



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Influencia del mucilago de linaza en las propiedades físico
mecánicas de la subrasante en la A.P.V Vallecito San Jerónimo,
Cusco – 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
Ingeniero Civil

AUTOR:

Quea Ampa, Andrés (ORCID: 0000-0003-0049-0065)

ASESOR:

Mg. Ing. Carlos Danilo Minaya Rosario (ORCID: 0000-0002-0655-523X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedico con todo mi corazón esta tesis a mis padres, pues sin ellos no lo hubiera logrado. Muchos de mis logros los debo a ustedes, en los que se incluye este, me motivaron constantemente para alcanzar mis objetivos, por ello les dedico este trabajo

Agradecimientos

Primeramente, agradezco a Dios y a mis padres por el apoyo incondicional que me dieron en todo momento.

A mis hermanos que estuvieron en todo momento de mi vida, dándome apoyo para poder concluir mis estudios.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS	v
RESUMENvi
ABSTRACTvii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA	15
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	15
3.2. Variables y Operacionalización.....	16
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
3.5. Procedimientos	19
3.6. Método de análisis de datos	20
3.7. Aspectos éticos.....	20
IV. RESULTADOS.....	21
V. DISCUSION	38
VI. CONCLUSIONES.....	41
VII. RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS.....	45
ANEXOS	47

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Porcentajes retenidos y pasantes</i>	<u>33</u>
<i>Tabla 2. Resultados de los ensayos en laboratorio de la muestra natural (P)</i>	<u>40</u>
<i>Tabla 3. Máxima densidad seca</i>	<u>42</u>
<i>Tabla 4. Óptimo contenido de humedad.</i>	<u>44</u>
<i>Tabla 5. California Bearing Ratio (CBR).</i>	<u>46</u>
<i>Tabla 6. calculo del porcentaje ideal de mucilago de linaza..</i>	<u>46</u>
<i>Tabla 7. Maxima densidad seca..</i>	<u>48</u>
<i>Tabla 8. Optimo contenido de humedad.</i>	<u>49</u>
<i>Tabla 9. California Bearing Ratio (CBR).</i>	<u>49</u>

Índice de figuras

<i>Figura 1. imagen cantidad de Calicatas para Exploración de Suelos</i>	25
<i>Figura 2. Imagen de Número de Ensayos CBR</i>	27
<i>Figura 3. Mapa del Perú</i>	30
<i>Figura 4. Mapa del Departamento del Cusco</i>	30
<i>Figura 5. Localización de la AV. Primavera</i>	31
<i>Figura 6. Calicata -1</i>	31
<i>Figura 7. Calicata -1</i>	31
<i>Figura 08: tamizado del suelo</i>	32
<i>Figura 09: tamizado del suelo</i>	32
<i>Figura 10: tamaño de partículas</i>	32
<i>Figura 11: Imagen curva granulometrica</i>	34
<i>Figura 12: límite líquido</i>	35
<i>Figura 13: límite plastico</i>	35
<i>Figura 14: límite consistencia</i>	35
<i>Figura 15: carta de plasticidad</i>	36
<i>Figura 16: Optimo contenido de humedad</i>	37
<i>Figura 17: Optimo Contenido de Humedad inicial</i>	37
<i>Figura 18: Máxima densidad seca</i>	38
<i>Figura 19. Máxima Densidad Seca de la muestra inicial.</i>	38
<i>Figura 20: Grafico del CBR de la muestra Natural</i>	39
<i>Figura 21: Máxima densidad seca</i>	41
<i>Figura 22: Máxima densidad seca</i>	41
<i>Figura 23: Máxima densidad seca</i>	41
<i>Figura 24: Máxima densidad seca</i>	42
<i>Figura 25: Optimo contenido de humedad</i>	43
<i>Figura 26: Optimo contenido de humedad</i>	43
<i>Figura 27: Optimo contenido de humedad</i>	44
<i>Figura 28: Optimo contenido de humedad</i>	45

RESUMEN

El presente trabajo busca nuevas alternativas de solución para la mejora de las propiedades físico mecánicas de la subrasante en suelos arena limosos, mediante la sustitución del agua por mucilago de linaza en ciertos porcentajes.

En diferentes partes se realizaron mejoramiento de la subrasante con distintos productos naturales, reciclados y productos químicos

La metodología es científica de nivel explicativo de enfoque cuantitativo, tipo aplicativo diseño cuasi experimental, la población y la muestra estuvo conformada por los suelos arenas limosas existentes en la AV. primavera que se encuentra ubicado en el Distrito de San Jerónimo, provincia del Cusco, con una longitud de 0.850 km y 5 metros de ancho, con un área total de 4250 m².

Concluyendo después de realizar los ensayos de granulometría, límites de consistencia, proctor modificado y CBR. con la sustitución del agua por mucilago de linaza en un 30%, 55% y 80% se obtuvo resultados favorables en las propiedades físico mecánicas de la subrasante.

Los resultados obtenidos son similares con otras tesis, varían según el tipo de suelo.

La sustitución del agua por mucilago de linaza que tuvo mejores resultados fue del 30%.

Se recomienda realizar la sustitución del agua por mucilago de linaza menos del 30%

Palabras claves: mucilago, densidad, humedad óptimo y CBR

ABSTRACT

The present work looks for new alternative solutions to improve the physical-mechanical properties of the subgrade in silty sandy soils, by substituting water for linseed mucilage in certain percentages.

In different parts, the subgrade was improved with different natural, recycled and chemical products.

The methodology is scientific with an explanatory level of quantitative approach, an application type quasi-experimental design, the population and the sample consisted of the silty sandy soils existing in the AV. Spring that is located in the District of San Jerónimo, province of Cusco, with a length of 0.850 km and 5 meters wide, with a total area of 4250 m².

Concluding after performing the grain size, consistency limits, modified proctor and CBR tests. With the substitution of water for linseed mucilage in 30%, 55% and 80%, favorable results were obtained in the physical-mechanical properties of the subgrade.

The results obtained are similar with other theses, they vary according to the type of soil.

The substitution of water for linseed mucilage that had better results was 30%.

It is recommended to replace the water with linseed mucilage less than 30%

Keywords: mucilage, density, optimal moisture and CBR

I. INTRODUCCIÓN

A nivel global, los procedimientos de estabilización de suelos, para una mejora de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante, en diversos países como: Colombia, Ecuador, Chile entre otros; optaron por diferentes métodos como la utilización de productos químicos y reutilización de residuos, por motivos sociales, ambientales y económicos, donde se buscó elevar su capacidad de resistencia, condiciones de plasticidad y durabilidad. Es importante señalar que los defectos que se originen en la estructura del pavimento o vías de acceso, sean corregidos en la brevedad posible, para evitar mayores daños a la infraestructura del pavimento y generar malestar a la población. Estos fueron disminuyendo con la incorporación de cascara de coco, cisco de café, cal, cloruro de sodio y aditivos químicos no tradicionales.

En el Perú, es importante contar con una infraestructura vial de pavimentos o vías de acceso que se encuentren en buen estado y así poder garantizar un transporte seguro y eficaz. El deterioro de los pavimentos construidos o caminos a nivel nacional incrementó por diversos factores, es debido a un mal procedimiento constructivo, mala compactación del terreno entre otros; asimismo es importante evaluar el mejoramiento de sus propiedades con la incorporación de materiales que mejoren su estructura. En los últimos años, con el surgimiento de innovadoras técnicas de mejoramiento con productos químicos, productos naturales y reutilización de residuos, una de las cuales es el mejoramiento con derivados de plantas. En diversas zonas del Perú como Huancayo, San Martín y Huaraz encontramos diferentes tipos de suelos que fueron materia de estudio, incorporándose mucilago de penca de tuna, resina de plátano y ceniza de caña de azúcar, donde el suelo no presentaba propiedades adecuadas para su utilización de manera directa, lo que conllevó al mejoramiento del suelo con la incorporación de productos naturales y residuales antes mencionados.

La contaminación se ha incrementado en estos posteriores años, siendo originado por incorrectas maneras de eliminación de residuos. Asimismo, una de las alternativas para la descontaminación es incluir estos residuos a diversos materiales en las distintas áreas de la construcción. Por tal motivo, se realizó una correcta reutilización de estos residuos; sobre todo en la adición de porcentajes en la subrasante de los

pavimentos o vías de acceso como estabilizantes de suelo; así como también, obtener beneficios ambientales, sociales y económicos.

En el distrito de San Jeronimo , se encuentra ubicado A.P.V Vallecito de Pillao, situado en la provincia del Cusco y departamento del Cusco; . Por lo frecuente, se presencia precipitaciones pluviales en el mes de enero ,febrero , marzo y diciembre donde generalmente suelen ser fuertes, leves y irregulares.

De acuerdo al tipo de terreno encontrado, se observó que el tipo de suelo en la A.P.V Vallecito de Pillao es un suelo arena limosa, por lo que no es un suelo adecuado para la subrasante, es por lo cual se propuso una alternativa, sustituir el agua que contiene el suelo por el mucilago de linaza en ciertos porcentajes y así determinar su influencia en el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante.

Formulación del Problema

La AV primavera de la A.P.V Vallecito se encuentran a nivel de trocha y contiene material arena limosos, pero por necesidad vienen siendo utilizadas por los ciudadanos aun sin construirse, ante este requerimiento de uso y para mejorar su estabilización se planteó su mejoramiento con otras alternativas. Muchos de los productos industriales para el mejoramiento de la subrasante son costosos y difíciles de encontrar en la ciudad del Cusco, por lo que se tiene que hacer pedido a otras Ciudades del Perú, en ciertas cantidades mínimas. Frente a este problema se planteó tener otras alternativas, como es el mucilago de linaza que mejoro las propiedades físicas mecánicas de la sub rasante.

Problema general

¿Cuánto influye el mucilago de linaza en las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la a.p.v Vallecito, San Jerónimo, Cusco - 2021?

Los problemas específicos de esta investigación son

- ¿Cuánto influye el mucílago de linaza, en la máxima densidad seca de la subrasante en la A.P.V Vallecito, San Jerónimo, Cusco - 2021?
- ¿Cuánto influye el mucílago de linaza, en el óptimo contenido de humedad de la subrasante en la A.P.V Vallecito, San Jerónimo, Cusco - 2021?

- ¿Cuánto influye el mucílago de linaza, en el CBR de la subrasante en la A.P.V Vallecito, San Jerónimo, Cusco - 2021?

Justificación de la investigación

La razón principal por la que se realizó esta investigación es dar otras alternativas de solución aplicando una nueva técnica para el mejoramiento de la subrasante, que esté al alcance de todos, con esta investigación mejoramos la transitabilidad de los vehículos, así se beneficiaran los vecinos del APV Vallecito. En el diseño de una infraestructura vial tenemos muchas limitantes, estas dependen del lugar donde se realiza los trabajos, es por eso conocer otras alternativas de solución. Es importante definir la influencia del mucilago de linaza en las propiedades físico – mecánicas de la subrasante del terreno arena limosos. La investigación definió cuanto es la proporción ideal del mucilago de linaza en el mejoramiento de la subrasante en suelos arena limosos, esta nueva metodología que damos a conocer llena un vacío de conocimiento

Hipótesis General:

La incorporación de mucilago de linaza en porcentajes de 30%, 55% y 80% mejora las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en suelos arena limosos, Cusco 2021

Las hipótesis específicas de esta investigación son:

- La incorporación de mucilago de linaza aumenta la máxima densidad seca en las propiedades físicas de la subrasante en suelos arena limosos, Cusco 2021.
- La incorporación de mucilago de linaza disminuye la humedad óptima en las propiedades físicas de la subrasante en suelos arena limosos, Cusco 2021.
- La incorporación de mucilago de linaza aumenta el CBR en las propiedades mecánicas de la subrasante en suelos arena limosos, Cusco 2021.

Objetivo General:

Evaluar la influencia de mucilago de linaza en las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en suelos arena limosos, Cusco 2021.

Los objetivos específicos de esta investigación son:

- Evaluar la influencia del mucilago de linaza sobre la máxima densidad seca en las propiedades físicas de la subrasante en suelos arena limosos, Cusco 2021.

- Evaluar la influencia del mucilago de linaza sobre la humedad optima en las propiedades físicas de la subrasante en suelos arena limosos,, Cusco 2021.
- Evaluar la influencia del mucilago de linaza sobre el cbr en las propiedades mecánicas de la subrasante en suelos arena limosos,, Cusco 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Mendizabal (2018) Tesis, “*Adicion del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelos arcillosos, Chilca* ” de la **Universidad Peruana los Andes - Huancayo**, cuya **finalidad** fue: definir los efectos de la subrasante por la adicion de mucilago de penca de tuna, para la estabilizacion del suelo arcilloso con un valor de CBR de 5.20% en el jiron la Union, Chilca. Es un estudio de **tipo** experimental, la **poblacion** tomada para el estudio constaba del suelo de la subrasante, la **muestra** tomada se encuentra en la cuadra 10 y 11 del jiron la union, el tipo de **muestreo** fue no probabilistica, los **instrumentos** que se emplearon fue equipos para efectuar los ensayos de Proctor modificado, indice plastico y CBR. **Resultados** tenemos que al sustituir 25% de mucilago de penca de tuna alcanza un CBR de 7.6%, al sustituir 50% su CBR es de 9.4% y al sustituir 75% su CBR es 11.8%. se **concluye** que las características físicas y mecánicas del suelo con la sustitucion de mucilago de penca de tuna mejoran¹.

More y Ydrogo(2019) Tesis, “*Estabilizacion de la sub rasante en suelos adicionando la resina de platano en el tramo Cacatachi – Chirapa 2019* ” de la **Universidad César Vallejo**, lleva como **objetivo**: Estabilizar la subrasante agregando resina de platano en el tramo cacatachi – Chirapa. Visualizamos que fue un **estudio** de tipo experimental, se toma como **población** el tramo Cacatachi- Chirapa que se localiza en el distrito de Cacatachi, con una extension de 10.000 Km, dando como **muestra** entre el Km 2+000 hasta el Km 6+000, el **muestreo** fue un tipo no probabilistico, los **instrumentos** que se emplearon fue equipos para efectuar los ensayos de Proctor modificado, limites de plasticidad y CBR. Como **resultados** adicionando resina de plátano al (GE1) con porcentaje del 1.25% alcanzando un CBR al de 8.00%, en el (GE2) con porcentaje del 2.50% de resina de plátano alcanzó un CBR al de 12.50% y al (GE3) con porcentaje del 5.00% consiguió un CBR de 11.00%. **Se concluye** se tuvo mejores resultados con la adicion de resina de plátano al (GE2) con un porcentaje del 2.50% en comparación con la muestra del (GC) grupo control en la calicata que alcanza un CBR 6.60%².

Velásquez y Espinoza (2018) Tesis, “*Estabilización de suelos arcillosos adicionando ceniza de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, Distrito de*

Independencia 2018” de la **Universidad César Vallejo Huaraz**, lleva como **finalidad**: Definir la consistencia de suelos arcillosos agregando ceniza de caña de azúcar. Visualizamos que fue un **estudio** de tipo experimental, se toma como **población** los suelos arcillosos que existen en todo el tramo, la **muestra** se excavo tres calicatas en el tramo, progresiva 0+000 ala progresiva 1+149, el **muestreo** fue un tipo no probabilistico, los **instrumentos** que se emplearon fue equipos para efectuar los ensayos de Proctor modificado, limite de concistencia y CBR. Como **resultados** agregando el 20% de ceniza, en relación al peso seco y el óptimo contenido de humedad, obtuvo un CBR de 15.18%, con un 10% de cenizas obtuvo un CBR de 11.56% y con un 30% obtuvo un CBR de 10.42%, **Se concluye** que se tuvo una mejora, con el incremento del 20% de cenizas.³

Cobos, Ortegon y Peralta (2019) Tesis, “**Caracterización del comportamiento geotécnico de suelos de origen volcánico estabilizados con cenizas provenientes de cáscara de coco y cisco de café**” de la **Universidad Cooperativa de Colombia**, lleva como **objetivo**: Evaluar el comportamiento geotécnico de suelos de origen volcánico estabilizados con ceniza proveniente cáscara de coco y cisco de café. Visualizamos que fue un **estudio** de tipo experimental, se toma como **población** Murillo el cual se encuentra muy cercana al foco de emisión de depósitos de cenizas volcánicas, la **muestra** se extrajo en el municipio de Murillo, el **muestreo** fue un tipo no probabilistico, los **instrumentos** que se emplearon fue equipos para efectuar los ensayos de Proctor estándar, limite liquido, limite plastico y CBR. Como **resultados** el CBR Compactado sin adición de ceniza es de 75,09%, los resultados de CBR de muestras compactas con adición de CCF al 5%, 10% y 15%., es de 63.22%, 77.42% y 96.21%. Los resultados de CBR de muestras compactas con adición de CCO al 5%, 10% y 15% es de 68.25%, 78.41% y 99.89%. **Se concluye** que la ceniza de CCF y CCO funcionan como material conglomerante que permite potenciar las propiedades de un suelo⁴.

Pico (2016) tesis, “**Análisis comparativo de la estabilización de la subrasante de la vía entre las Comunidades de Teligote y Masabachos de la parroquia Benítez cantón San Pedro de Pelileo, con cal y cloruro de sodio para realizar el diseño**

de pavimentos de la misma” de la **Universidad** Técnica de Ambato Ecuador, lleva como **objetivo**: Diseñar la vía de las comunidades de Teligote y Masabachos con su respectiva estabilización. Fue un **estudio** de tipo experimental, se toma como **población** la vía entre las Comunidades de Teligote y Masabachos compone de un solo tramo de 3.2 km, la **muestra** se realizo en el Km 0 + 500, Km 1 + 500 y el Km 2+500, el **muestreo** fue un tipo no probabilistico, los **instrumentos** que se emplearon fue equipos para efectuar los ensayos de humedad optima, indice de plasticidad y CBR. Como **resultados** el CBR del Suelo Natural es de 11,3%, el CBR del Suelo Natural + Sal adicionando 80 kg/m³ es de 13,5%, el CBR Suelo Natural + Cal adicionando el 8% del peso seco es de 27%. **Se concluye** que el material más eficiente es la cal, mediante los ensayos efectuados.⁵

Nieto (2019) Tesis : **“Evaluación del uso de aditivos químicos no tradicionales como estabilizadores de suelos limosos para caminos productivos de bajo volumen de tránsito”** de la **Universidad** Técnica Federico Santa Maria Chile, lleva como **objetivo**: determinar la efectividad de los aditivos químicos no tradicionales, la ceniza volante (B) y el aditivo químico liquido (P) combinadas con aditivos tradicionales como estabilizadores mecanicos en tres suelos limosos, el **estudio** es de tipo experimental, se toma como **población** un limo de alta plasticidad (MH), suelo limoso de baja plasticidad (ML) y una arcilla de baja plasticidad (CL). Las **muestras** se obtuvo de las provincias de Arauco, Talca y Concepción, el **muestreo** fue un tipo no probabilistico, los **instrumentos** que se emplearon fue equipos para efectuar los ensayos de modulo resiliente triaxial, Proctor modificado y CBR. Como **resultados** del suelo MH adicionando aditivo P 0.3lt/m³, aditivo B 30kg/m³ y cal viva 30kg/m³ se obtiene un CBR 1, adicionando al suelo CL se obtiene un CBR 50, adicionando al suelo ML se obtiene un CBR 38 y reemplazando la cal viva por cemento Portland en la misma proporción al suelo ML se obtiene un CBR de 71. **Se concluye** con la utilizacion de aditivos no tradicionales P y B en combinacion con los aditivos tradicionales puede presentar propiedades cementantes y reacción puzolánica⁶.

Reshid (2014) tesis para obtener el título profesional lleva como titulo: **“Stabilization of expansive soils with lime”** de la **Universidad** Addis Ababa Etiopía **objetivo**: Es

estudiar los beneficios potenciales que se obtienen con el uso de estabilización química en suelo arcilloso expansivo típico destinado a la construcción de subrasantes, aumentando su capacidad de carga y disminuyendo su plasticidad y controlando los cambios de volumen. el **estudio** es de tipo experimental, se toma como **población** el tramo de carretera Adura-Burbey que consta de 44 km. Las **muestras** se obtuvo de los kilómetros 3+000, 23+450, 32+700 y 35+000, el **muestreo** fue un tipo no probabilístico, los **instrumentos** que se emplearon fue equipos para efectuar los ensayos de Límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR. Como **resultados** del suelo sin la adición de cal obtiene un CBR de 2%, con un incremento del 2%, 4%, 6%, 8%, 10% y 12% de cal obtiene un CBR 1.7%, 2.6%, 3.3%, 4.5%, 5.9% y 8.9%. **Se concluye** con el incremento de cal al 12% el CBR aumenta 345%⁷.

Sanjay (2012) tesis para obtener el título profesional lleva como título: “***Stabilization of very weak subgrade soil with cementitious stabilizers***” de la **Universidad Estatal de Luisiana EE.UU**, lleva como **objetivo**: se enfocará en estabilizar, tratar suelos de subrasante muy débiles que tienen contenidos de humedad, más allá del contenido de humedad óptimo, incluso a veces hasta el límite líquido del suelo para hacer frente al peor caso in situ. el **estudio** es de tipo experimental, se toma como **población** Se seleccionaron cinco tipos de suelo, de diferente plasticidad (PI bajo a PI muy alto). Las **muestras** suelos arenosos y arcillas limosas, el **muestreo** fue un tipo no probabilístico, los **instrumentos** que se emplearon fue equipos para efectuar los ensayos prueba de resistencia, ensayo triaxial, modulo resiliente, ensayos de deformación y CBR. Como **resultados** se obtuvo que adicionando cemento en 0%, 4%, 6% y 8% con respecto al peso de la muestra se tiene un contenido de humedad óptima de 0% y la máxima densidad seca fue de 0.7%, 0.2% y 4%. **Se concluye** con el incremento de cemento el contenido de humedad óptimo y la máxima densidad seca mejora⁸.

Murat (2011) Tesis, “***Improvement of bearing capacity of a soft soil by the addition of fly ash***” de la **Universidad Técnica de Oriente Medio Turquía**, lleva como **objetivo**: El uso de cenizas volantes autocementantes Clase C en diversas proporciones para la mejora de la capacidad portante de un suelo blando. el **estudio**

es de tipo experimental, se toma como **población** carretera estatal Ankara-Samsun en la provincia de Elmadağ. Elmadağ. Las **muestras** Se obtuvieron muestras de suelo blando del área cercana a la carretera estatal Ankara-Samsun en la provincia de Elmadağ, el **muestreo** fue un tipo no probabilístico, los **instrumentos** que se emplearon fue equipos para efectuar los ensayos prueba de resistencia ala compresión, Límites de Atterberg, Análisis SEM-EDX. 75 y CBR. Como **resultados** se obtuvo que adicionando cenizas volantes en 0%, 3%, 5%, 7%, 10% y 15% con respecto al peso de la muestra (CL) se obtiene un CBR de 5%, 6.2%, 6.2%, 10%, 15% y 20% respectivamente. **Se concluye** Se obtiene una mejora sustancial del CBR añadiendo un 7% o más de cenizas volantes⁹.

Goñas y Saldaña (2020), en su artículo que lleva de título: *“Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada”*, que conlleva como **objetivo** evaluar la influencia que tiene un subproducto obtenido de la quema de carbón mineral y carbón vegetal, proveniente de una industria ladrillera de la ciudad de Chachapoyas en el mejoramiento de las propiedades mecánicas de muestras de suelo, fue un **estudio** experimental; se toma como **población** la calle Las Lomas Chachapoyas. Las **muestras** de suelo se tomo de la cuadra ocho y nueve de calle Las Lomas, el **muestreo** fue un tipo no probabilístico, los **instrumentos** que se emplearon fue equipos para efectuar los ensayos proctor estándar, humedad natural, granulometría, límites de consistencia y CBR. Como **resultados** se obtuvo que adicionando cenizas de carbon en 0%, 15%, 20% y 25% se obtiene un CBR de 2%, 2.1%, 2.9% y 3.5% respectivamente. **Se concluye** Las cenizas mejoran las propiedades mecánicas (CBR), aunque no alcanzan los estándares para ser usadas como material apto como subrasante, debido a que no supera el valor mínimo de 6% según el manual de carreteras.¹⁰

Junco (2011), en su artículo que lleva de título: *“Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes de carreteras”*, que conlleva como **objetivo** ala Estabilización e Impermeabilización de suelos creado a partir de sales cuaternarias de amonio en la estabilización de suelos. **estudio** experimental; se toma como **población** extraído de

la cantera Manuela. Las **muestras** se obtuvo de la cantera Manuela, el **muestreo** fue un tipo no probabilístico, los **instrumentos** que se emplearon fue equipos para efectuar los ensayos de índice Plástico, análisis granulométrico, Proctor modificado y CBR. Como **resultados** El suelo natural compactado con el proctor estándar da como resultado un CBR (1,7%), con el proctor Modificado incrementa su resistencia hasta el 11,4%, añadiendo una dosificación correspondiente al manual de 2% de cemento + 14.8ml del producto ROCAMIX para 1.0 kg de suelo (CH) a estabilizar. **Se concluye** De los estudios y análisis realizados podemos afirmar que es factible el empleo del sistema de Estabilización e Impermeabilización de suelos.¹¹

George y Esenwa (2011), en su artículo que lleva de título: *“Mechanical stabilization of a deltaic clayey soil using crushed waste periwinkle shells”*, que conlleva como **objetivo** identificar las propiedades de ingeniería geotécnica de las conchas de bígaro de desechos triturados de Iloabuchi, en Diobu, Port Harcourt, Nigeria. **estudio** experimental; se toma como **población** Iloabuchi, en Diobu, Port Harcourt, Nigeria. Las **muestras** La muestra de suelo se tomó de Emilaghan, Abua Central en el área del gobierno local de Abua / Odua del estado de Rivers, Nigeria, el **muestreo** fue un tipo no probabilístico, los **instrumentos** que se emplearon fue equipos para efectuar los ensayos de índice Plástico, análisis granulométrico y CBR. Como **resultados**. Se obtuvo que al adicionar conchas de bígaro en un porcentaje de 0%,10%, 20%, 30%, 40%, 48%, 60%, 70% y 80% se mantienen, aumenta y disminuye el CBR en 2,0%, 1,2%, 1,6%, 1,6%, 1,8%, 2,0%, 4,8%, 9,4% y 14,0% respectivamente **Se concluye** que estos cambios mejoran ligeramente las propiedades físicas con respecto a la resistencia, como lo indican los resultados de la prueba CBR. Sin embargo, se requiere una mayor proporción de conchas de bígaro de desechos triturados, más del 48% para lograr mejores resultados.¹²

TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

Subrasante

“Por subrasante se comprende la superficie de una terracería terminada,[...]siendo esta última el conjunto de cortes y terraplenes de una obra vial.” [13]

Clasificación del suelo

Suelo es un término amplio utilizado en aplicaciones de ingeniería que incluye todos los depósitos de material suelto en la corteza terrestre.¹⁴

Diversos suelos con parecidas propiedades pueden clasificarse en grupos y subgrupos de acuerdo a su función ingenieril. Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje común para expresar de manera breve las propiedades generales de los suelos, los cuales hay en variedad infinita, sin descripciones detalladas. La mayoría de sistemas de clasificación de los suelos que fueron desarrolladas con propósitos ingenieriles están basadas en un simple índice de propiedades tales como la distribución de tamaño de partículas y la plasticidad.¹⁵

Suelos finos.

El sistema unificado determina los suelos finos divididos entre grupos: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (C) y limos y arcillas orgánicas (O). Cada uno de estos suelos se subdivide a su vez según su límite líquido, en dos grupos cuya frontera es $LI = 50\%$. Si el límite líquido del suelo es menor de 50 se añade al símbolo general la letra L (low compressibility). Si es mayor de 50 se añade la letra H (high compressibility). Obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos.¹⁶

Suelos gruesos.

Se dividen en gravas y arena, y se separan con el tamiz N° 4, de manera que un suelo pertenece al grupo de grava si más del 50% retiene el tamiz No 4 y pertenecerá al grupo arena en caso contrario.¹⁷

Arcilla

Se distingue por tener partículas rígidas con un diámetro menor a 0,005 mm, tiene la característica de cambiar en plástico cuando se agrega agua. Químicamente, es un silicato de alúmina hidratado, aunque en varias ocasiones contiene silicatos de hierro o magnesio hidratados. La estructura de los minerales es normalmente cristalino y complejo, sus átomos están en forma laminar.¹⁸

Limos

Partículas que están en el rango de 0,002 y 0,06 mm imperceptibles. En general, algo plásticas. Los terrenos secos tienen una cohesión apreciable, pero se pueden reducir a polvo con los dedos. Difícilmente erosionados por el viento. Difícil de drenar mediante bombeo.¹⁹

Arenas

Partículas que están en el rango de 0,06 y 2 mm perceptibles. En general no plásticas. Los terrenos secos tienen una ligera cohesión, pero se reducen a polvo fácilmente entre los dedos. Fácilmente erosionadas por el viento. Fácilmente arenadas mediante bombeo.²⁰

Densidad aparente

También conocida como densidad aparente seca, es el peso del suelo seco ($M_{sólidos}$) dividido por el volumen total del suelo (V_{soil}).²¹

Humedad óptima

Para que las partículas del suelo estén en un estado en el que puedan alcanzar la máxima densidad, las partículas del suelo deben humedecerse completamente, pero no demasiado, en lo que el suelo se convierte en barro. Este estado se conoce como "humedad óptima".²²

Estabilización del suelo

La estabilización o modificación del suelo se refiere a la mejora del suelo física o químicamente mediante el uso de diversas técnicas, incluida la compactación mecánica y el uso de varios productos químicos ricos en calcio.²³

Mucilago de linaza

“[...] La semilla de linaza presenta exteriormente una capa de celdillas transparentes, de paredes delgadas, bastante grandes, casi cúbicas, que se inchan muy pronto en el agua y se desgarran para formar el mucilago. Por debajo se encuentra una primera hilera de celdillas de pared externa delgada, mientras que las paredes laterales e

internas son gruesas. Esta capa cubre otras cuyas celdillas tienen paredes muy gruesas, esclerosas y una cavidad muy estrecha.” [24]

Se tomo una proporción de semilla de linaza con agua de 1:13, se llevan las semilla a ebullición por 10 minutos, después se espera que se enfríe para luego reemplazar al agua del suelo arcilloso en un 30%, 55% y 80% para obtener la humedad óptima del suelo.

Propiedades físicas mecánicas

Estudio de Mecánica de Suelos:

Es estudio del terreno adecuado de una obra determinada, para determinar la importancia de la misma y de la naturaleza del terreno *in situ*.²⁵

el suelo estabilizado. Como resultado, mejorará la resistencia, rigidez del suelo estabilizado.²⁶

Granulometría

Análisis granulométrico (NTP 339.128:1999)

“[...]El análisis granulométrico de un suelo tiene como objetivo precisar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, separados en función de su tamaño. Este ensayo consiste en el tamizado del suelo mediante tamices o cedazos.”[27]

Ensayo proctor (NTP 339.141:1999)

“[...]La resistencia de un suelo depende principalmente de su compactación y en consecuencia de su densidad. Cuando más compacto y denso es el suelo, más resistente será.

La resistencia de un suelo depende también de la cantidad de agua que contiene. En efecto, el agua contenida en un suelo lubrica los granos y les permite deslizarse los unos sobre los otros más fácilmente. Pero una cierta humedad permite el movimiento de las partículas del suelo y en consecuencia su compactación.

La finalidad del ensayo Proctor es determinar la cantidad óptima de agua de un suelo que permita la mejor compactación para una energía dada. Esta basada en el hecho de que la compactación es proporcional a la densidad del terreno seco. La parte de una

muestra de un suelo secado mediante estufa se compacta con una energía y una humedad fijas y se mide su densidad seca.” [28]

Ensayo CBR (NTP 339.145:1999)

El ensayo CBR sirve de base al procedimiento habitualmente utilizado para dimensionar los espesores de los firmes flexibles, tratándose en realidad de una prueba de punzonamiento que se realiza sobre un suelo saturado y compactado al proctor exigido en la obra. El ensayo se realiza haciendo penetrar un pistón cilíndrico en una muestra de suelo a una velocidad constante y midiendo la carga necesaria para que se hunda un determinado valor (0,1 o 0,2 pulgadas).²⁹

Límites de consistencia

Para suelos muy finos, como limo y arcilla, la consistencia es una propiedad importante. Determina si el suelo se puede manipular fácilmente. Un sistema de clasificación internacional, Cuando el contenido de agua es muy bajo (como en una arcilla muy seca) el suelo puede ser muy rígido, casi como una Roca. Entonces se dice que está en estado sólido. Agregar agua, por ejemplo, si la arcilla se inunda con la lluvia, puede hacer que la arcilla sea plástica, y para un mayor contenido de agua, la arcilla puede incluso volverse casi líquida. Para distinguir entre estos estados (sólido, plástico y líquido) se han acordado dos pruebas estándar sobre, que indican los límites de consistencia. A veces se denominan límites de Atterberg.³⁰

son límites que se basan en el concepto de que los suelos de grano fino se dividen en cuatro estados según su humedad.³¹

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de investigación - básica o aplicada

Investigación aplicada

Tiene la denominación de “investigación práctica o empírica”, que se distingue porque busca la aplicación o usa los conocimientos obtenidos, a la vez que se obtiene otros, luego de implementar y organizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una estructura inflexible, organizada y sistemática de conocer la realidad. ¹⁹

Por lo cual, la investigación del presente proyecto es del tipo aplicada, debido a que se buscó poner en práctica los conocimientos previos en mejoramiento de la subrasante con el uso del mucilago de linaza, con el fin de tomar decisiones en la elección de una mejor compactación de la subrasante con los diversos porcentajes del mucilago de linaza, en base a los resultados conseguidos del laboratorio, Próctor modificado y CBR.

Diseño de investigación cuasi-experimento

Se trata del diseño de investigación experimentales en el cual los sujetos o grupos de sujetos de estudio no están destinados aleatoriamente. Los diseños cuasi-experimentales más usados siguen la misma lógica e involucran la comparación de los grupos de tratamiento y control como en las pruebas aleatorias. En otros diseños, el grupo de tratamiento sirve como su propio control (se compara el "antes" con el "después") y se emplea métodos de series de tiempo para cuantificar el impacto neto del programa.²⁰

De este modo, el proyecto se considera cuasi experimental, debido a que se manipularon intencionalmente las cantidades del mucilago de linaza (30%, 55% y 80%) en la subrasante, con el objetivo de analizar su influencia en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante; además, se clasifica como cuasi-experimental, puesto a que el tipo de terreno para el presente estudio ha sido pre definido por el investigador, contando con cuatro ensayos que corresponden a la muestra patrón y a las muestras con el mucilago de linaza en 30%, 55% y 80% del volumen de la muestra; dosificaciones elegidas tentativamente en base a diferentes estudios previos de

diversos autores (tesis Mendizábal 25%, 50% y 75%) realizados con mucilago de penca de tuna en la estabilización de la subrasantes

3.2. Variable y Operacionalización.

Mucilago de linaza: Variable Independiente

Definición conceptual:

mucilago de linaza proviene de la ebullición de semilla de linaza con agua en proporciones de 1:13, por un lapso de 10 minutos.

Definición operacional:

Se sustituyó el agua por mucilago de linaza en 30%, 55% y 80%, se empleó para los 03 diseños de mezclas, con el objetivo de reducir el óptimo contenido de humedad, aumentar la máxima densidad seca y CBR dela subrasante, inicialmente se realizaron calicatas, para ver la clasificación de suelos y los ensayos descritos.

Propiedades de la Subrasante: Variable dependiente

Definición conceptual:

Las propiedades mecánicas dela subrasante varían al ser preparado y compactados. Las físicas se mantienen invariables, ambas propiedades variaran cuando se realicen en ellos procedimientos de estabilización.²¹

Definición operacional:

En la subrasante se ensayaron con mucilago de linaza, las cuales influyeron en las propiedades físicas mecánicas dela subrasante donde mejoraron. En esta investigación se realizaron ensayos del Proctor Modificado y CBR para las 4 combinaciones pre establecidos N, 30%, 55%, 80% se vio el grado de reducción del óptimo contenido de humedad el aumento de la máxima densidad seca y CBR, previamente se realizaron 01 calicatas, para ver su granulometría, límites de Atterberg y se clasificación el suelo, para todos estos casos se medirán su calidad mediante ensayos de laboratorio.

Variable Dependiente V1: propiedades de la subrasante

3.3 Población, Muestra y muestreo

Población

Es el total de un fenómeno de estudio, incorpora todas las unidades de análisis que conforma dicho fenómeno y se tiene que cuantificarse para un parecido estudio

conformando un conjunto N de entidades que intervienen de una determinada característica, y se le nombra población por formar el total del fenómeno unido a una investigación.²²

La población estará compuesta por todas las calicatas de 1.5 mt y sus ensayos físicos mecánicos, que resulten de las pruebas de máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad y CBR de las distintas combinaciones con mucilago de linaza aplicado en los 3 diseños adicionales.

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Figura 1: imagen cantidad de Calicatas para Exploración de Suelos
Fuente: Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos

Muestra

Es la que define el problema, ya que puede originar los datos con los cuales se determinan las fallas dentro del desarrollo. La muestra " es el conjunto de espécimen que se saca de la población, para examinar un fenómeno estadístico.²³

Cabe resaltar que, el tipo de carretera del presente estudio es de bajo volumen de tránsito, con un IMDA menor o igual 200 veh/día para una calzada, Figura N°01 del Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos, indicando la realización de (01) calicatas por 1km con un fondo no menor de 1.5 m del nivel de la subrasante.

Cabe resaltar también que, según el tipo de carretera del presente estudio, y de acuerdo al Cuadro 4.2 Figura N°02, la cantidad de Ensayos de CBR del Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos, se indica realizar un (01) Ensayo CBR por cada 3 km como mínimo.

Ante ello, por tener 0.850 Km (1 CBR) y nos indican que en 1 Km debemos realizar (1 calicatas), se tomó en un 1 Km para todo efecto la calicata de la muestra, por ello, se realizaron una (01) calicatas para efectos de la muestra, de ese total, se realizó la Clasificación de Suelos, priorizando las arena limosas y extrayendo una cantidad suficiente para poder realizar cuatro (04) Ensayos CBR, (04) Próctor Modificados, (1) análisis granulométrico y (04) límites de Atterberg. Se definio las propiedades físico – mecánicas, según las proporciones indicadas (N, 30%, 55%, 80%).

Cuadro 4.2
Número de Ensayos Mr y CBR

Tipo de Carretera	N° Mr y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 1 km se realizará un CBR
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 1.5 km se realizará un CBR
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC

Figura 2: Imagen de Numero de Ensayos CBR
Fuente: Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos

Muestreo

Es un instrumento de la investigación científica. Su fin es determinar que parte de una realidad en estudio (población) debe investigarse con el fin de hacer conclusiones sobre la población. El desacierto que se comete debido a que se adquiere conclusiones sobre cierta realidad a partir de las indagaciones de sólo una parte de ella, se nombra error de muestreo. Conseguir una muestra idónea significa lograr una versión resumida de la población, que genere de algún modo sus rasgos básicos.²⁴

El tipo de muestreo se refiere a la técnica de selección, en tal sentido el muestreo es no probabilístico, pues no depende de una fórmula estadística, sino de los principios de elección del tesista, del tipo de carretera y de las características propias de la investigación (manual de carreteras), lo que deriva al desarrollo de la toma de decisiones.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Trata de examinar posibilidades futuras en fundamentos a evidencias presentes. Esta mediante planteamientos probabilísticos, imaginativos, entre otros, entrega resultados sobre futuros deseables, porque parte de la hipótesis de que el porvenir es modelable, cambiante y modificable en el sentido que se estime necesaria y beneficiosa para la población. Todo lo que la prospectiva puede hacer es contribuir en el entendimiento de los factores que están delineando el futuro, cómo interaccionan y cuáles pueden ser sus resultados.²⁵

La Técnica como método de recopilación de datos para este proyecto de investigación, serán los ensayos en laboratorio (cuasi experimental = propiedades de la subrasante), y en base a los instrumentos su recojo de datos será mediante el análisis de mecánica de suelos según sus indicadores (N, 30%, 55% y 80%), empleando para ello, la confiabilidad por los Laboratorios de mecánica de suelos de la zona, los que estarán sujetos a la validez de las normas del ASTM y NTP utilizadas y designadas para cada tipo de ensayo.

3.5. Procedimientos

La excavación de calicatas se realizó en el km 0+400 AV. Primavera – San Jerónimo Cusco, para extraer las muestras de suelos, se realizarán in situ, tendrán una profundidad no menor a 1.5 m del nivel de la sub rasante, el cual será transportado hacia un laboratorio de suelos, para ser sometidos a los ensayos de CBR, Próctor Modificado, granulometría (Atterberg: Límite Líquido y Límite Plástico) según el ASTM y las NTP, para evaluar la mejor opción de resultados, tomándose en cuenta el número de Ensayos y la cantidad de Calicatas a realizarse, en la toma de muestras de los estratos significativos, los mismos que fueron llevados al laboratorio.

3.6. Método de Análisis de datos

Es la ciencia que se encarga de examinar un grupo de datos con el fin de sacar conclusiones sobre la investigación, para tomar decisiones, o solamente ampliar los conocimientos sobre varios temas. El análisis de datos radica en someter los datos a la ejecución de operaciones, esto se realiza con el fin de obtener conclusiones exactas que nos apoyaran a alcanzar nuestros objetivos, las operaciones no pueden precisar previamente ya que la recolección de datos puede descubrir ciertos inconvenientes.²⁶

[...], Los datos de la investigación que se generaran, recopilaran, procesaran deben de estar respaldadas por los objetivos del estudio, [...]40.

Para la selección de datos, estos se ejecutaron mediante la observación directa desde las Calicatas, por medio de ellos nos permitió visualizar cada prueba de la Subrasante ensayado en el laboratorio y tomando los apuntes correspondientes, necesarios de los resultados, los cuales fueron contrastados con la hipótesis.

Validez: el presente trabajo se realizó con las normas técnicas peruanas (NTP) (339.128:1999) y el ASTM D -422, para el ensayo de Análisis granulométrico, (NTP) (339.141:1999) y el ASTM D -1557, para realizar el Ensayo de proctor modificado, (NTP) (339.145:1999) y el ASTM D -1883, ASTM D -6951, para realizar el Ensayo CBR, bajo estas normas se valida el presente trabajo. Los ensayos realizados se hicieron en el laboratorio del Magister Ingeniero Civil Cesar Edilberto Arbulu Jurado consultor en geotecnia.

3.7. Aspectos éticos

siendo bachiller de la carrera profesional de ingeniería civil, se realizó el presente proyecto de investigación con claridad, consideración y confianza de no haber realizado plagio de otras tesis y autores, el cual se respetó sus aportes en esta tesis, indicando todos los manuales, normas e instrumentos que se utilizaron en este proyecto de investigación, los cuales serán verificados al final por la herramienta Turnitin.

IV RESULTADOS

Influencia del mucilago de linaza en las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la A.P.V Vallecito San Jerónimo, Cusco – 2021

El objetivo de la presente tesis fue evaluar el mejor porcentaje de mucilago de linaza al sustituir al agua en un 30%, 55% y 80% para el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de la subrasante. Obteniendo el mejor resultado de la máxima densidad seca con un 30% de mucilago de linaza, un óptimo contenido de humedad con un 30% de mucilago de linaza y CBR con un 30% de mucilago de linaza.

Ubicación:

Departamento :
Cusco

Provincia :
Cusco

Distrito : San Jerónimo

Ubicación : AV. Primavera



Figura N°03: Mapa del Perú

Fuente: Google

Fuente: Google



Figura N°04: Mapa del Departamento del Cusco

Fuente: Google

Localización:



Figura N° 05: Localización de la AV. Primavera
Fuente: Google Maps.

El estudio se realizó en la AV. Primavera, se encuentra en la provincia y Departamento del Cusco, donde se realizó una calicata en la siguiente progresiva:

Descripción: Calicata -1:

Progresiva: 0 + 400 km
Profundidad: 1.50 m
Dimensiones: 1.00 x 1.20 m
Lado de vía: Izquierdo

Descripción: Calicata -1:

Progresiva: 0 + 400 km
Profundidad: 1.50 m
Dimensiones 1.00 x 1.20 m
Lado de vía: Izquierdo



Figura 06: Calicata -1
Fuente: Elaboración propia



Figura 07: Calicata -1
Fuente: Elaboración propia.

Trabajo de Laboratorio

Se realizó una calicata en la progresivas 0+400 indicada en la figura, según el Manual de Carretera en la sección de suelos y pavimentos, nos indica que la carretera pertenece a un bajo volumen de tránsito, por ello se hizo una calicata por kilómetro, debido a que la carretera solo es de 850 metros se realizó la excavacion de una calicata. Se hizo un ensayos granulométrico para identificar el tipo de suelo y así poder realizar los ensayos respectivos para su mejoramiento con mucilago de linaza.

Descripción: granulometría



Figura 08: tamizado del suelo

Fuente: Elaboración propia

Descripción: granulometría



Figura 09: tamizado del suelo

Fuente: Elaboración propia.



Figura 10: tamaño de partículas

Fuente: Elaboración propia

Description: Porcentaje acumulados pasantes del tamizado mecanico

Tamiz		Peso Parcial		Peso Parcial		% Parcial	% Acumulado	% Acumulado
		Retenido		Retenido Corregido		Retenido	Retenido	Que Pasa
-	(mm)	(gr)		(gr)		(%)	(%)	(%)
3"	75.000	0.00		0.00		0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00		0.00		0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00		0.00		0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00		0.00		0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00		0.00		0.00	0.00	100.00
3/8"	09.500	0.00		0.00		0.00	0.00	100.00
No 004	04.750	3.60		3.60		0.98	0.98	99.02
No 010	02.000	9.10		9.10		2.47	3.45	96.55
No 020	00.850	36.50		36.50		9.92	13.37	86.63
No 040	00.425	38.00		38.00		10.33	23.70	76.30
No 060	00.250	35.90		35.90		9.76	33.45	66.55
No 100	00.150	98.90		97.80		26.58	60.03	39.97
No 200	00.075	82.70		82.70		22.47	82.50	17.50
Platillo		64.40		64.40		17.50	100.00	0.00
Total		369.10		368.00		100.00	-	-

Tabla 01: porcentaje retenidos y pasantes

Fuente: Elaboración del laboratorio

Description: curva granulometrica del ensayos de tamizado

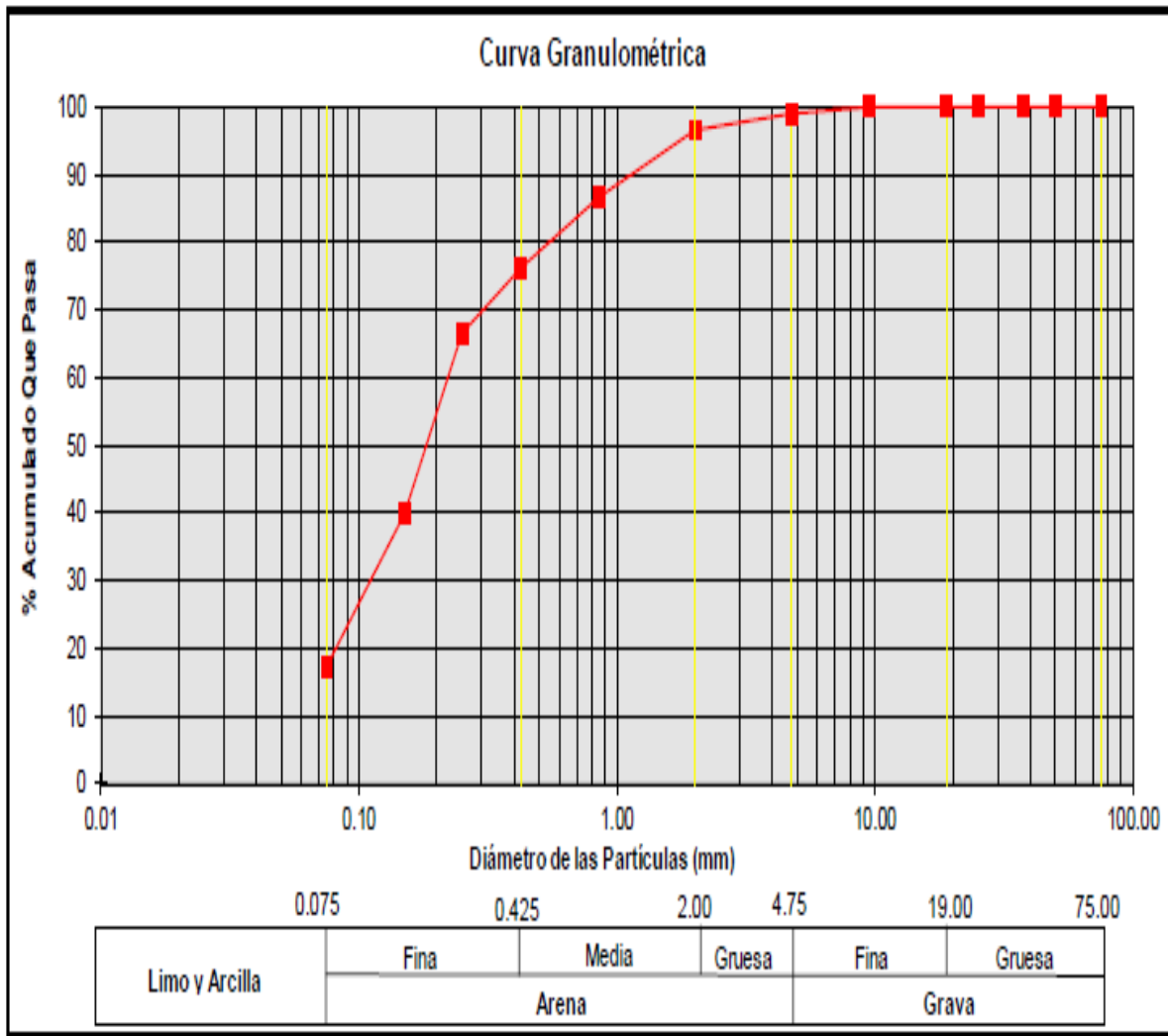


Figura 11: Imagen curva granulometrica

Fuente: Elaboración del laboratorio

Interpretación. – Conforme el ensayo se demostro que el material extraído de la calicata número 1, paso el 17.50 % el tamiz N° 200 siendo un material con poca cantidad de finos (arcillas), un 99.02% de material logró pasar por el tamiz N° 4 siendo considerado un material arena fina y por último un 0.98 % de grava. Conforme se aprecia, el suelo analizado se trata de uno de tipo granular, más específicamente en su mayoría una arena fina, con un contenido de finos bajo. Se puede apreciar también que el tamaño máximo nominal de los granos asciende a 1.1 mm.

Límites de consistencia suelo natural

Descripción: límite líquido



Figura 12: límite líquido

Fuente: Elaboración propia

Descripción: límite plástico



Figura 13: límite plástico

Fuente: Elaboración propia.

Descripción: límites de consistencia

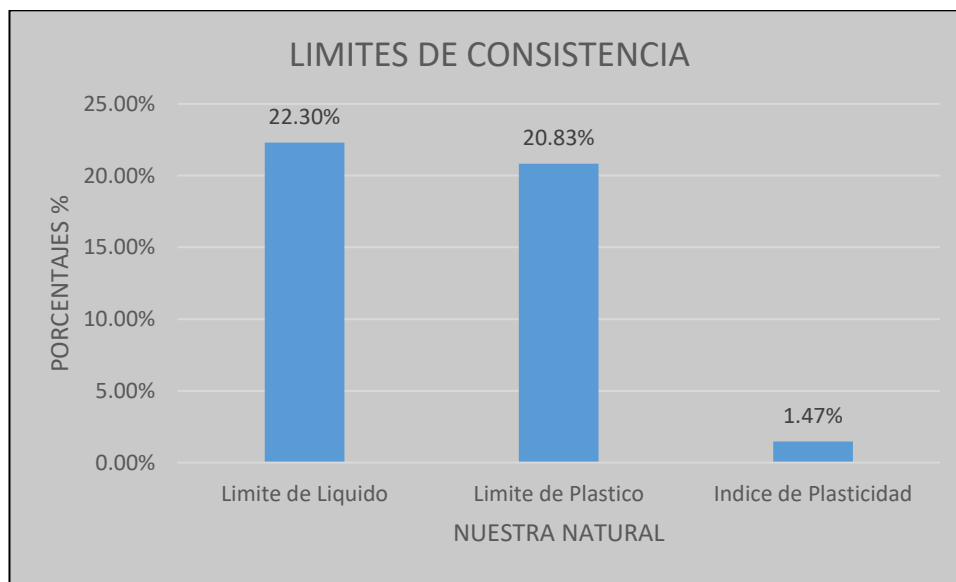


Figura 14: límite consistencia

Fuente: Elaboración propia

Interpretación. - Se visualizar que la muestra inicial de la calicata N°01 tiene un Límite Líquido de 22.30%, Límite Plástico 20.83% y un Índice de plasticidad de 1.47%.

Se puede observar que la muestra es un limo de baja plasticidad por el cual se puede corroborar en el ensayo realizado.

Carta de plasticidad.

Con los resultados anteriores se procede a ubicar la posición del suelo en la carta de plasticidad, así:

Figura 2.

Ubicación del suelo dentro de la carta de plasticidad

Descripción: carta de plasticidad

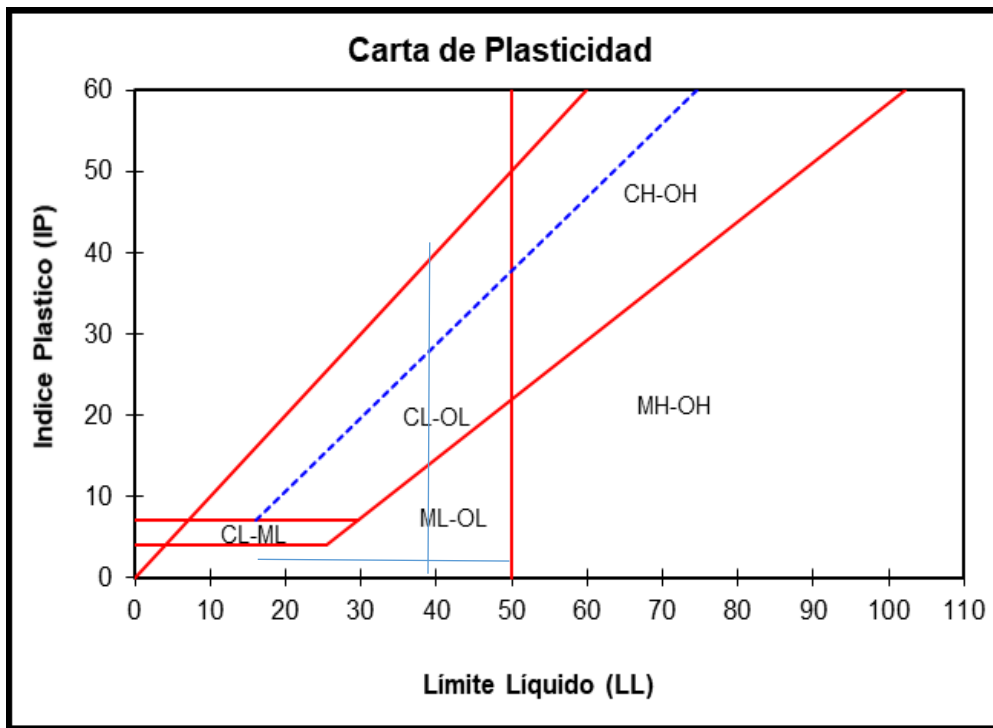


Figura 15: carta de plasticidad
Fuente: Elaboración del laboratorio

Conforme se aprecia la parte final del suelo analizado esta clasificada como un limo de baja plasticidad.

Clasificación SUCS.

Con todos los resultados anteriores se establece que el suelo analizado, extraído de la calicata ubicada en el progresiva 0+400 de la AV. Primavera, se demostro

según la clasificación SUCS en el laboratorio ([CESAR ARBULU JURADO](#)) es una arena limosa SM, mal graduada, cuya parte fina contiene un 17.5 por ciento de arcilla y que puede ser considerado de baja plasticidad.

Optimo contenido de humedad suelo natural



Figura 16: Optimo contenido de humedad
Fuente: Elaboración propia

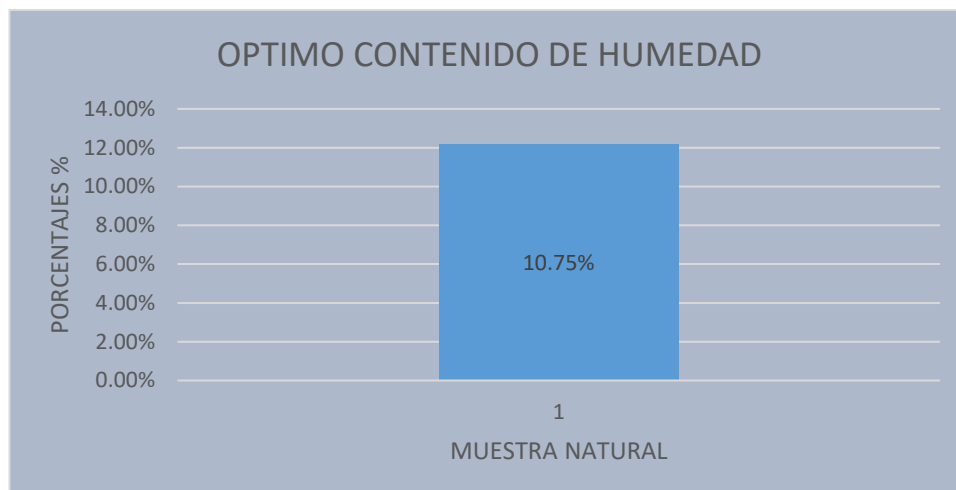


Figura N° 17: Optimo Contenido de Humedad inicial.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación. - Se realizó el ensayo de Próctor modificado de la muestra natural, donde se obtuvo como resultado un 10.75% de contenido óptimo de humedad.

Máxima densidad seca suelo natural



Figura N° 18: Maxima densidad seca

Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 19. Máxima Densidad Seca de la muestra inicial.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación. - Se efectuó el ensayo de Próctor modificado de la muestra natural donde se obtuvo como resultado 1.93 gr/cm³ de Máxima Densidad Seca.

California Bearing Ratio (CBR) suelo natural

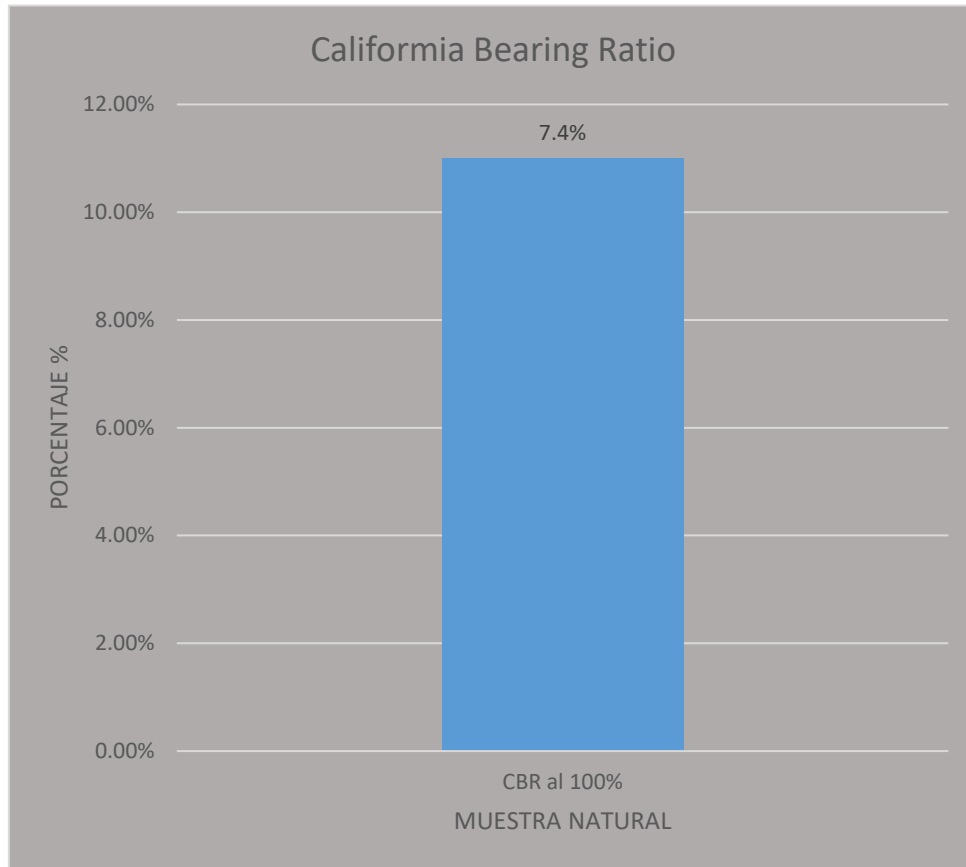


Figura N° 20: Grafico del CBR de la muestra Natural

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación. - Al ensayo CBR se tuvo como referencia la muestra del suelo patrón que tiene una máxima densidad seca de 1.93 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 10.75 %. Nos dio un resultado de CBR al 100% de 7.40%.

Esto nos indica que el suelo natural cumple con los parámetros para una sub rasante.

Tabla 02: Resultados de los ensayos en laboratorio de la muestra natural (P)

ENSAYOS		CALICATA N°01
LIMITES DE ATTERBERG	Limite liquido	22.30%
	Limite plástico	20.80%
	Índice de plasticidad	1.47%
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	SUCS	ARENA LIMOSA SM
PROCTOR MODIFICADO	Óptimo contenido de Humedad (OCH)	10.75%
	Densidad Máxima Seca (DMS)	1.93 g/cm ³
California Bearing Ratio (CBR)		7.4 %

Fuente: Elaboración propia.

Objetivo 1: Evaluar la influencia del mucilago de linaza sobre la maxima densidad seca, en las propiedades físicas de la subrasante en suelo arena limosa, en la A.P.V Vallecito San Jerónimo, Cusco – 2021



Figura N° 21: Maxima densidad seca
Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 22: Maxima densidad seca
Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 23: Maxima densidad seca
Fuente: Elaboración propia.

Máxima Densidad Seca (MDS) con la sustitución del agua por mucilago de linaza en los porcentajes indicados.

Tabla 03: Maxima densidad seca

CALICATA N°01	Máxima Densidad Seca
SUELO NATURAL (SN)	1.93gr/cm ³
SN+30% ML	1.97gr/cm ³
SN+55% ML	1.94gr/cm ³
SN+80% ML	1.91gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia.

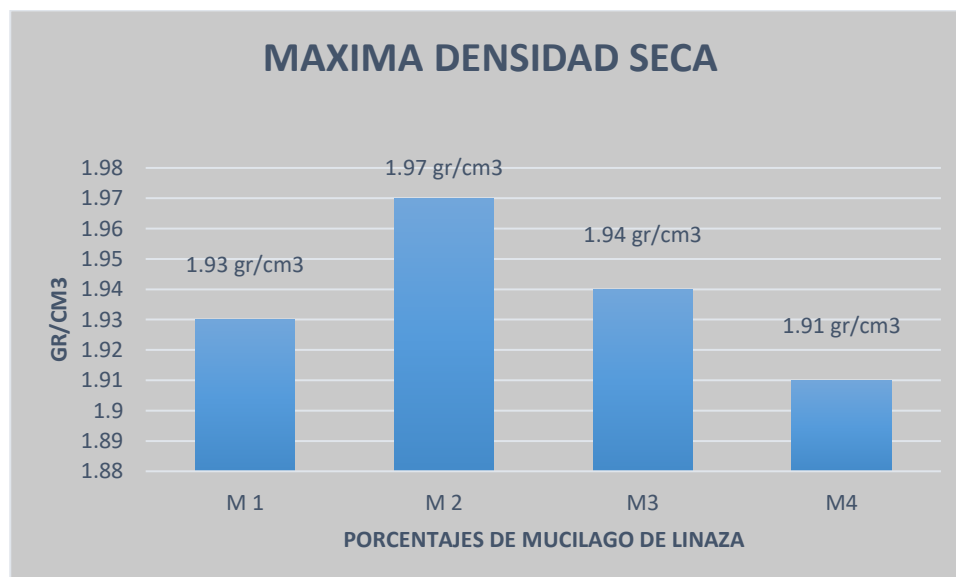


Figura N° 24: Maxima densidad seca

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación. Al sustituir el agua en un 30% por mucilago de linaza la maxima densidad seca da como resultado 1.97gr/cm³, al sustituir el agua por mucilago de linaza en un 55% la maxima densidad seca da como resultado 1.94gr/cm³, al sustituir el agua por mucilago de linaza en un 80% la maxima densidad seca da como resultado 1.91 gr/cm³.

Objetivo 2: Evaluar la influencia del mucilago de linaza en un sobre el optimo contenido de humedad, en las propiedades físicas de la subrasante en suelo arena limosa, en la A.P.V Vallecito San Jerónimo, Cusco – 2021



Figura N° 25: Optimo contenido de humedad

Fuente: Elaboración propia.



Figura N° 26: Optimo contenido de humedad

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 04. Optimo contenido de humedad.

CALICATA N°01	Optimo Contenido de Humedad (OCH)
SUELO NATURAL (SN)	10.75%
SN+30% ML	9.40%
SN+55% ML	10.1%
SN+80% ML	10.6%

Fuente: Elaboración propia.

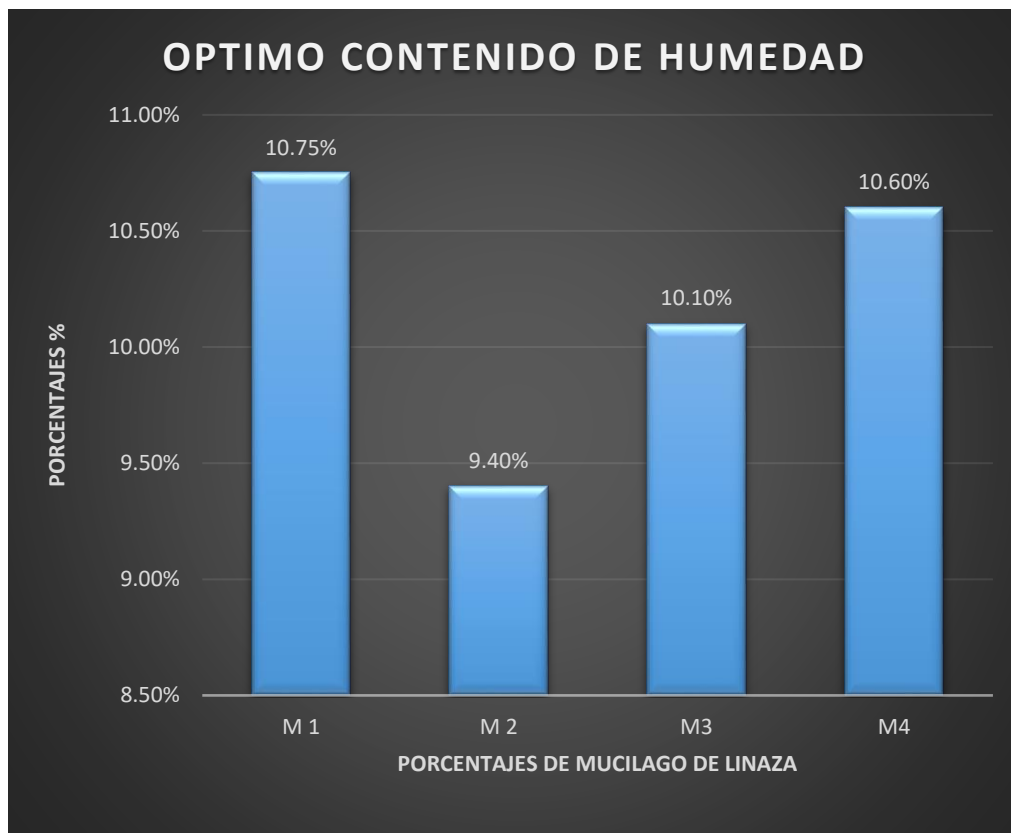


Figura N° 27: Optimo contenido de humedad

Fuente: Elaboración propia

Interpretación. Al sustituir el agua en un 30% por mucilago de linaza el optimo contenido de humedad da como resultado 9.40%, al sustituir el agua por mucilago de linaza en un 55% el optimo contenido de humedad da como resultado 10.10%, al sustituir el agua por mucilago de linaza en un 80% el optimo contenido de agua da como resultado 10.60%.

Objetivo 3: Evaluar la influencia del mucilago de linaza en un sobre el CBR, en las propiedades mecanicos de la subrasante en suelo arena limosa, en la A.P.V Vallecito San Jerónimo, Cusco – 2021

Tabla 05. Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con la sustitución del agua por mucilago de linaza.

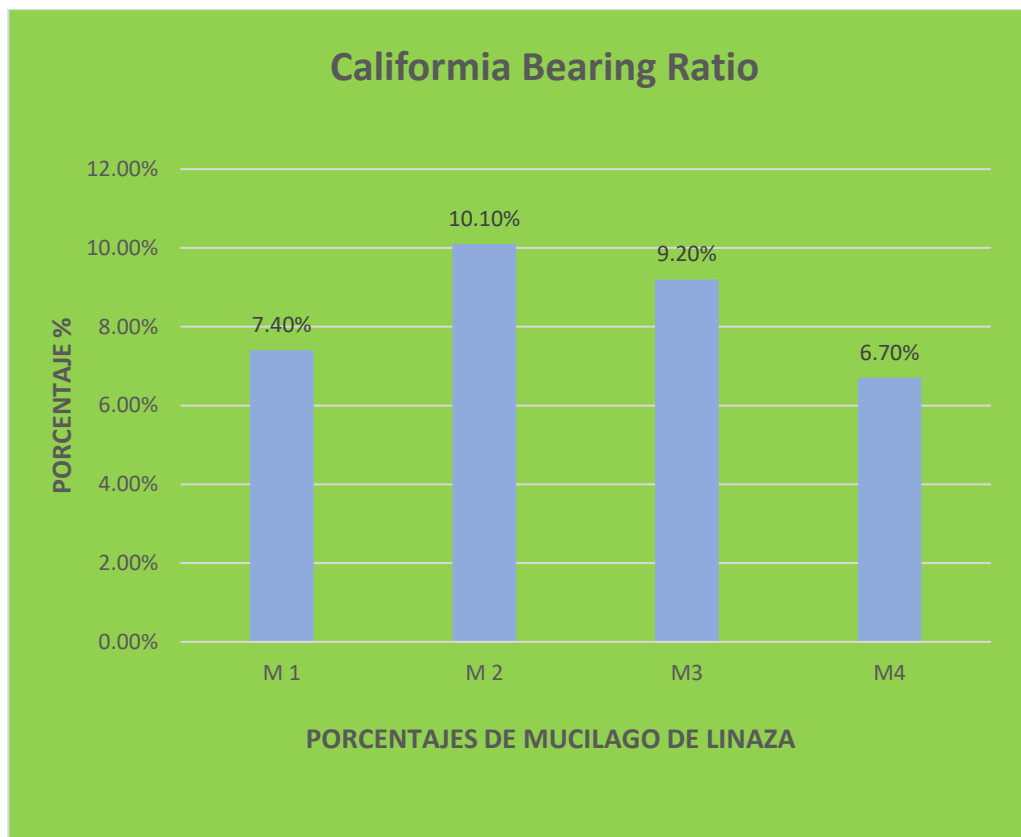


Figura N° 28: California Bearing Ratio

Fuente: Elaboración propia

Tabla 05. California Bearing Ratio (CBR).

CALICATA N°01	California Bearing Ratio (CBR) al 100%
SUELO NATURAL (SN)	7.4%
SN+30% ML	10.1%
SN+55% ML	9.2%
SN+80% ML	6.7%

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación. Al sustituir el agua en un 30% por mucilago de linaza el CBR da como resultado 10.10%, al sustituir el agua por mucilago de linaza en un 55% CBR da como resultado 9.20%, al sustituir el agua por mucilago de linaza en un 80% el CBR da como resultado 10.60%.

Tabla6: calculo del porcentaje ideal de mucilago de linaza

CALICATA N°01	California Bearing Ratio (CBR) al 100%
SUELO NATURAL (SN)	7.40%
SN+28% ML	X1
SN+30% ML	10.10%
SN+32% ML	X2
SN+55% ML	9.20%
SN+80% ML	6.70%

$$X1 = 7.4 + \frac{10.1 - 7.4}{30 - 0} * 28 - 0$$

$$X1 = 9.92\%$$

$$X1 = \text{CBR}$$

$$X2 = 10.1 + \frac{9.2 - 10.1}{55 - 30} * 32 - 30$$

$$X2 = 10.028\%$$

$$X2 = \text{CBR}$$

Figura: Elaboración propia.

V DISCUSIONES

Al realizar la sustitución del agua por mucilago de linaza en un 30% la máxima densidad seca aumenta, en las tesis de More y Ydrogo(2019) al incrementar el 2.5% de resina de plátano la máxima densidad seca aumenta, en la tesis de Mendizabal (2018) al sustituir el agua por mucilago de penca de tuna en un 75% la máxima densidad seca mejora.

Al realizar la sustitución del agua por mucilago de linaza en un 30% el óptimo contenido de humedad disminuye, en las tesis de More y Ydrogo(2019) el óptimo contenido de humedad se mantienen constante, en la tesis de Mendizabal (2018) al incrementar mucilago de penca de tuna en sus diferentes porcentajes el óptimo contenido de humedad aumenta.

Al realizar la sustitución del agua por mucilago de linaza al 30% el CBR incrementa, en la tesis de More y Ydrogo(2019) al incrementar resina de plátano en un 2.5% el CBR aumenta, en la tesis de Mendizabal (2018) al sustituir el agua por mucilago de penca de tuna en un 75% el CBR incrementa.

5.1 Influencia del mucilago de linaza en la máxima densidad seca de la subrasante.

Al sustituir el agua por mucilago de linaza en un 30% la máxima densidad seca mejora de 1.93gr/cm³ a 1.97gr/cm³ en la tesis de More y Ydrogo(2019) que tiene como título "*Estabilización de la sub rasante en suelos adicionando la resina de plátano en el tramo Cacatachi – Chirapa 2019* " incremento resina de plátano en un 2.5% teniendo la máxima densidad seca aumentando de 1.96gr/cm³ a 2.06gr/cm³, en la tesis de Mendizabal (2018) que tiene como título "*Adición del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelos arcillosos, Chilca* " sustituyó el agua por mucilago de penca de tuna en un 75% aumentando su máxima densidad seca de 1.882gr/cm³ a 2.103gr/cm³. Los resultados de las tesis mencionadas son similares.

Tabla 07. Maxima densidad seca.

DESCRIPCION	MAXIMA DENSIDAD SECA DEL SUELO NATURAL (gr/cm ³)	PORCENTAJES ADICIONADOS (%)	MAXIMA DENSIDAD SECA MODIFICADO (gr/cm ³)
MUCILAGO DE LINAZA	1.93	30	1.97
MUCILAGO DE PENCA DE TUNA	1.882	75	2.103
RESINA DE PLATANO	1.96	2.5	2.06

Fuente: Elaboración propia.

5.2 Influencia del mucilago de linaza en el óptimo contenido de humedad de la subrasante.

Al sustituir el agua por mucilago de linaza en un 30% el optimo contenido de humedad disminuye de un 10.75% a 9.40%, en la tesis de More y Ydrogo(2019) que tiene como titulo “*Estabilizacion de la sub rasante en suelos adicionando la resina de platano en el tramo Cacatachi – Chirapa 2019*” en porcentaje del optimo contenido de humedad se mantiene constante al 11%, en la tesis de Mendizabal (2018) que tiene como titulo “*Adicion del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelos arcillosos, Chilca*” sustituyo el agua por mucilago de penca de tuna en un 75% el optimo contenido de humedad incrementa de un 13.7% a un 14.85%.

Al sustituir el agua por mucilago de linaza el optimo contenido de humedad disminuye en un suelo arena limoso puesto que el mucilago actua como conglomerante por la viscosidad que tiene.

Tabla 08. Optimo contenido de humedad.

DESCRIPCION	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO NATURAL (%)	PORCENTAJES ADICIONADOS (%)	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD
-------------	---	-----------------------------	-----------------------------

			MODIFICADO (%)
MUCILAGO DE LINAZA	10.75	30	9.4
MUCILAGO DE PENCA DE TUNA	13.7	75	14.85
RESINA DE PLATANO	11	2.5	11

Fuente: Elaboración propia

5.3 Influencia del mucilago de linaza en el CBR de la subrasante.

Al sustituir el agua por mucilago de linaza en un 30% el CBR aumenta de un 7.4% 0.1%, en la tesis de More y Ydrogo(2019) que tiene como titulo “*Estabilizacion de la sub rasante en suelos adicionando la resina de platano en el tramo Cacatachi – Chirapa 2019* ” al incrementar resina de platano en un 2.5% el CBR incrementa de un 6.6% a un 12.5% , en la tesis de Mendizabal (2018) que tiene como titulo “*Adicion del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelos arcillosos, Chilca* ” sustituyo el agua por mucilago de penca de tuna en un 75% el CBR incremento de un 5.2% a un 11.8%. En las tesis de More, Ydrogo y Mendizaba en CBR incrementa puesto que la resina de platano, el mucilago de penca de tuna y el mucilago de linaza actua como un conglomerante esto hace que la subrasante se establezca

Tabla 09. California Bearing Ratio CBR.

DESCRIPCION	CBR SUELO NATURAL (%)	PORCENTAJES ADICIONADOS (%)	CBR MODIFICADO (%)
MUCILAGO DE LINAZA	7.4	30	10.1
MUCILAGO DE PENCA DE TUNA	5.2	75	11.8
RESINA DE PLATANO	6.6	2.5	12.5

Fuente: Elaboración propia

VI CONCLUSIONES

Se evaluó que la influencia del mucilago de linaza, mejoran las características de la subrasante (del terreno de fundación) encontrado en la APV Vallecito San Jerónimo Cusco 2021, observando su evaluación en sus propiedades físicas y mecánicas: al aumentar la máxima densidad seca; al disminuir el óptimo contenido de humedad y al aumentar el CBR. mediante un calculo matematico de interpolacion lineal, se obtuvo que el mejor resultado adicionando mucilago de linaza es el 30%

Máxima densidad seca

Natural MDS=1.93gr/cm³, ML30% (MDS=1.97gr/cm³), 55% (MDS=1.94gr/cm³) y 80% (MDS=1.91gr/cm³)

Se estableció la dependencia del porcentaje de mucilago de linaza en los ensayo de Proctor modificado, ya que influyeron en el aumento de la máxima densidad seca en 0.04gr/cm³ al emplearse un 30% del mucilago de linaza; entonces el mejoramiento de la subrasante está directamente relacionada con los porcentajes propuestos, por lo que la influencia del mucilago de linaza mejoro con respecto a la máxima densidad seca, el cual queda comprobada.

Óptimo contenido de humedad

Natural OCH=10.75%, ML30% (OCH=9.40%), 55% (OCH=10.10%), y 80% (OCH=10.60%),)

Se estableció la dependencia del porcentaje de mucilago de linaza en los ensayo de Proctor modificado, ya que influyeron en la disminución del óptimo contenido de humedad en 1.35% al emplearse un 30% del mucilago de linaza; entonces el mejoramiento de la subrasante está directamente relacionada con los porcentajes propuestos, por lo que la influencia del mucilago de linaza mejoro con respecto al óptimo contenido de humedad, el cual queda comprobada.

CBR Natural CBR=7.4%, ML 30% (cbr=10.10%), 55% (cbr=9.20%) y 80% (cbr=6.70%)Se estableció la dependencia del porcentaje de mucilago de linaza en los ensayo de CBR, ya que influyeron en el incremento del CBR en 2.70% al emplearse un 30% del mucilago de linaza; entonces el mejoramiento de la subrasante está directamente relacionada con los porcentajes propuestos, por lo que la influencia del mucilago de linaza mejoro con respecto al CBR, el cual queda comprobada.

VII RECOMENDACIONES

Al sustituir el agua por mucilago de linaza en 30%, 55% y 80% la máxima densidad seca, el óptimo contenido de humedad y el cbr variaron en distintas formas de acuerdo a la proporción del mucilago de linaza. Se realizó un cálculo matemático de interpolación lineal donde el mejor porcentaje de mucilago de linaza resultó ser el 30%, puesto que solo es un cálculo matemático se recomienda realizar los ensayos correspondientes con menos porcentajes del 30% y así obtener el porcentaje de mucilago de linaza ideal para la subrasante.

En la presente investigación al elegirse porcentajes de mucilago de linaza que iban desde un 30% hasta un 80%, solo se logra en el 30% y 55% el aumento de la máxima densidad seca, en el 80% disminuyó la máxima densidad seca; para continuar la Investigación recomendamos disminuir menos del 30% la sustitución de agua por mucilago de linaza, hasta obtener la curva de la máxima densidad seca.

En la presente investigación al elegirse porcentajes de mucilago de linaza que iban desde un 30% hasta un 80%, se logró la disminución del óptimo contenido de humedad; para continuar la Investigación recomendamos disminuir menos del 30% la sustitución de agua por mucilago de linaza, hasta obtener la curva del óptimo contenido de humedad.

En la presente investigación al elegirse porcentajes de mucilago de linaza que iban desde un 30% hasta un 80%, solo se logra en el 30% y 55% el aumento del CBR, en el 80% disminuyó el CBR; para continuar la Investigación recomendamos disminuir menos del 30% la sustitución de agua por mucilago de linaza, hasta obtener la curva máxima del CBR.

REFERENCIAS

1. Mendizabal (2018) en su tesis para obtener el título profesional lleva como título: *“Adición del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelos arcillosos, Chilca ”*
2. More y Ydrogo(2019) tesis para obtener el título profesional lleva como titulo: *“Estabilizacion de la sub rasante en suelos adicionando la resina de platano en el tramo Cacatachi – Chirapa 2019 ”*
3. Espinoza y Velásquez (2018) tesis para obtener el título profesional lleva como titulo: *“Estabilización de suelos arcillosos adicionando ceniza de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, Distrito de Independencia 2018”*
4. Cobos, Ortegon y Peralta (2019) tesis para obtener el título profesional lleva como titulo: *“Caracterización del comportamiento geotécnico de suelos de origen volcánico estabilizados con cenizas provenientes de cáscara de coco y cisco de café”*
5. Pico (2016) tesis para obtener el título profesional lleva como titulo: *“Análisis comparativo de la estabilización de la subrasante de la vía entre las Comunidades de Teligote y Masabachos de la parroquia Benítez cantón San Pedro de Pelileo, con cal y cloruro de sodio para realizar el diseño de pavimentos de la misma”*
6. Nieto (2019) tesis para obtener el título profesional lleva como titulo: *“Evaluación del uso de aditivos químicos no tradicionales como estabilizadores de suelos limosos para caminos productivos de bajo volumen de tránsito”*
7. Reshid (2014) tesis para obtener el título profesional lleva como titulo: *“Stabilization of expansive soils with lime”*
8. Sanjay (2012) tesis para obtener el título profesional lleva como titulo: *“Stabilization of very weak subgrade soil with cementitious stabilizers”*
9. Murat (2011) tesis para obtener el título profesional lleva como titulo: *“Improvement of bearing capacity of a soft soil by the addition of fly ash”*
10. Goñas y Saldaña (2020), en su artículo que lleva de título: *“Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada”,*
11. Junco (2011), en su artículo que lleva de título: *“Aditivo químico obtenido de sales cuaternarias empleado para la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes de carreteras”,*

12. George y Esenwa (2011), en su artículo que lleva de título: “*Mechanical stabilization of a deltaic clayey soil using crushed waste periwinkle shells*”,
13. Juarez badillo. rico rodriguez pagina 530 – 2014
14. 2017 ADDIS ABABA UNIVERSITY
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES pagina 8
15. Clasificación de suelo
<https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/31/31448/suelos.pdf> 2017
16. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) SUELOS FINOS 2019
<https://post.geoxnet.com/clasificacion-de-suelos/>
17. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) SUELOS GRUESOS 2019
<https://post.geoxnet.com/clasificacion-de-suelos/>
18. SUELOS ARCILOSOS Crespo, 2004, p.22).
19. Limos (2017)
<https://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Publicaciones/pub-val/Suelos/suelos.pdf>
20. Arenas2019 <https://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Publicaciones/pub-val/Suelos/suelos.pdf>
21. 2015 <http://soilquality.org.au/factsheets/bulk-density-measurement>
22. humedad optima 2016 <https://www.substrata.us/blog/optimum-moisture-of-soil>
23. 2016 estabilizacion de suelos Stabilization of very weak subgrade soil with cementitious stabilizers PAGINA 9
24. 2017 sociedad Mexicana de historia natural pagina 33
25. Estudio de mecanica de suelos LAMBE, W. y WHITMAN, R. *Soil Mechanics*. Ed. 2004. ISBN: 968-18-1894- 16.2. pag.89.
26. 2015 Estudio de mecanica de suelos Stabilization of very weak subgrade soil with
27. 2019 GRANULOMETRIA ing. Juan Jose sanz llano página 30
28. 2017 Ing. Juan Jose sanz llano página 40
29. 2016 f. merraez garrido y A. moreno vega página 262

30. limites de consistencia SOIL MECHANICSA. VerruijtDelft University of Technology, 2016 pagina 16
31. LAMBE, W. y WHITMAN, R. *Soil Mechanics*. Ed. 2016. ISBN: 968-18-1894--16.2. pag.45.
32. Murillo (2018) applied research
33. (Rossi y Freeman, 1993). Injvestigacion cuasi experimental
34. (<https://libro-pavimentos.blogspot.com/>) 2018 propiedades de la sub rasante
35. Población Tamayo 2012 página 114
36. Tamayo (2012) muestra
37. www.chospab.es , 2016 TEORIA DEL MUESTREO
38. PROSPECTIVA 2017 hugo fontena faundez
39. Método de analisis de datos 2016 <http://www.questionpro.com>
40. SUPINO, P. y BORER, J. 2015 *Principles of Research Methodology*. New York

ANEXO 01: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

	VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERATIVA	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
VARIABLE INDEPENDIENTE	MUCILAGO DE LINAZA	mucilago de linaza proviene de la ebullición de semilla de linaza con agua en proporciones de 1:13, por un lapso de 10 minutos	esta investigación plantea sustituir al agua en ciertos porcentajes, de acuerdo a sus dosificaciones y comprobar su cantidad de masa, contenido de humedad y resistencia al esfuerzo. De igual forma se analizarán el costo por m3 de las dosificaciones optimas	DOSIFICACION	30%	BALANZA
					55%	BALANZA
					80%	BALANZA
VARIABLE DEPENDIENTE	PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUBRASANTE	Las propiedades mecánicas de la subrasante varían al ser preparado y compactados. Las físicas se mantienen invariables, ambas propiedades cambiarían cuando se realicen en ellos procedimientos de estabilización. (https://libro-pavimentos.blogspot.com/)	esta investigación determina las propiedades con los respectivos ensayos y comprobar su densidad seca, humedad optima y CBR. De igual manera se analizará el costo por 1m3en las tres propiedades	PROPIEDADES FISICAS	CANTIDAD DE MASA EN UN VOLUMEN	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
					CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
				PROPIEDADES MECANICAS	RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE	ENSAYO CBR
				COSTO	PRESUPUESTO	FICHA TECNICA

ANEXO 02: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: "INFLUENCIA DEL MUCILAGO DE LINAZA EN LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE EN LA A.P.V VALLECITO SAN JERÓNIMO, CUSCO – 2021"							
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE E MUCILAGO DE LINAZA	DOSIFICACIONES	30% ML, 55%ML Y 80% ML	EXPERIMENTO APLICANDO EN PORCENTAJES DE MUCILAGO DE LINAZA A LA SUSTITUCION DEL AGUA	METODO: (CIENTIFICO) TIPO: (APLICATIVO) NIVEL: (EXPLICATIVA) DISEÑO: (CUASI EXPERIMENTAL) ENFOQUE: (Cuantitativo) POBLACIÓN: (conjunto suelos areno limosos) muestras: (1 calicata) TECNICA: (observación experimental) INSTRUMENTO: (informes de los ensayos realizados en el laboratorio)
¿Cuánto influye el mucilago de linaza en las propiedades físico mecánicas de la sub rasante en la a.p.v Vallecito, San Jerónimo, Cusco - 2021?	Evaluar la influencia de mucilago de linaza en las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en suelos arena limosos, Cusco 2021.	La incorporación de mucilago de linaza en porcentajes de 30%, 55% y 80% mejora las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en suelos arena limosos, cusco 2021					
PROBLEMA ESPECIFICOS	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPOTESIS ESPECIFICA					
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuánto influye el mucilago de linaza, en la máxima densidad seca de la sub rasante en la a.p.v Vallecito, San Jerónimo, Cusco - 2021? 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar la influencia del mucilago de linaza sobre la máxima densidad seca en las propiedades físicas de la subrasante en suelos arena limosos, Cusco 2021 	<ul style="list-style-type: none"> La incorporación de mucilago de linaza aumenta la máxima densidad seca en las propiedades físicas de la subrasante en suelos arena limosos, Cusco 2021. 					
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuánto influye el mucilago de linaza, en el óptimo contenido de humedad de la sub rasante en la a.p.v Vallecito, San Jerónimo, Cusco - 2021? 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar la influencia del mucilago de linaza sobre la humedad optima en las propiedades físicas de la subrasante en suelos arena limosos,, Cusco 2021 	<ul style="list-style-type: none"> La incorporación de mucilago de linaza disminuye la humedad optima en las propiedades físicas de la subrasante en suelos arena limosos, Cusco 2021. 	VARIABLE DEPENDIENTE PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DE LA SUBRASANTE	PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)	
<ul style="list-style-type: none"> ¿Cuánto influye el mucilago de linaza, en el CBR de la sub rasante en la a.p.v Vallecito, San Jerónimo, Cusco - 2021? 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar la influencia del mucilago de linaza sobre el cbr en las propiedades mecánicas de la subrasante en suelos arena limosos,, Cusco 2021. 	<ul style="list-style-type: none"> La incorporación de mucilago de linaza aumenta el cbr en las propiedades mecánicas de la subrasante en suelos arena limosos, Cusco 2021. 			OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)	
					RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTE (%)	ENSAYO CALIFORMI A BEARING RATIO (ASTM D 1883, ASTM D 6951)	

ANEXO 03 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

INFORME DE RESULTADO ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Resultados:

RESULTADOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO, MÉTODO SECO.

A continuación, se resumen los principales resultados del análisis granulométrico realizado al suelo del solicitante.

Tabla 1.

Porcentajes acumulados pasantes del tamizado mecánico.

Tamiz	Peso Parcial	Peso Parcial	% Parcial	% Acumulado	% Acumulado
	Retenido	Retenido Corregido	Retenido	Retenido	Que Pasa
-	(mm)	(gr)	(%)	(%)	(%)
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	09.500	0.00	0.00	0.00	100.00
No 004	04.750	3.60	0.98	0.98	99.02
No 010	02.000	9.10	2.47	3.45	96.55
No 020	00.850	36.50	9.92	13.37	86.63
No 040	00.425	38.00	10.33	23.70	76.30
No 060	00.250	35.90	9.76	33.45	66.55
No 100	00.150	98.90	26.58	60.03	39.97
No 200	00.075	82.70	22.47	82.50	17.50
Platillo		64.40	17.50	100.00	0.00
Total		369.10	100.00	-	-

Fuente: ensayos de laboratorio, elaboración: consultor.

CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 115764

Quea, A., (2021), información de su tesis para su Título de Ingeniero Civil, titulado "Influencia del mucilago de linaza en las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la A.P.V Vallecito San Jerónimo, Cusco – 2021"

ANEXO 04 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

INFORME DE RESULTADO LIMITE LIQUIDO

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS CONSTANTES DEL SUELO.

Resultados del límite líquido.

Para su ejecución se utilizó en método de un solo punto, así:

Tabla 3.

Determinación del Límite líquido de la muestra.

W cap	11.9
W cap + sh	70
W cap +ss	57.6
Wn	27.1
N	5
tan b	0.121
LL	22.3

Fuente: ensayos de laboratorio, elaborado por el consultor.

$$LL = w_N \cdot \left(\frac{N}{25} \right)^{\tan \beta}$$

Donde:

LL = Límite líquido.

w_N = Contenido de humedad natural.

N = Número de golpes.

$\tan \beta$ = Pendiente de la línea de flujo (0.121 es una buena aproximación)

Conforme se aprecia, el límite líquido del suelo no da señales de que se trate de un suelo particularmente expansivo.

CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 115764

Quea, A., (2021), información de su tesis para su Título de Ingeniero Civil, titulado “Influencia del mucilago de linaza en las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la A.P.V Vallecito San Jerónimo, Cusco – 2021”

ANEXO 05 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

INFORME DE RESULTADO LIMITE PLASTICO

Resultados del límite plástico.

Para su ejecución se utilizó un solo punto, así:

Tabla 5.

Determinación del límite plástico de la muestra.

No recipiente		12
W recipiente	(gr)	21.60
W recipiente sw	(gr)	24.50
W recipiente s	(gr)	24.00
W w : 3-4	(gr)	0.50
W s : 4-2	(gr)	2.40
LP : $100 \cdot \frac{5}{6}$	(%)	20.83

Fuente: ensayos de laboratorio, elaborado por el consultor.

Quea, A., (2021), información de su tesis para su Título de Ingeniero Civil, titulado “Influencia del mucilago de linaza en las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la A.P.V Vallecito San Jerónimo, Cusco – 2021”

ANEXO 06 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

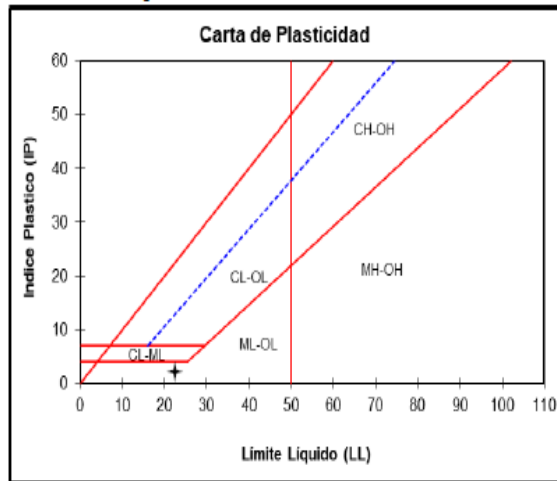
INFORME CARTA DE PLASTICIDAD

Carta de plasticidad.

Con los resultados anteriores se procede a ubicar la posición del suelo en la carta de plasticidad, así:

Figura 2.

Ubicación del suelo dentro de la carta de plasticidad



Fuente: ensayos de laboratorio, elaborado por el consultor.

Conforme se aprecia la parte final del suelo analizado está clasificada como un limo de baja plasticidad.

Clasificación SUCS.

Con todos los resultados anteriores se establece que el suelo analizado es una **arena limosa SM**, mal graduada, cuya parte fina contiene un 17.5 por ciento de arcilla y que puede ser considerado de baja plasticidad. Conforme se aprecia en el anexo 01, el CBR de este tipo de suelos está entre 10 y 40%.

CESAR EDILBERTO ARBILLU JURADO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 115764

Quea, A., (2021), información de su tesis para su Título de Ingeniero Civil, titulado "Influencia del mucilago de linaza en las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la A.P.V Vallecito San Jerónimo, Cusco – 2021"

ANEXO 07 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

INFORME DE RESULTADOS ENSAYO PROCTOR MODIFICADO SUELO NATURAL

Resultados:

Tabla 1.

Determinaciones de los pesos, densidades y contenido de agua.

Ítem	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4	Ds	w
Peso molde (g)	3760	3760	3760	3760	1.91	10.1%
Molde + Sh (g)	5763	5836	5649	5824	1.95	12.2%
Peso de plato (g)	658	219	219	219	1.88	5.6%
Plato + Sh (g)	734	302	350	371	1.87	16.0%
Plato + Ss (g)	727	293	343	350		
Volumen (cm ³)	951.07	951.07	951.07	951.07		
d _h (g/cm ³)	2.11	2.18	1.99	2.17		
w (%)	10.1%	12.2%	5.6%	16.0%		
d _s (g/cm ³)	1.91	1.95	1.88	1.87		

Fuente: ensayos de laboratorio, elaborado por el consultor.

Determinación del contenido de agua óptimo y de la máxima densidad seca.

Grado de ajuste polinomial: segundo grado.

Ecuación: $D_s = 1.94 - 0.84*w - 20.84*(w-0.11)^2 \dots (1)$

Primera derivada de la ecuación: $D_s' = - 41.69w + 4.49 \dots (2)$

Contenido óptimo de humedad: $D_s' = 0 \rightarrow w = 10.75\% \dots (3)$

Máxima densidad seca: (3) en (1): $D_{smax} = 1.93 \text{ g/cm}^3$.

CESAR EDILBERTO ARBULLU JURADO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 115764

Quea, A., (2021), información de su tesis para su Título de Ingeniero Civil, titulado “Influencia del mucilago de linaza en las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la A.P.V Vallecito San Jerónimo, Cusco – 2021”

ANEXO 08

INFORME ENSAYO PROCTOR MODIFICADO SUSTITUYENDO MUCILAGO DE LINAZA EN UN 0%, 30%, 55% Y 80%

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PROCTOR.

A continuación, se resumen los principales resultados de los ensayos Proctor a las muestras.

Tabla 2.

Resultados de Proctor modificado en las 4 muestras.

Nombre	Porcentaje de reemplazo (%)	COH (%)	DMS (kg/cm ³)
1	0	10.7	1.93
2	30	9.4	1.97
3	55	10.1	1.94
4	80	10.6	1.91

Fuente: ensayos de laboratorio, elaboración: consultor.

Conforme se aprecia, la sustancia de reemplazo funciona como mejorados del CBR elevándolo de 7.5% hasta 10% en un suelo tipo arena limosa. El contenido óptimo de reemplazo es de 39%. Se aprecia también que a mayor reemplazo el contenido óptimo de humedad disminuye y la densidad seca se incrementa y vuelve a disminuir.

CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 115764

Quea, A., (2021), información de su tesis para su Título de Ingeniero Civil, titulado “Influencia del mucilago de linaza en las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la A.P.V Vallecito San Jerónimo, Cusco – 2021”

ANEXO 09

INFORME DE ENSAYO CBR SUSTITUYENDO MUCILAGO DE LINAZA EN UN 0%, 30%, 55% Y 80%

Objetivo:

Determinar el valor de soporte CBR de las muestras, tanto a través del método del penetrómetro de cono PDC como sus equivalencias con CBR de laboratorio en estado sumergido.

Resultados:

RESULTADOS DE CBR

Tabla 1.

Resultados de CBR por métodos ASTM D1883 y D6951.

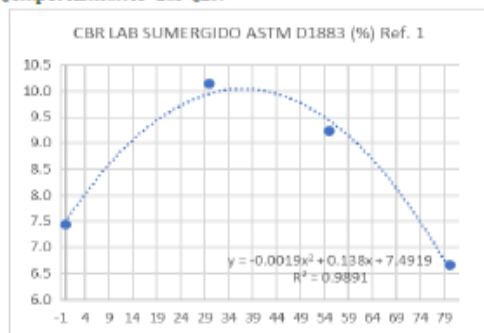
Nombre	Porcentaje de reemplazo (%)	Lectura inicial (cm)	Lectura final (cm)	DCPI ó PR (mm)	CBR PDC ASTM D6951 (USACE) (%)	CBR LAB SUMERGIDO ASTM D1883 (%) Ref. 1
1	0	9.7	10.7	10.0	22.2	7.4
2	30	4.9	5.5	6.0	39.3	10.1
3	55	4.9	5.6	7.0	33.0	9.2
4	80	6.4	7.6	12.0	18.1	6.7

Fuente: ensayos de laboratorio, elaboración: consultor.

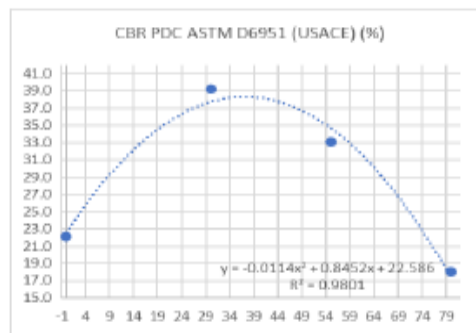
Con los resultados anteriores podemos plotear los gráficos del comportamiento del suelo respecto del aumento en el porcentaje de reemplazo, así:

Figura 1.

Comportamiento del CBR



a) ASTM D1883



a) ASTM D6951

Fuente: ensayos de laboratorio, elaboración: consultor.

Quea, A., (2021), información de su tesis para su Título de Ingeniero Civil, titulado "Influencia del mucilago de linaza en las propiedades físico mecánicas de la subrasante en la A.P.V Vallecito San Jerónimo, Cusco – 2021"

ANEXO 10: Análisis granulométrico por tamizado ASTM D -422



ANEXO 11: Límites de consistencia de Atterberg



ANEXO 12: Proctor Modificado ASTM D -1557



ANEXO 13: California Bearing Ratio ASM D-6951



ANEXO 14: Mucilago de linaza

