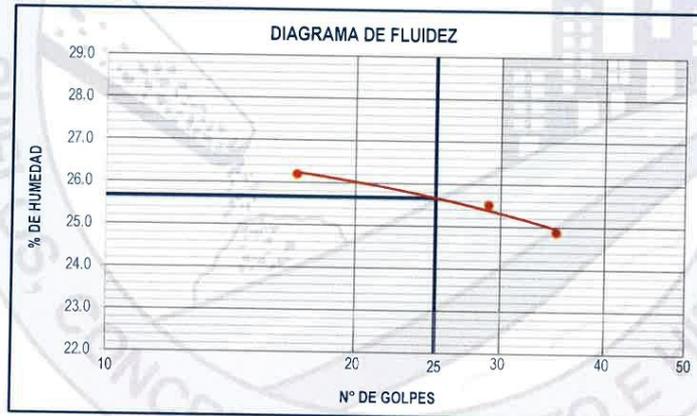
LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS- "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRON LOS ALAMOS, HUANCAYO-JUNÍN"		
Expediente N°	: EXP-182-GEO-TEST-V-2022		
Código de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera	: -
Peticionario	: Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy	N° de muestra	: CALICATA N°01
Ubicación	: Huancayo - Perú	Clase de material	: SUELO NATURAL
Estructura	: -	Fecha de emisión	: OCTUBRE - 2022
Fecha de recepción	: SETIEMBRE - 2022		

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	I	II
Nro. De capsula	-	-	-	-	-
Masa capsula + Suelo humedo (g)	42.90	38.30	39.00	20.40	19.00
Masa capsula + Suelo seco (g)	36.90	33.30	34.00	19.00	18.00
Masa capsula (g)	14.00	13.70	13.90	12.10	12.60
Masa del agua (g)	6.00	5.00	5.00	1.40	1.00
Masa del suelo seco (g)	22.90	19.60	20.10	6.90	5.40
Contenido de humedad %	26.20 %	25.51 %	24.88 %	20.29 %	18.52 %
Nro. De golpes	17	29	35	I	II



LÍMITE LÍQUIDO	
LL.:	25.67 %

LÍMITE PLÁSTICO	
LP.:	19.40 %

ÍNDICE PLÁSTICO	
IP.:	6.27 %



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ALAMOS, HUANCAYO - JUNÍN"
Expediente N° : EXP-182-GEO-TEST-V-2022
Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 **Cantera** :
Peticionario : SANTOS ARRIETA, Sandy **N° de muestra** : CALICATA N° 02
Ubicación : HUANCAYO - PERU **Clase de material** : SUELO NATURAL
Estructura :
Fecha de recepción : SEPTIEMBRE - 2022 **Fecha de emisión** : OCTUBRE - 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 107

Hoja: 01 de 02

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	60.69	1.42	1.42	98.58
1"	25.40	28.92	0.51	1.93	98.07
3/4"	19.05	15.59	0.27	2.20	97.80
1/2"	12.70	88.11	1.55	3.75	96.25
3/8"	9.53	105.09	1.85	5.60	94.40
1/4"	6.35	165.19	2.90	8.50	91.50
N° 4	4.76	108.04	1.90	10.40	89.60
N° 8	2.36	236.31	4.15	14.55	85.45
N° 10	2.00	32.19	0.57	15.12	84.88
N° 16	1.18	143.10	2.51	17.63	82.37
N° 20	0.85	81.22	1.43	19.06	80.94
N° 30	0.60	89.24	1.57	20.63	79.37
N° 40	0.43	87.09	1.53	22.16	77.84
N° 50	0.30	106.70	1.88	24.03	75.97
N° 60	0.25	64.99	1.14	25.18	74.82
N° 100	0.15	358.98	6.31	31.48	68.52
N° 200	0.075	288.90	5.08	36.56	63.44
FONDO		3609.7	63.44	100.00	0.00
TOTAL		5690.00	100.00 %		

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	
GRAVA	10.40 %
ARENA	26.16 %
FINO	63.44 %
TOTAL	100.00 %

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 339.127)	
Código de recipiente	A-60
Masa de recipiente (g)	73.70 g
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	477.41 g
Masa de recipiente + suelo seco (g)	450.01 g
Masa de agua (g)	27.40 g
Masa de suelo seco (g)	376.31 g
Contenido de humedad %	7.28 %



Simbolo del grupo (SUCS)	=	CL-ML
Nombre del grupo (SUCS)	=	ARCILLA LIMOSA ARENOSA
AASHTO	=	A-4 (0)

RUC: 20606529229
 PSJ. GRAU #211 - CHILCA
 980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM
 LABGEOTESTV12@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : : TESIS "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ALAMOS, HUANCAYO - JUNÍN"
Expediente N° : : EXP-182-GEO-TEST-V-2022
Código de formato : : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 **Cantera** : :
Peticionario : : SANTOS ARRIETA, Sandy **N° de muestra** : : CALCATA N° 02
Ubicación : : HUANCAYO - PERU **Clase de material** : : SUELO NATURAL
Estructura : : - **Fecha de emisión** : : OCTUBRE - 2022
Fecha de recepción : : SETIEMBRE - 2022

Hoja: 02 de 02

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS NTP 339.129 (2014)-ASTM D 4318-MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	T1	T2	T3	-	-
Nro. De cápsula					
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	42.93	38.29	39.01	20.44	19.09
Masa cápsula + Suelo seco (g)	36.89	33.31	34.05	19.00	18.10
Masa cápsula (g)	15.00	13.69	13.80	12.90	12.06
Masa del agua (g)	6.00	5.00	5.04	1.40	1.00
Masa del suelo seco (g)	21.89	19.62	20.25	6.90	5.40
Contenido de humedad %	27.41 %	25.48 %	24.89 %	23.61 %	16.39 %
Nro. De golpes	17	29	35	I	II



LÍMITE LÍQUIDO	
LL.:	26.21

LÍMITE PLÁSTICO	
LP.:	20.00

ÍNDICE PLÁSTICO	
IP.:	6.21

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad



Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198181

RUC: 20606529229 GEO TEST V S.A.C.
 PSJ. GRAU #211 - CHILCA GEOTEST.V@GMAIL.COM
 980329953 / 952525151 LABORATORIO@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ALAMOS, HUANCAYO - JUNÍN"

Expediente N° : EXP-182-GEO-TEST-V-2022

Código de formato : GM-EX-01/REV.01/FECHA 2021-02-11

Peticionario : SANTOS ARRIETA, Sandy

Ubicación : HUANCAYO - Perú

Estructura : VARIOS

Fecha de recepción : SETIEMBRE - 2022

Cantera :
N° de muestra : CALICATA N°02
Clase de material : SUELO NATURAL
Norma : MTC E 132
Ensayado por : A.Y.G.
Fecha de emisión : OCTUBRE - 2022

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE DE PLASTICIDAD DEL SUELOS NTP 339.129

LÍMITE LÍQUIDO	
LL:	26.21

LÍMITE PLÁSTICO	
LP:	20.00

ÍNDICE PLÁSTICO	
IP:	6.21

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

MDS
1.930

OCH
13.42

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132

CBR 95%
5.25

CBR 100%
6.31

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad


Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198181

▲ RUC: 20606529229 📍 GEO TEST V S.A.C.
📍 Ps.J. BRAU #211 - CHILCA ✉️ GEOTEST.V@GMAIL.COM
☎️ 980329953 / 952525151 📧 LABGEOTESTV@2@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ALAMOS, HUANCAYO - JUNÍN"		
Expediente N°	: EXP-182-GEO-TEST-V-2022		
Código de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera	:
Peticionario	: SANTOS ARRIETA, Sandy	N° de muestra	: CALICATA N° 03
Ubicación	: HUANCAYO - PERU	Clase de material	: SUELO NATURAL
Estructura	:	Fecha de emisión	: OCTUBRE - 2022
Fecha de recepción	: SEPTIEMBRE - 2022		

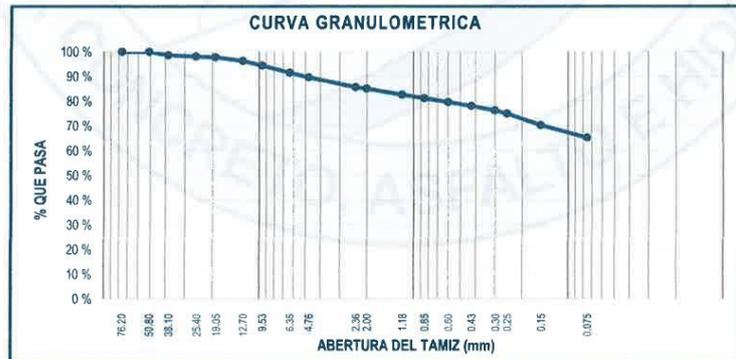
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 107

Hoja: 01 de 02

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (g)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASANTE (%)
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	80.64	1.41	1.41	98.59
1"	25.40	28.89	0.51	1.91	98.09
3/4"	19.05	15.64	0.27	2.19	97.81
1/2"	12.70	88.00	1.54	3.73	96.27
3/8"	9.53	104.89	1.83	5.56	94.44
1/4"	6.35	164.99	2.88	8.44	91.56
N° 4	4.76	107.89	1.89	10.33	89.67
N° 8	2.36	229.00	4.00	14.33	85.67
N° 10	2.00	32.15	0.56	14.90	85.10
N° 16	1.18	143.10	2.50	17.40	82.60
N° 20	0.85	80.91	1.41	18.81	81.19
N° 30	0.60	89.19	1.56	20.37	79.63
N° 40	0.43	85.75	1.50	21.87	78.13
N° 50	0.30	107.60	1.88	23.75	76.25
N° 60	0.25	71.72	1.25	25.01	74.99
N° 100	0.15	268.78	4.70	29.71	70.29
N° 200	0.075	290.40	5.08	34.78	65.22
FONDO		3730.5	65.22	100.00	0.00
TOTAL		5720.00	100.00 %		

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	
GRAVA	10.33 %
ARENA	24.45 %
FINO	65.22 %
TOTAL	100.00 %

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 339.127)	
Código de recipiente	A-60
Masa de recipiente (g)	72.90 g
Masa de recipiente + suelo húmedo (g)	480.11 g
Masa de recipiente + suelo seco (g)	452.79 g
Masa de agua (g)	27.32 g
Masa de suelo seco (g)	379.89 g
Contenido de humedad %	7.19 %



Simbolo del grupo (SUCS)	=	CL-ML
Nombre del grupo (SUCS)	=	ARCILLA LIMOSA ARENOSA
AASHTO	=	A-4 (0)

RUC: 20606529229 GEO TEST V S.A.C.
 Ps.J. GRAU #211 - CHILCA GEOTEST.V@GMAIL.COM
 t: 980329953 / 952525151 LABORTESTV@GMAIL.COM

Luis Camarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : : TESIS "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍlicos PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ALAMOS, HUANCAYO - JUNÍN"

Expediente N° : : EXP-182-GEO-TEST-V-2022

Código de formato : : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11

Policionario : : SANTOS ARRIETA, Sandy

Ubicación : : HUANCAYO - PERU

Estructura : : -

Fecha de recepción : : SETIEMBRE - 2022

Cantera : : -

N° de muestra : : CALICATA N° 03

Clase de material : : SUELO NATURAL

Fecha de emisión : : OCTUBRE - 2022

Hoja: 02 de 02

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS NTP 339.129 (2014)-ASTM D 4318-MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	T1	T2	T3	-	-
Nro. De cápsula					
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	41.98	37.99	38.42	20.13	19.11
Masa cápsula + Suelo seco (g)	37.70	33.60	34.05	18.99	18.04
Masa cápsula (g)	15.42	14.20	14.05	13.33	12.65
Masa del agua (g)	6.08	5.05	5.00	1.35	1.08
Masa del suelo seco (g)	22.28	19.40	20.00	6.78	5.62
Contenido de humedad %	27.29 %	26.03 %	25.00 %	20.14 %	19.85 %
Nro. De golpes	18	26	34	I	II



LÍMITE LÍQUIDO	
LL. :	26.25

LÍMITE PLÁSTICO	
LP. :	20.00

ÍNDICE PLÁSTICO	
IP. :	6.25

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad

RUC: 20606529229
Ps.J. GRAU #211 - CHILCA

GEO TEST V S.A.C.
GEOTEST.V@GMAIL.COM



Luis Gamarrá Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198151



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ALAMOS, HUANCAYO - JUNÍN"

Expediente N° : EXP-182-GEO-TEST-V-2022
Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Peticionario : SANTOS ARRIETA, Sandy
Ubicación : HUANCAYO - Perú
Estructura : VARIOS
Fecha de recepción : SETIEMBRE - 2022

Cantera :
N° de muestra : CALICATA N°03
Clase de material : SUELO NATURAL
Norma : MTC E 132
Ensayado por : A.Y.G.
Fecha de emisión : OCTUBRE - 2022

METODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE DE PLASTICIDAD DEL SUELOS

NTP 339.129

LÍMITE LÍQUIDO	
LL:	26.25

LÍMITE PLÁSTICO	
LP:	20.00

ÍNDICE PLÁSTICO	
IP:	6.25

PROCTOR MODIFICADO

MTC E 115

MDS
1.987

OCH
14.02

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132

CBR 95%
4.90

CBR 100%
6.45

NOTAS:

- 1) Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- 2) El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad

RUC: 20606529229
Ps.J. GRAU #211 - CHILCA
980329953 / 952525151

GEO TEST V S.A.C.
GEOTEST.V@GMAIL.COM
LABORATORIO@GMAIL.COM


Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198101



**LABORATORIO
GEO TEST V S.A.C.**

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA



Suelo con adición

👤 RUC: 20606529229
📍 Psj. GRAU #211 - CHILCA

🌐 GEO TEST V S.A.C.
✉️ GEOTEST.V@GMAIL.COM



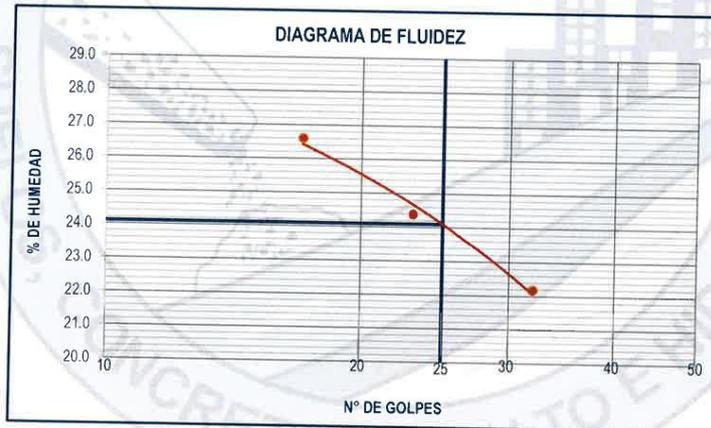
LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS- "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ALAMOS, HUANCAYO-JUNÍN"	
Expediente N°	: EXP-182-GEO-TEST-V-2022	
Código de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera
Peticionario	: Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy	N° de muestra
Ubicación	: Huancayo - Perú	Clase de material
Estructura	: -	Fecha de emisión
Fecha de recepción	: SEPTIEMBRE - 2022	: CALICATA N°01
		: SUELO CON ADICIÓN DEL 2% DE POLÍMERO ACRÍLICO
		: OCTUBRE - 2022

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Nro. De capsula	-	-	-	-	-
Masa capsula + Suelo húmedo (g)	40.76	36.39	37.05	19.38	18.05
Masa capsula + Suelo seco (g)	34.99	31.80	32.72	18.16	17.10
Masa capsula (g)	13.30	13.02	13.21	11.50	11.97
Masa del agua (g)	5.77	4.58	4.33	1.22	0.95
Masa del suelo seco (g)	21.69	18.79	19.52	6.67	5.13
Contenido de humedad %	26.60 %	24.39 %	22.19 %	18.30 %	18.43 %
Nro. De golpes	17	23	32	I	II



LÍMITE LÍQUIDO	
LL. :	24.10 %

LÍMITE PLÁSTICO	
LP. :	18.37 %

ÍNDICE PLÁSTICO	
IP. :	5.73 %

RUC: 20606529229
 Psj. GRAU #211 - CHILCA

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM

Luis Camarra Espinoza
 Luis Camarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

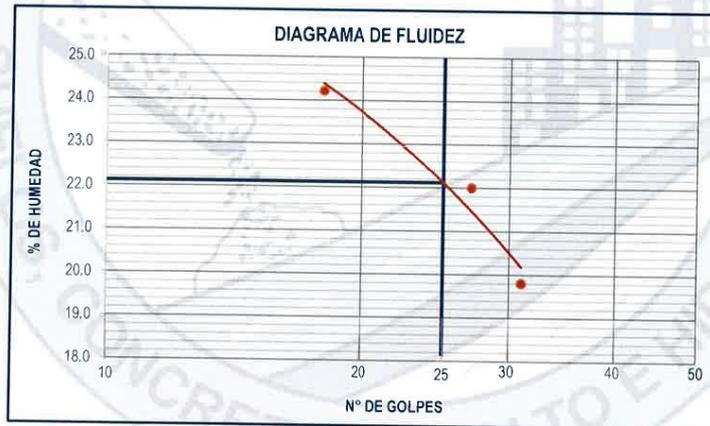
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto	: TESIS- "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ALAMOS, HUANCAYO-JUÍN"	
Expediente N°	: EXP-182-GEO-TEST-V-2022	
Código de formato	: GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11	Cantera
Peticionario	: Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy	N° de muestra
Ubicación	: Huancayo – Perú	Clase de material
Estructura	: -	Fecha de emisión
Fecha de recepción	: SETIEMBRE - 2022	

Hoja: 02 de 02

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
Nro. De capsula	-	-	-	-	-
Masa capsula + Suelo húmedo (g)	34.11	30.45	31.01	16.21	15.11
Masa capsula + Suelo seco (g)	29.92	27.10	27.87	15.40	14.51
Masa capsula (g)	12.63	11.86	12.04	10.48	10.91
Masa del agua (g)	4.19	3.35	3.14	0.81	0.60
Masa del suelo seco (g)	17.29	15.24	15.84	4.93	3.60
Contenido de humedad %	24.22 %	22.01 %	19.81 %	16.41 %	16.63 %
Nro. De golpes	18	27	31	I	II



LÍMITE LÍQUIDO	
LL. :	22.12 %

LÍMITE PLÁSTICO	
LP. :	16.52 %

ÍNDICE PLÁSTICO	
IP. :	5.60 %


Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161

📍 RUC: 20606529229
📍 Psj. GRAU #211- CHILCA

📞 GEO TEST V S.A.C.
✉️ GEOTEST.V@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

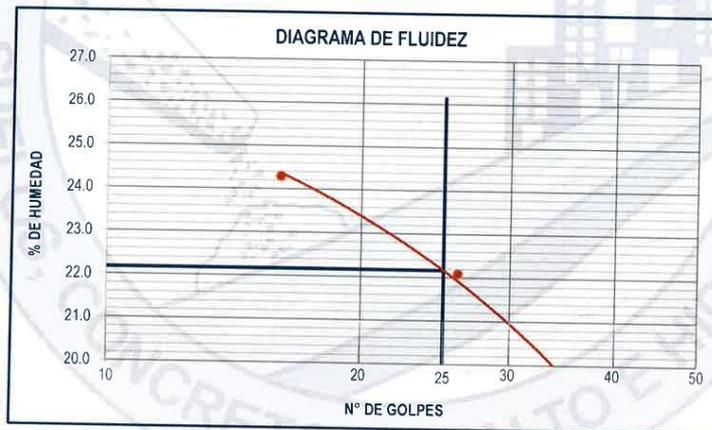
Proyecto : TESIS- "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRON LOS ALAMOS, HUANCAYO-JUNIN"
 Expediente N° : EXP-182-GEO-TEST-V-2022
 Código de formato : GM-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
 Peticionario : Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy
 Ubicación : Huancayo - Perú
 Estructura : -
 Fecha de recepción : SEPTIEMBRE - 2022

Cantera : -
 N° de muestra : CALICATA N°01
 Clase de material : SUELO CON ADICIÓN DEL 6% DE POLÍMERO ACRÍLICO
 Fecha de emisión : OCTUBRE - 2022

Hoja: 02 de 02

MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS MTC E 110-111

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	16	26	34	I	II
Nro. De cápsula	-	-	-	-	-
Masa cápsula + Suelo húmedo (g)	36.01	32.15	32.73	17.12	15.95
Masa cápsula + Suelo seco (g)	31.46	28.41	29.24	16.13	15.17
Masa cápsula (g)	12.76	11.50	11.67	10.16	10.58
Masa del agua (g)	4.54	3.74	3.49	0.99	0.78
Masa del suelo seco (g)	18.70	16.91	17.57	5.97	4.59
Contenido de humedad %	24.30 %	22.09 %	19.89 %	16.63 %	16.92 %
Nro. De golpes	16	26	34	I	II



LÍMITE LÍQUIDO
LL.: 22.17 %

LÍMITE PLÁSTICO
LP.: 16.77 %

ÍNDICE PLÁSTICO
IP.: 5.40 %


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181

RUC: 20606529229 GEO TEST V S.A.C.
 Psj. GRAU #211 - CHILCA GEOTEST.V@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRON LOS ALAMOS, HUANCAYO-JUNIN"
 Expediente N° : EXP-182-GEO-TEST-V-2022
 Código de formato : CBR-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
 Peticionario : Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy
 Ubicación : Huancayo - Perú
 Estructura : VARIOS
 Fecha de recepción : SEPTIEMBRE - 2022
 Cantera :
 N° de muestra : CALICATA N° 01
 Clase de material : SUELO NATURAL
 Norma : MTC
 Ensayado por : A.Y.G.
 Fecha de emisión : OCTUBRE - 2022

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

Hoja : 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5,610.0	5,680.0	5,715.0	5,700.0
Peso molde (gr.)	3,760.0	3,760.0	3,760.0	3,760.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,850.0	1,920.0	1,955.0	1,940.0
Volumen del molde (cm ³)	954.4	954.4	954.4	954.4
Densidad humeda (gr/cm ³)	1.938	2.012	2.048	2.033

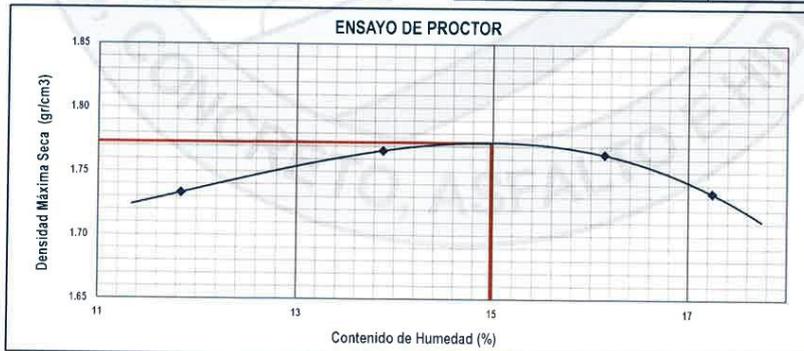
HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo humedo (gr.)	76.1	69.8	64.1	68.3
Tara + suelo seco (gr.)	69.8	63.4	57.5	60.8
Peso de agua (gr.)	6.3	6.4	6.6	7.5
Peso de tara (gr.)	16.6	17.3	16.6	17.3
Peso de suelo seco (gr.)	53.2	46.1	40.9	43.5
Humedad (%)	11.84	13.88	16.14	17.24
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.733	1.766	1.764	1.734

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4"	4"	6"

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	3,760.0
VOLUMEN (CM ³)	954.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³):	1.773
Óptimo Contenido de Humedad (%):	14.98

RESULTADOS DE PROCTOR CORREGIDO	
Máxima Densidad Seca Corregido (gr/cm ³):	-
Óptimo Contenido de Humedad Corregido(%):	-



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad


 Luis Gamarrá Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

RUC: 20606529229

PSJ. GRAU #211 - CHILCA

Tel: 0982229952 / 0982299181

GEO TEST V S.A.C.

GEOTEST.V@GMAIL.COM

LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.



LABORATORIO GEO TEST V.S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS- "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ALAMOS, HUANCAYO-JUNÍN"
Expediente N° : EXP-182-GEO-TEST-V-2022 **Cantera** : -
Código de formato : EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 **N° de muestra** : CALICATA N°01
Peticionario : Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy **Clase de material** : SUELO NATURAL
Ubicación : Huancayo - Perú **Norma** : MTC
Estructura : - **Ensayado por** : A.Y.G.
Fecha de recepción : SETIEMBRE - 2022 **Fecha de emisión** : OCTUBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132

Hoja - 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11912.0	12001.0	11680.0	11976.0	11850.0	12104.0
Peso de molde (g)	7583.0	7583.0	7633.0	7633.0	7964.0	7964.0
Peso del suelo húmedo (g)	4329.0	4418.0	4047.0	4343.0	3886.0	4140.0
Volumen del molde (cm ³)	2125.0	2125.0	2111.9	2111.9	2110.9	2110.9
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.037	2.079	1.916	2.056	1.841	1.961
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	83.2	70.7	76.4	70.4	73.4	66.4
Peso suelo seco + tara (g)	74.5	63.5	68.7	63.1	65.2	58.8
Peso de tara (g)	16.6	17.9	17.3	17.1	10.6	11.2
Peso de agua (g)	8.7	7.2	7.7	7.3	8.2	7.6
Peso de suelo seco (g)	57.9	45.6	51.4	46.0	54.6	47.6
Contenido de humedad (%)	14.99	15.79	14.98	15.87	15.02	15.97
Densidad seca (g/cm ³)	1.772	1.796	1.667	1.775	1.601	1.691

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°3	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/09/2022	12:21pm	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
22/09/2022	12:21pm	24	0.080	0.080	0.07	0.030	0.030	0.03	0.090	0.090	0.08
23/09/2022	12:21pm	48	0.080	0.080	0.07	0.070	0.070	0.06	0.190	0.190	0.16
24/09/2022	12:21pm	72	0.180	0.180	0.15	0.110	0.110	0.09	0.220	0.220	0.18
25/09/2022	12:21pm	96	0.230	0.230	0.19	0.140	0.140	0.12	0.260	0.260	0.22

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION		
Pulgadas	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.003	1.76			0.001	1.52			0.000	1.41		
0.050		0.011	2.74			0.007	2.25			0.002	1.69		
0.075		0.019	3.72			0.011	2.74			0.004	1.93		
0.100	70.31	0.027	4.70	4.7	6.6	0.017	3.48	3.3	4.7	0.008	2.42	2.3	3.5
0.150		0.038	6.05			0.021	3.97			0.015	3.28		
0.200	105.46	0.047	7.15	7.3	6.9	0.030	5.07	5.2	5.0	0.020	3.85	3.8	3.7
0.250		0.058	8.50			0.039	6.17			0.027	4.70		
0.300		0.062	8.98			0.044	6.78			0.030	5.07		
0.400		0.074	10.45			0.056	8.25			0.041	6.42		
0.500		0.093	12.77			0.075	10.57			0.055	8.13		

RUC: 20606529229
 PSJ. GRAU #211 - CHILCA

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM


 Luis Gamara Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V.S.A.C.

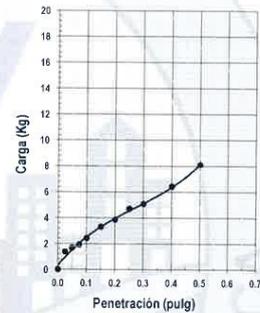
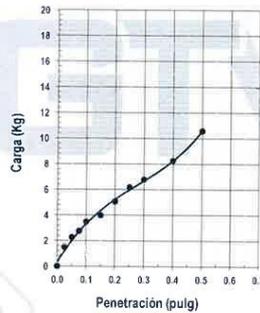
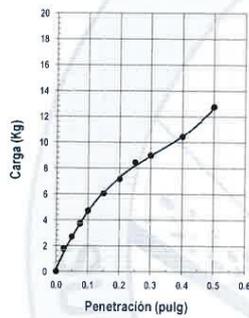
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS- "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ALAMOS, HUANCAYO-JUNÍN"
Expediente N° : EXP-182-GEO-TEST-V-2022 **Cantera** : -
Código de formato : EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11 **N° de muestra** : CALICATA N°01
Peticionario : Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy **Clase de material** : SUELO NATURAL
Ubicación : Huancayo - Perú **Norma** : MTC
Estructura : - **Ensayado por** : A.Y.G.
Fecha de recepción : SETIEMBRE - 2022 **Fecha de emisión** : OCTUBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

MTC E 132

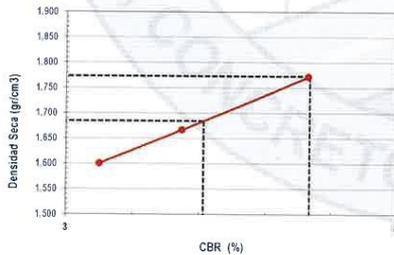
Hoja - 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	6.6 %
CBR (0.2")	6.9 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.772

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	4.7 %
CBR (0.2")	5.0 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.667

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	3.5 %
CBR (0.2")	3.7 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.601



Metodo de compactación : ASTM D1557
 Maxima densidad seca (g/cm³) : 1.773
 Optimo contenido de humedad (%) : 15.0
 95% maxima densidad seca (g/cm³) : 1.684

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 6.7 0.2" 7.0
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 5.1 0.2" 5.3

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 6.7 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 5.1 (%)

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

RUC: 20606529229
 Psj. GRAU #211 - CHILCA

GEO TEST V.S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS- "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRON LOS ALAMOS, HUANCAYO-JUNÍN"
 Expediente N° : EXP-182-GEO-TEST-V-2022
 Código de formato : CBR-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
 Peticionario : Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy
 Ubicación : Huancayo - Perú
 Estructura : VARIOS
 Fecha de recepción : SETIEMBRE - 2022
 Cantera : -
 N° de muestra : CALICATA N° 01
 Clase de material : SUELO CON ADICIÓN DEL 2% DE POLÍMERO ACRILICO
 Norma : MTC
 Ensayado por : A.Y.G.
 Fecha de emisión : OCTUBRE - 2022

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

Hoja : 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5,692.0	5,800.0	5,890.0	5,827.0
Peso molde (gr.)	3,759.0	3,759.0	3,759.0	3,759.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,933.0	2,041.0	2,131.0	2,068.0
Volumen del molde (cm ³)	937.4	937.4	937.4	937.4
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.062	2.177	2.273	2.206

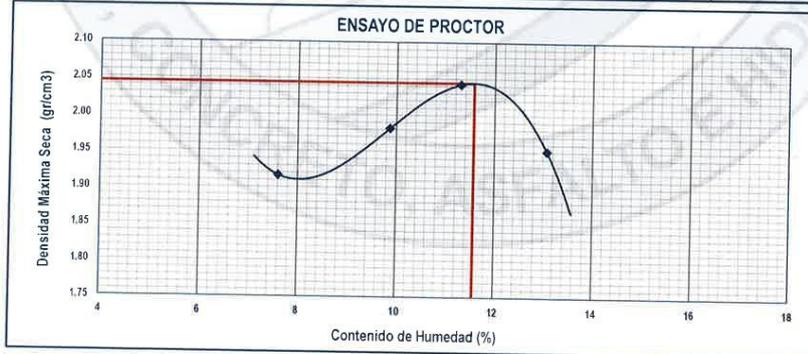
HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	109.9	110.5	105.9	105.3
Tara + suelo seco (gr.)	103.4	102.0	96.9	95.1
Peso de agua (gr.)	6.5	8.5	9.0	10.2
Peso de tara (gr.)	17.9	15.9	17.3	17.1
Peso de suelo seco (gr.)	85.5	86.1	79.6	78.0
Humedad (%)	7.60	9.87	11.31	13.08
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.916	1.982	2.042	1.951

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
METODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4"	4"	6"

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	3,759.0
VOLUMEN (CM ³)	937.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³):	2.045
Óptimo Contenido de Humedad (%):	11.57

RESULTADOS DE PROCTOR CORREGIDO	
Máxima Densidad Seca Corregido (gr/cm ³):	-
Óptimo Contenido de Humedad Corregido(%):	-



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

RUC: 20606529229
 PSJ. GRAU #211 - CHILCA

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V.S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS- "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ALAMOS, HUANCAYO-JUNÍN"

Expediente N° : EXP-182-GEO-TEST-V-2022

Código de formato : EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11

Peticionario : Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy

Ubicación : Huancayo - Perú

Estructura : -

Fecha de recepción : SETIEMBRE - 2022

Cantera : -

N° de muestra : CALICATA N°01

Clase de material : SUELO CON ADICIÓN DEL 2% DE POLÍMERO ACRÍLICO

Norma : MTC

Ensayado por : A.Y.G.

Fecha de emisión : OCTUBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION						
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12468.0	12447.0	12089.0	12131.0	11513.0	11750.0
Peso de molde (g)	7632.0	7632.0	7363.0	7363.0	7298.0	7298.0
Peso del suelo húmedo (g)	4836.0	4815.0	4726.0	4768.0	4215.0	4452.0
Volumen del molde (cm ³)	2119.7	2119.7	2137.9	2137.9	2118.0	2118.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.281	2.272	2.211	2.230	1.990	2.102
Tara (N°)	**	**	**	**	**	**
Peso suelo húmedo + tara (g)	116.8	113.4	118.3	120.9	122.3	111.8
Peso suelo seco + tara (g)	106.3	104.7	108.0	110.8	112.3	99.5
Peso de tara (g)	15.1	14.6	14.7	14.7	13.9	13.9
Peso de agua (g)	10.6	8.7	10.3	10.1	10.0	12.3
Peso de suelo seco (g)	91.2	90.1	93.3	96.1	98.4	85.6
Contenido de humedad (%)	11.57	9.66	11.04	10.51	10.16	14.37
Densidad seca (g/cm ³)	2.045	2.072	1.991	2.018	1.806	1.838

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°3	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
27/09/2022	3:10pm	0	0.000	0.000	0.00	0.410	0.410	0.34	0.000	0.000	0.00
28/09/2022	3:10pm	24	0.090	0.090	0.08	0.500	0.500	0.42	1.390	1.390	1.16
29/09/2022	3:10pm	48	0.160	0.160	0.13	0.560	0.560	0.47	1.500	1.500	1.25
30/09/2022	3:10pm	72	0.180	0.180	0.15	0.600	0.600	0.50	1.530	1.530	1.28
01/10/2022	3:10pm	72	0.180	0.180	0.15	0.620	0.620	0.52	1.550	1.550	1.292

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Pulgadas	kg/cm ²	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.028	4.82			0.028	4.82			0.015	3.23		
0.050		0.063	9.11			0.060	8.74			0.021	3.97		
0.075		0.097	13.26			0.086	11.92			0.023	4.21		
0.100	70.31	0.126	16.80	16.7	23.8	0.100	13.63	14.3	20.4	0.027	4.70	3.7	5.3
0.150		0.177	23.00			0.140	18.50			0.028	4.82		
0.200	105.46	0.217	27.86	27.9	26.5	0.180	23.37	22.7	21.5	0.031	5.19	5.6	5.3
0.250		0.249	31.74			0.196	25.31			0.037	5.93		
0.300		0.276	35.01			0.211	27.13			0.043	6.66		
0.400		0.319	40.21			0.240	30.65			0.048	7.27		
0.500		0.349	43.83			0.264	33.56			0.049	7.39		

RUC: 20606529229
Ps.J. GRAU #211- CHILCA

GEO TEST V S.A.C.
GEOTEST.V@GMAIL.COM

Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161



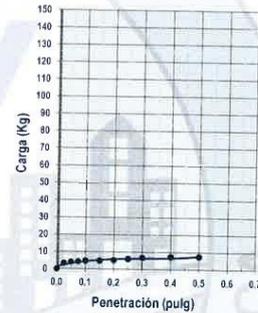
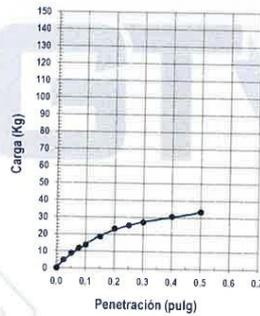
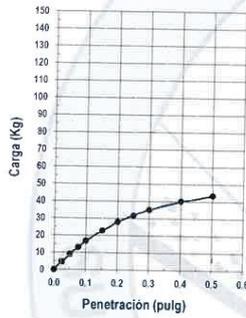
LABORATORIO GEO TEST V.S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS- "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ALAMOS, HUANCAYO-JUNÍN"
Expediente N° : EXP-182-GEO-TEST-V-2022
Código de formato : EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Peticionario : Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy
Ubicación : Huancayo – Perú
Estructura : -
Fecha de recepción : SETIEMBRE - 2022
Cantera : -
N° de muestra : CALICATA N°01
Clase de material : SUELO CON ADICIÓN DEL 2% DE POLÍMERO ACRÍLICO
Norma : MTC
Ensayado por : A.Y.G.
Fecha de emisión : OCTUBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) MTC E 132

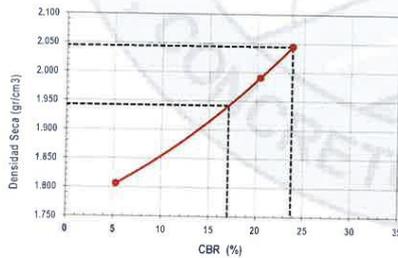
Hoja : 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	23.8 %
CBR (0.2")	26.5 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.045

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	20.4 %
CBR (0.2")	21.5 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.991

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	5.3 %
CBR (0.2")	5.3 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.806



Método de compactación : ASTM D1557
 Máxima densidad seca (g/cm³) : 2.045
 Óptimo contenido de humedad (%) : 11.6
 95% máxima densidad seca (g/cm³) : 1.942

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 23.8 0.2" 26.4
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 17.0 0.2" 17.1

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 23.8 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 17.0 (%)

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198161

RUC: 20606529229
 Psj. GRAU #211 - CHILCA

GEO TEST V.S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS- "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ALAMOS, HUANCAYO- JUNÍN"
 Expediente N° : EXP-182-GEO-TEST-V-2022
 Código de formato : CBR-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
 Peticionario : Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy
 Ubicación : Huancayo - Perú
 Estructura : VARIOS
 Fecha de recepción : SETIEMBRE - 2022
 Cantera : :-
 N° de muestra : CALICATA N° 01
 Clase de material : SUELO CON ADICIÓN DEL 4% DE POLÍMERO ACRÍLICO
 Norma : MTC
 Ensayado por : A.Y.G.
 Fecha de emisión : OCTUBRE - 2022

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

Hoja : 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5,892.0	5,894.0	5,907.0	5,903.0
Peso molde (gr.)	3,759.0	3,759.0	3,759.0	3,759.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,933.0	2,135.0	2,148.0	2,144.0
Volumen del molde (cm ³)	937.4	937.4	937.4	937.4
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.062	2.278	2.292	2.287

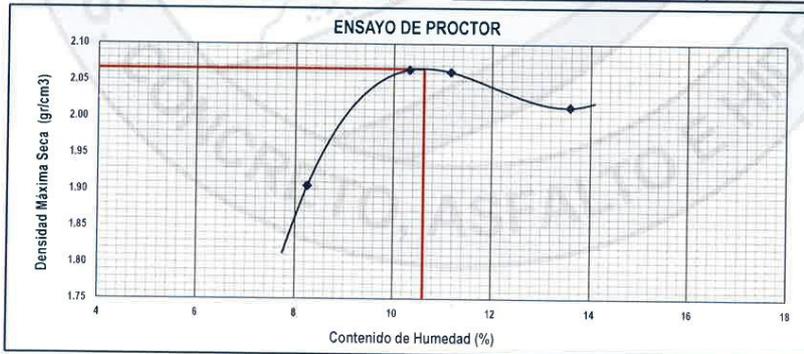
HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	102.5	140.0	117.0	93.1
Tara + suelo seco (gr.)	96.0	128.0	106.3	84.0
Peso de agua (gr.)	6.5	12.0	10.7	9.1
Peso de tara (gr.)	17.2	11.7	10.4	17.0
Peso de suelo seco (gr.)	78.8	116.3	95.9	67.0
Humedad (%)	8.25	10.32	11.16	13.58
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.905	2.065	2.062	2.014

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4"	4"	6"

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	3,759.0
VOLUMEN (CM ³)	937.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.066
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.61

RESULTADOS DE PROCTOR CORREGIDO	
Máxima Densidad Seca Corregido (gr/cm ³)	-
Óptimo Contenido de Humedad Corregido(%)	-



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181

RUC: 20606529229
 PSJ. GRAU #211- CHILCA

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS- "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ALAMOS, HUANCAYO-JUNÍN"
Expediente N° : EXP-182-GEO-TEST-V-2022
Código de formato : EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Peticionario : Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy
Ubicación : Huancayo - Perú
Estructura : -
Fecha de recepción : SETIEMBRE - 2022
Cantera : -
N° de muestra : CALICATA N°01
Clase de material : SUELO CON ADICIÓN DEL 4% DE POLÍMERO ACRÍLICO
Norma : MTC
Ensayado por : A.Y.G.
Fecha de emisión : OCTUBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION

	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12034.0	12057.0	11438.0	11588.0	10955.0	11213.0
Peso de molde (g)	7187.0	7187.0	6992.0	6992.0	6843.0	6843.0
Peso del suelo húmedo (g)	4847.0	4870.0	4446.0	4596.0	4112.0	4370.0
Volumen del molde (cm ³)	2119.6	2119.6	2144.7	2144.7	2130.0	2130.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.287	2.298	2.073	2.143	1.930	2.052
Tara (N°)	**	**	**	**	**	**
Peso suelo húmedo + tara (g)	105.7	120.8	116.4	123.9	91.7	107.3
Peso suelo seco + tara (g)	96.7	111.6	106.5	113.1	84.4	95.7
Peso de tara (g)	12.0	13.1	14.0	12.6	16.0	13.7
Peso de agua (g)	9.0	9.2	9.9	10.8	7.3	11.6
Peso de suelo seco (g)	84.7	98.5	92.5	100.5	68.4	82.0
Contenido de humedad (%)	10.61	9.34	10.70	10.75	10.61	14.15
Densidad seca (g/cm ³)	2.067	2.101	1.873	1.935	1.745	1.797

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°3	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
27/09/2022	14:40	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.050	0.050	0.04
28/09/2022	14:40	24	0.530	0.530	0.44	0.690	0.690	0.58	1.190	1.190	0.99
29/09/2022	14:40	48	0.700	0.700	0.58	0.800	0.800	0.67	1.280	1.280	1.07
30/09/2022	14:40	72	0.780	0.780	0.65	0.840	0.840	0.70	1.340	1.340	1.12
01/10/2022	14:40	96	0.810	0.780	0.65	0.850	0.850	0.71	1.350	1.350	1.125

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1											
		CARGA				CORRECCION				MOLDE N°2			
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.000	0.00		
0.025		0.038	6.05			0.024	4.34			0.007	2.25		
0.050		0.093	12.77			0.054	8.01			0.008	2.37		
0.075		0.136	18.01			0.085	11.79			0.016	3.36		
0.100	70.31	0.168	21.91	21.0	29.8	0.092	12.65	11.1	15.8	0.019	3.72	3.2	4.5
0.150		0.215	27.62			0.099	13.50			0.022	4.09		
0.200	105.46	0.248	31.62	32.4	30.7	0.120	16.06	17.0	16.1	0.026	4.58	4.7	4.5
0.250		0.277	35.13			0.142	18.75			0.030	5.07		
0.300		0.300	37.91			0.152	19.96			0.033	5.44		
0.400		0.343	43.11			0.170	22.15			0.038	6.05		
0.500		0.380	47.56			0.175	22.76			0.042	6.54		

📍 **RUC:** 20606529229
 📍 **PSJ. GRAU #211-CHILCA**

📍 **GEO TEST V S.A.C.**
 ✉️ **GEOTEST.V@GMAIL.COM**

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 196181



LABORATORIO GEO TEST V.S.A.C.

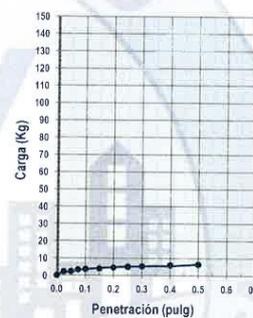
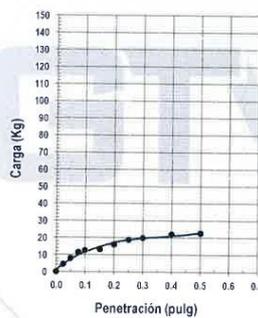
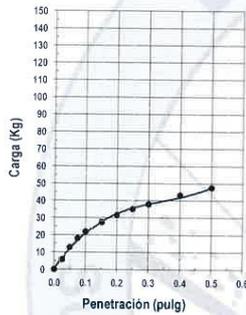
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS: "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRON LOS ALAMOS, HUANCAYO-JUNÍN"
Expediente N° : EXP-182-GEO-TEST-V-2022
Codigo de formato : EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Peticionario : Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy
Ubicación : Huancayo - Perú
Estructura : -
Fecha de recepción : SETIEMBRE - 2022
Cantera : -
N° de muestra : CALICATA N°01
Clase de material : SUELO CON ADICIÓN DEL 4% DE POLÍMERO ACRILICO
Norma : MTC
Ensayado por : A.Y.G.
Fecha de emisión : OCTUBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132

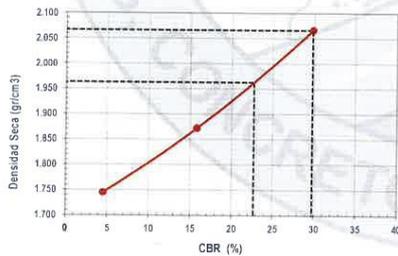
Hoja: 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	29.8 %
CBR (0.2")	30.7 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.067

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	15.8 %
CBR (0.2")	16.1 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.873

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	4.5 %
CBR (0.2")	4.5 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.745



Metodo de compactación : ASTM D1557
 Maxima densidad seca (g/cm³) : 2.066
 Optimo contenido de humedad (%) : 10.6
 95% maxima densidad seca (g/cm³) : 1.963
 C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 29.8 0.2" 30.6
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 22.7 0.2" 23.2

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 29.8 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 22.7 (%)

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad


 Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198181

RUC: 20606529229
 PSJ. GRAU #211-CHILCA

GEO TEST V.S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS- "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ALAMOS, HUANCAYO- JUNÍN"
 Expediente N° : EXP-182-GEO-TEST-V-2022
 Codigo de formato : CBR-EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
 Peticionario : Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy
 Ubicación : Huancayo - Perú
 Estructura : VARIOS
 Fecha de recepción : SETIEMBRE - 2022
 Cantera : -
 N° de muestra : CALICATA N° 01
 Clase de material : SUELO CON ADICIÓN DEL 8% DE POLÍMERO ACRILICO
 Norma : MTC
 Ensayado por : A.Y.G.
 Fecha de emisión : OCTUBRE - 2022

PROCTOR MODIFICADO MTC E 115

Hoja : 01 DE 01

COMPACTACION				
N° Capas	5	5	5	5
N° Golpes	25	25	25	25
Peso suelo + molde (gr.)	5,727.0	5,871.0	5,913.0	5,759.0
Peso molde (gr.)	3,759.0	3,759.0	3,759.0	3,759.0
Peso suelo compactado (gr.)	1,968.0	2,112.0	2,154.0	2,000.0
Volumen del molde (cm ³)	937.4	937.4	937.4	937.4
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.100	2.253	2.298	2.134

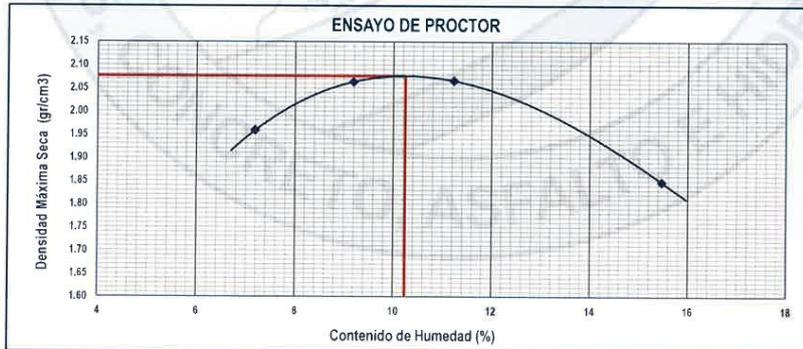
HUMEDAD (%)				
Tara N°	1	2	3	4
Tara + suelo húmedo (gr.)	121.6	110.3	115.4	129.7
Tara + suelo seco (gr.)	114.6	102.0	104.8	114.6
Peso de agua (gr.)	7.0	8.3	10.6	15.1
Peso de tara (gr.)	17.2	11.7	10.4	17.0
Peso de suelo seco (gr.)	97.4	90.3	94.4	97.6
Humedad (%)	7.19	9.19	11.23	15.47
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.959	2.063	2.066	1.848

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO			
MÉTODO	A	B	C
TIPO DE MOLDE	4"	4"	6"

CARACTERÍSTICAS DEL MOLDE	
PESO (g)	3,759.0
VOLUMEN (CM ³)	937.4

RESULTADOS DE PROCTOR	
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	2.076
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.24

RESULTADOS DE PROCTOR CORREGIDO	
Máxima Densidad Seca Corregido (gr/cm ³)	-
Óptimo Contenido de Humedad Corregido(%)	-



NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad

Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 188161

RUC: 20606529229
 PSJ: GRAU #211 - CHILCA

GEO TEST V S.A.C.
 GEOTEST.V@GMAIL.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS- "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ALAMOS, HUANCAYO-JUNÍN"

Expediente N° : EXP-182-GEO-TEST-V-2022

Código de formato : EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11

Peticionario : Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy

Ubicación : Huancayo - Perú

Estructura : -

Fecha de recepción : SETIEMBRE - 2022

Cantera : -

N° de muestra : CALICATA N°01

Clase de material : SUELO CON ADICIÓN DEL 6% DE POLÍMERO ACRÍLICO

Norma : MTC

Ensayado por : A.Y.G.

Fecha de emisión : OCTUBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R) MTC E 132

Hoja : 01 de 02

COMPACTACION

Molde N°	1		2		3	
	5		25		12	
Capas N°	5		5		5	
Colpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11901.0	11934.0	11560.0	11673.0	11296.0	11488.0
Peso de molde (g)	7013.0	7013.0	6992.0	6992.0	6939.0	6939.0
Peso del suelo húmedo (g)	4888.0	4921.0	4568.0	4681.0	4357.0	4549.0
Volumen del molde (cm ³)	2137.6	2137.6	2137.6	2137.6	2137.0	2137.0
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.287	2.302	2.137	2.190	2.039	2.129
Tara (N°)	--	--	--	--	--	--
Peso suelo húmedo + tara (g)	117.5	117.0	120.0	118.3	119.7	100.4
Peso suelo seco + tara (g)	107.9	110.5	110.0	111.3	110.0	93.3
Peso de tara (g)	13.7	14.3	12.7	12.0	14.7	14.0
Peso de agua (g)	9.6	6.5	10.0	7.0	9.8	7.1
Peso de suelo seco (g)	94.2	96.2	97.3	99.3	95.3	79.3
Contenido de humedad (%)	10.24	6.76	10.24	7.05	10.24	8.95
Densidad seca (g/cm ³)	2.074	2.156	1.938	2.046	1.850	1.954

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DEL DIAL MOLDE N°1	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°2	EXPANSION		LECTURA DEL DIAL MOLDE N°3	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
20/09/2022	2:20pm	0	3.260	3.260	2.72	1.480	1.480	1.23	1.020	1.020	0.85
21/09/2022	2:20pm	24	3.510	3.510	2.93	1.710	1.710	1.43	1.250	1.250	1.04
22/09/2022	2:20pm	48	4.340	4.340	3.62	1.710	1.710	1.43	1.250	1.250	1.04
23/09/2022	2:20pm	72	1.640	1.640	1.37	1.710	1.710	1.43	1.250	1.250	1.04
24/09/2022	2:20pm	96	4.480	4.480	3.73	4.530	4.530	3.78	5.060	5.060	4.217

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0.000	0.00			0.000	0.00			0.019	0.00		
0.025		0.060	8.74			0.046	7.04			0.027	4.68		
0.050		0.123	16.43			0.112	15.15			0.045	6.86		
0.075		0.172	22.40			0.150	19.77			0.052	7.82		
0.100	70.31	0.212	27.26	26.6	37.9	0.154	20.27	17.4	24.7	0.055	8.15	7.1	10.1
0.150		0.270	34.29			0.188	21.91			0.061	8.91		
0.200	105.46	0.310	39.12	40.0	38.0	0.187	24.22	26.3	25.0	0.067	9.59	10.9	10.3
0.250		0.342	42.98			0.205	26.36			0.090	12.45		
0.300		0.368	46.12			0.256	32.61			0.110	14.90		
0.400		0.414	51.65			0.283	35.89			0.115	15.45		
0.500		0.457	56.82			0.298	37.69			0.156	20.48		

RUC: 20606529229
Ps.J. GRAU #211 - CHILCA

GEO TEST V S.A.C.
GEOTEST.V@GMAIL.COM



Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 198161



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

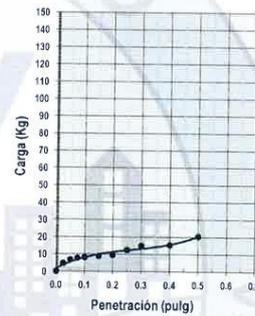
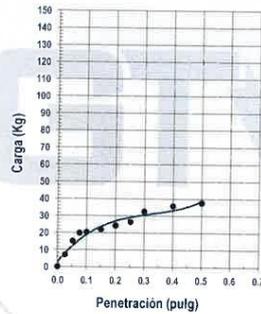
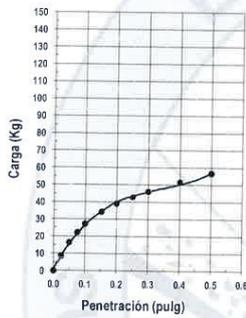
MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

Proyecto : TESIS- "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRON LOS ALAMOS, HUANCAYO-JUNÍN"
Expediente N° : EXP-182-GEO-TEST-V-2022
Código de formato : EX-01/ REV.01/FECHA 2021-02-11
Peticionario : Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy
Ubicación : Huancayo - Perú
Estructura : -
Fecha de recepción : SETIEMBRE - 2022
Cantera : -
N° de muestra : CALICATA N°01
Clase de material : SUELO CON ADICIÓN DEL 6% DE POLÍMERO ACRÍLICO
Norma : MTC
Ensayado por : A.Y.G.
Fecha de emisión : OCTUBRE - 2022

ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132

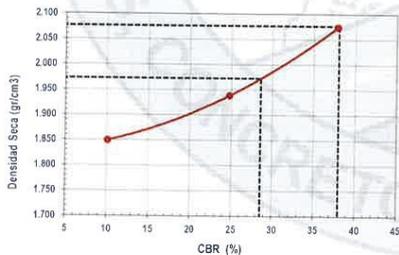
Hoja - 02 de 02



MOLDE N°1	
CBR (0.1")	37.9 %
CBR (0.2")	38.0 %
Densidad seca (g/cm ³)	2.074

MOLDE N°2	
CBR (0.1")	24.7 %
CBR (0.2")	25.0 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.938

MOLDE N°3	
CBR (0.1")	10.1 %
CBR (0.2")	10.3 %
Densidad seca (g/cm ³)	1.850



Metodo de compactación : ASTM D1557
 Maxima densidad seca (g/cm³) : 2.076
 Optimo contenido de humedad (%) : 10.2
 95% maxima densidad seca (g/cm³) : 1.972

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 0.1" 38.0 0.2" 38.1
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 0.1" 28.6 0.2" 28.7

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 38.0 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 28.6 (%)

NOTAS:

- Muestreo e identificación realizados por el peticionario
- El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad



Luis Gamarra Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 C.P. 198161

RUC: 20606529229

Ps.J. GRAU #211- CHILCA

T. 088322853 / 05652551

GEO TEST V S.A.C.

GEOTEST.V@GMAIL.COM

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRAULICA



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA



Ph del suelo

▲ RUC: 20606529229

📍 Psj. GRAU #211 - CHILCA

☎ 990229952 / 952525151

🏢 GEO TEST V S.A.C.

✉ GEO TEST.V@GMAIL.COM

🌐 LABORATORIOGEOTESTV.COM



LABORATORIO GEO TEST V S.A.C.

MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, ASFALTO E HIDRÁULICA

ANÁLISIS DE PH DEL SUELO

MTC E 129

PROYECTO : TESIS- "ANÁLISIS CON POLÍMEROS ACRÍLICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EN EL JIRÓN LOS ALAMOS, HUANCAYO-JUNÍN"
SOLICITA : Bach. SANTOS ARRIETA, Sandy
TRAMO : -
UBICACIÓN : Huancayo – Perú
MATERIAL : SUELO NATURAL Y SUELO CON ADICIONES DE POLÍMERO

FECHA: Oct-2022
TECNICO: A.Y.G

Muestra :	VALOR		
	Lectura 1	Lectura 2	Promedio
SUELO NATURAL	7.5	7.8	7.7

Interpretación:

El pH del SUELO NATURAL es Ligeramente Alcalino

Muestra :	VALOR		
	Lectura 1	Lectura 2	Promedio
SUELO NATURAL CON 2% DE ADICIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO	8.5	8.51	8.5

Interpretación:

El pH del Suelo SUELO NATURAL CON 2% DE ADICIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO es Fuertemente Alcalino

Muestra :	VALOR		
	Lectura 1	Lectura 2	Promedio
SUELO NATURAL CON 4% DE ADICIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO	8.53	8.52	8.5

Interpretación:

El pH de SUELO NATURAL CON 4% DE ADICIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO es Fuertemente Alcalino

Muestra :	VALOR		
	Lectura 1	Lectura 2	Promedio
SUELO NATURAL CON 6% DE ADICIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO	8.61	8.64	8.6

Interpretación:

El pH de SUELO NATURAL CON 6% DE ADICIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO es Fuertemente Alcalino

Luis Gamarra Espinoza
INGENIERO CIVIL
CIP 128161

RUC: 20606529229

PSJ. GRAU #211- CHILCA

GEO TEST V S.A.C.

GEOTEST.V@GMAIL.COM

Anexo 5: Confiabilidad y validez del instrumento

Escala de actitudes hacia la investigación

Instrumento: Ficha de evaluación de ensayos

Nombre: Pedro Asisclo Aranda Villanueva Edad: 37
 Profesión: Ingeniero Civil
 Empresa de trabajo: Municipalidad de Pomac
 Área de trabajo: Sub Gerencia de Obras Públicas

Escala de valores: Deficiente (3), Aceptable (2), Excelente (1)

Dimensión	Nº	Ítem	Deficiente	Aceptable	Excelente
Propiedades del Polímero acrílico	Óptimo porcentaje				
	1	PH de polímero acrílico			X
	2	Densidad relativa del polímero acrílico.		X	
Observaciones					
Proporción de polímero acrílico	Parámetros				
	1	2% de polímero acrílico			X
	2	4% de polímero acrílico			X
	3	6% de polímero acrílico			X
Observaciones					
Propiedades Físicas	Parámetros				
	1	Límites de consistencia		X	
	2	Clasificación SUCS		X	
	3	Clasificación AASHTO			X
	4	Pasante por el tamiz de 426 mm (Nº40)		X	
	5	Suelo humedecido			X
	6	Fisura de los rollos de 3.2. mm de diámetro muestra de suelo			X
Observaciones					
Densidad Seca	Parámetros				
	1	Proctor modificado			X
	2	Contenido de agua			X
	3	Peso unitario seco de los suelos			X
	4	Material pasante por el tamiz 4,75 mm (Nº4)			X
Observaciones					
Resistencia del suelo	Parámetros				
	1	CBR			X
	2	Material suelto y superficial			X
	3	Soporte del dial de penetración		X	
	4	Carga del pistón			X
Observaciones					
PH del suelo	Resistencia del suelo				
	1	Grado de alcalinidad			X
Observaciones					


 PEDRO ASISCLO
 ARANDA VILLANUEVA
 INGENIERO CIVIL
 (Reg. CIP N° 196676)

Constancia de validación

Yo, Pedro Asisclo Aranda Villanueva CIP N° 196676

De profesión Ingeniero Civil, y ejerciendo actualmente como Coordinador, en la empresa Municipalidad de Pomac, hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento "Análisis Con Polímeros Acrílicos Para La Estabilización De Subrasante En Suelos Arcillosos En El Jiron Los Alamos, Huancayo - Junín" diseñado por el investigador Santos Arrieta, Sandy Ibe, y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia Ítem - Dimensión			X
Amplitud de contenidos		X	
Redacción de los Ítems		X	
Precisión de los Ítems			X
Ortografía			X
Presentación			X

En la ciudad de Huancayo, el 21 del mes de noviembre del 2022


 PEDRO ASISCLO
 ARANDA VILLANUEVA
 INGENIERO CIVIL
 (Reg. CIP N° 196676)

Firma y sello del validador

Nombres y apellidos: Pedro Asisclo Aranda Villanueva

DNI: 43115045

Escala de actitudes hacia la investigación

Instrumento: Ficha de evaluación de ensayos

Nombre: DAVID SERGIO ASTUDILLO SANCHEZ Edad: 39

Profesión: INGENIERO CIVIL

Empresa de trabajo: JNR CONSULTORES S.A.

Área de trabajo: GERENCIA DE ESTUDIOS

Escala de valores: Deficiente (3), Aceptable (2), Excelente (1)

Dimensión	Nº	ítem	Deficiente	Aceptable	Excelente
Propiedades del Polímero acrílico	Óptimo porcentaje				
	1	PH de polímero acrílico			X
	2	Densidad relativa del polímero acrílico.			X
Observaciones					
Proporción de polímero acrílico	Parámetros				
	1	2% de polímero acrílico			X
	2	4% de polímero acrílico			X
	3	6% de polímero acrílico			X
Observaciones					
Propiedades Físicas	Parámetros				
	1	Límites de consistencia			X
	2	Clasificación SUCS			X
	3	Clasificación AASHTO			X
	4	Pasante por el tamiz de 426 mm (Nº40)			X
	5	Suelo humedecido			X
	6	Fisura de los rollos de 3.2. mm de diámetro muestra de suelo			X
Observaciones					
Densidad Seca	Parámetros				
	1	Proctor modificado			X
	2	Contenido de agua			X
	3	Peso unitario seco de los suelos			X
	4	Material pasante por el tamiz 4,75 mm (Nº4)			X
Observaciones					
Resistencia del suelo	Parámetros				
	1	CBR			X
	2	Material suelto y superficial			X
	3	Soporte del dial de penetración			X
	4	Carga del pistón			X
Observaciones					
PH del suelo	Resistencia del suelo				
	1	Grado de alcalinidad			X
Observaciones					


 DAVID SERGIO ASTUDILLO SANCHEZ
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP Nº 63698

Constancia de validación

Yo, DAVID SERGIO ASTUDILLO SANCHEZ CIP Nº 53698

De profesión INGENIERO CIVIL, y ejerciendo actualmente como GERENTE DE ESTUDIOS, en la empresa JNR CONSULTORES S.A., hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento "Análisis Con Polímeros Acrílicos Para La Estabilización De Subrasante En Suelos Arcillosos En El Jiron Los Alamos, Huancayo - Junín" diseñado por el investigador Santos Arrieta, Sandy Ibe, y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia Ítem - Dimensión			X
Amplitud de contenidos			X
Redacción de los Ítems			X
Precisión de los Ítems			X
Ortografía			X
Presentación			X

En la ciudad de Huancayo, el 21 del mes de noviembre del 2022


 DAVID SERGIO ASTUDILLO SANCHEZ
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP Nº 63698

Firma y sello del validador

Nombres y apellidos: DAVID SERGIO ASTUDILLO SANCHEZ

DNI: 08575236

Constancia de validación

Yo, JAIME JORGE SAAVEDRA DE RIVERO CIP N° 34486

De profesión INGENIERO CIVIL, y ejerciendo actualmente como DIRECTOR, en la empresa JJR CONSULTORES S.A hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento "Análisis Con Polímeros Acrílicos Para La Estabilización De Subrasante En Suelos Arcillosos En El Jiron Los Alamos, Huancayo - Junín" diseñado por el investigador Santos Arrieta, Sandy Ibe, y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia Ítem - Dimensión			X
Amplitud de contenidos			X
Redacción de los Ítems		X	
Precisión de los Ítems		X	
Ortografía		X	
Presentación			X

En la ciudad de Huancayo, el 21 del mes de noviembre del 2022


 JAIME JORGE
 SAAVEDRA DE RIVERO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 34486

Firma y sello del validador

Nombres y apellidos: JAIME JORGE SAAVEDRA DE RIVERO

DNI: 07854690

Escala de actitudes hacia la investigación

Instrumento: Ficha de evaluación de ensayos

Nombre: JAIME SAAVEDRA DE RIVERO Edad: 75

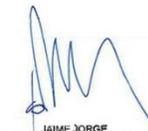
Profesión: INGENIERO CIVIL

Empresa de trabajo: JJR CONSULTORES SA

Área de trabajo: _____

Escala de valores: Deficiente (3), Aceptable (2), Excelente (1)

Dimensión	N°	Ítem	Deficiente	Aceptable	Excelente
Propiedades del Polímero acrílico	Óptimo porcentaje				
	1	PH de polímero acrílico		X	
	2	Densidad relativa del polímero acrílico.		X	
Observaciones					
Proporción de polímero acrílico	Parámetros				
	1	2% de polímero acrílico			X
	2	4% de polímero acrílico			X
	3	6% de polímero acrílico			X
Observaciones					
Propiedades Físicas	Parámetros				
	1	Límites de consistencia			X
	2	Clasificación SUCS			X
	3	Clasificación AASHTO			X
	4	Pasante por el tamiz de 426 mm (N°40)			X
	5	Suelo humedecido		X	
	6	Fisura de los rollos de 3.2. mm de diámetro muestra de suelo			X
Observaciones					
Densidad Seca	Parámetros				
	1	Proctor modificado		X	
	2	Contenido de agua			X
	3	Peso unitario seco de los suelos			X
	4	Material pasante por el tamiz 4,75 mm (N°4)		X	
Observaciones					
Resistencia del suelo	Parámetros				
	1	CBR			X
	2	Material suelto y superficial		X	
	3	Soporte del dial de penetración			X
	4	Carga del pistón			X
Observaciones					
PH del suelo	Resistencia del suelo				
	1	Grado de alcalinidad			X
Observaciones					


 JAIME JORGE
 SAAVEDRA DE RIVERO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 34486

Cálculo de evaluación de instrumentos por alfa de Cronbach

Nº de expertos	Propiedades del Polímero acrílico			Proporción de polímero acrílico			Propiedades Físicas					Densidad Seca				Resistencia del suelo			PH del suelo	Total cordialidad (n)		
	PH de polímero acrílico.	Densidad relativa del polímero acrílico.		2% de polímero acrílico.	4% de polímero acrílico.	6% de polímero acrílico.	Límites de consistencia	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Pasante por el tamiz de 425 mm (N 40)	Suelo humedecido	Fisura de los rollos de 3.2. mm de diámetro muestra de suelo	Proctor modificado	Contenido de agua	Peso unitario seco de los suelos	Material pasante por el tamiz 4,75 mm (N 4)	CBR	Material suelto y superficial	Soporte del dial de penetración		Carga del pistón	Grado de alcalinidad
Experto 1	1	2		1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	25
Experto 2	2	2		1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	26
Experto 3	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20
																						10,33
Varianza	0,33	0,33		0,00	0,00	0,00	0,33	0,33	0,00	0,33	0,33	0,33	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	0,33	0,33	0,00	0,00	3,33

RANGOS	MAGNITUD
0.81 a 1.00	Muy Alta
0.60 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a menos	Muy Baja

ESTADISTICOS	VALORES	MAGNITUD
K	20	$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_j^2}{S_T^2} \right]$
Sumatoria de varianzas ($\sum S_j^2$)	3,33	
Varianza total de la prueba ($\sum S_T^2$)	10,33	
Alfa de Cronbach	0,80	ALTA

Anexo 6: La data del procedimiento de datos.

Ensayos	Descripción	Muestra de Control	Suelos + 2% Polímero Acrílico	Suelos + 4% Polímero Acrílico	Suelos + 6% Polímero Acrílico
Límites de Consistencia	Limite Liquido	25.67	24.1	16.52	17.77
	Limite Plástico	19.4	18.37	16.52	17.77
	Índice de Plasticidad	6.27	5.73	5.60	5.40
Proctor Modificado	Máxima Densidad Seca (g/cm3)	1.77	2.05	2.07	2.08
	Optimo Contenido de Humedad (%)	14.98	11.57	10.61	10.24
Capacidad de Soporte (CBR)	MDS 100%	6.70	23.80	29.80	38.00
	MDS 95%	5.10	17.00	22.70	28.60
PH		7.65	8.51	8.53	8.63

Anexo 7: Fotografía de la aplicación del instrumento

1. EXPLORACIÓN DE CALITAS.



Fotografía N° 1: Exploración de calicata C-1
Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).



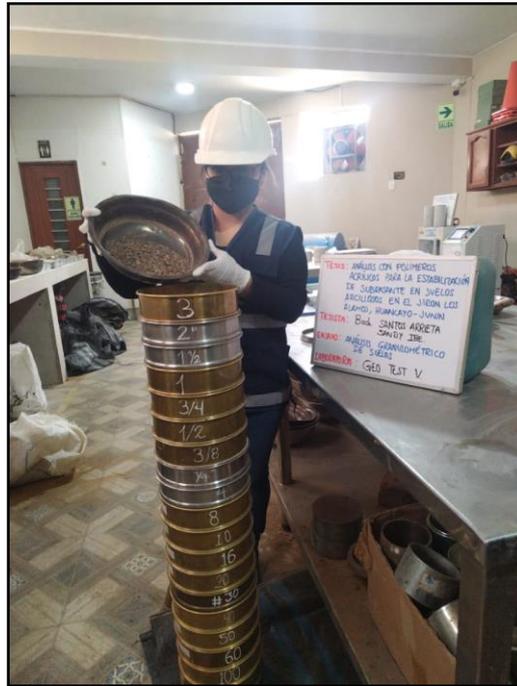
Fotografía N° 2: Exploración de calicata C-2, a 0.80m, para luego llegar a la profundidad de 3.00m.

Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).



Fotografía N° 3: Exploración de calicata C-3.
Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).

4. GRANULOMETRÍA



Fotografía N° 6: Análisis granulométrico, separación por tamaño de partículas por el método de tamizado, MTC E. 107.

Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).

5. LIMITES DE ATTERBENG.



Fotografía N° 7: Ensayo de LL y LP, norma MTC E. 110.

Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).



Fotografía N° 8: Ensayo de LP, MTC E 111.

Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).

6. PROCTOR MODIFICADO



Fotografía N° 9: Preparación del material para el ensayo, referencia norma MTC E. 115.

Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).



Fotografía N° 10: Medida de la preparación en una cantidad referente a la masa del material para adición de distintos 2%, 4% y 6% del polímero de acrílico; referencia norma MTC E. 115.

Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).



Fotografía N° 11: Combinación del material con la mezcla del 2% de polímero acrílico para realizar ensayo de Proctor modificado; referencia norma MTC E 115.
Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).



Fotografía N° 12: Preparación de la mezcla en un 4% a base de polímero acrílico, Norma MTC E.115.
Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).



Fotografía N° 13: Enrasado del material compactado con adición de 4% de polímero acrílico dentro del molde en 5 capas, con 56 golpes, norma MTC E 115.
Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).



Fotografía N° 14: Preparación de la mezcla en un 6% a base de polímero acrílico para la investigación correspondiente, según referencia de la norma MTC E 115.

Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).



Fotografía N° 15: Medida del 6% del polímero acrílico; para ensayo de Proctor modificado según referencia de la norma MTC E 115.
Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).

7. ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)



Fotografía N° 16: Preparación de los materiales para el ensayo dentro del molde en 5 capas, en un molde con 56 golpes, en el segundo molde por 25 golpes y en el tercer molde 12 golpes, según referencia de la norma MTC E 132.

Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).



Fotografía N°17: Saturación de moldes compactados para la futura expansión del material; según indica la norma MTC E 132.

Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).

8. LECTURA DE EXPANSIÓN



Fotografía N° 18: Sumergido de moldes por 96 horas midiendo la expansión cada 24 hs, norma MTC E.132.

Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).



Fotografía N° 19: Lectura de la expansión del material hasta su máxima dilatación con los días por cada 24 hs, norma MTC E.132.

Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).



Fotografía N° 20: Sumergido de los moldes por 96 hs midiendo la expansión cada 24 hs con adición del 2% y 6% de polímero acrílico, norma MTC E 132.
Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).

9. LECTURA DE PENETRACIÓN (CBR)



Fotografía N° 20: Ensayo para la determinación de un índice de resistencia del suelo, Lectura de penetración en el dial, 0.025" a 0.500" convencional, MTC E .132.
Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).



Fotografía N° 19: Ensayo para la determinación de un índice de resistencia del suelo, Lectura de penetración en el dial, 0.025" a 0.500" de material convencional y material con adiciones, MTC E 132.

Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).



Fotografía N° 20: Ensayo para la determinación de un índice de resistencia del suelo, Lectura de penetración en el dial, 0.025" a 0.500" de material convencional y material con adiciones, MTC E 132.

Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).

ANALISIS DE PH DEL SUELO



Fotografía N° 213: Análisis de PH del material en sus distintas dosificaciones, norma MTC E. 129.

Fuente: Elaboración por (Santos Arrieta).