

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Efecto de la adición de mucilago de nopal para estabilización de
suelo arcilloso en la zona de Shecta Independencia - Huaraz -
Ancash**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Pressly Araceli León Trejo

Asesor

Miguel Angel Solar Jara

Código ORCID: 0000-0002-8661-418X

Chimbote-Perú

2021

TÍTULO

Efecto de la Adición de Mucilago de Nopal para Estabilización del Suelo
Arcilloso en la Zona de Shecta-Independencia- Huaraz

PALABRA CLAVE: Estabilización de suelos, suelo arcilloso y mucílago de nopal.

KEY WORDS: Stabilization of soils, clay floor and nopal mucilage.

LÍNEA DE INVESTIGACION

Línea de investigación	Construcción y gestión de la construcción
Área	Ingeniería, Tecnología
Sub área	Ingeniería civil
Disciplina	Ingeniería civil Ingeniería de la construcción.

RESUMEN

El suelo de Shecta presenta de acuerdo a los estudios de suelos una cantidad de arcilla tal que ocasiona una gran dificultad cuando se va a diseñar y construir una vía o pavimentación, por lo que es necesarios realizar en este suelo su estabilización con fines de pavimentación. Nuestra investigación ante el contexto de inestabilidad de los suelos de Shecta, plantea como problema de estudio: ¿Cuál será el efecto de la adición de mucilago de nopal en la estabilización de la subrasante del suelo arcilloso de Shecta, Huaraz?, y se determinó los efectos en la subrasante por la adición de mucilago de nopal y su estabilización, cumpliendo con el objetivo general y se contrastó la hipótesis de forma que se confirma la mejora en la estabilización del suelo arcilloso de Shecta que permite que la subrasante cumpla con los parámetros señalados en el Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

La investigación se desarrolló a través del método científico, siendo del tipo aplicada, y a nivel descriptivo y explicativo. El uso de un material no convencional en la estabilización se cumple con un diseño de investigación experimental. La población considerada en estudio es los suelos de la zona de Shecta del distrito de Independencia, Huaraz.

La investigación llego a la conclusión principal que la adición del material no convencional utilizado: mucilago de nopal, en el suelo arcilloso, para su correspondiente dosificación logra mejorar las condiciones mecánicas y físicas, por lo que se este suelo llega a cumplir con los requerimientos del Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones para que se utilicen como subrasante.

ABSTRAC

According to soil studies, the soil of Shecta presents a quantity of clay that causes great difficulty when designing and building a road or paving, so it is necessary to stabilize this soil for paving purposes. Our research in the context of instability of the soils of Shecta, poses as a study problem: What will be the effect of the addition of nopal mucilage on the stabilization of the subgrade of the clay soil of Shecta, Huaraz ?, and it was determined the effects on the subgrade due to the addition of nopal mucilage and its stabilization, fulfilling the general objective and the hypothesis was contrasted in such a way as to confirm the improvement in the stabilization of the clayey soil of Shecta that allows the subgrade to comply with the parameters indicated in the Highways Manual of the Ministry of Transport and Communications.

The research was developed through the scientific method, being of the applied type, and at a descriptive and explanatory level. The use of an unconventional material in stabilization is fulfilled with an experimental research design. The population considered in study is the soils of the Shecta area of the district of Independencia, Huaraz.

The research reached the main conclusion that the addition of the non-conventional material used: nopal mucilage, in the clay soil, for its corresponding dosage, improves the mechanical and physical conditions, so that this soil meets the requirements of the Highways Manual of the Ministry of Transport and Communications to be used as subgrade

Índice General

Título	
Palabras Clave	
Resumen	
Abstract	
Introducción	1
Metodología	15
Resultados	46
Análisis Y Discusión	67
Conclusiones	69
Recomendaciones	70
Agradecimiento	71
Referencias Bibliográficas	72
Anexos	74

1. INTRODUCCION

La población de Shecta, así como las demás poblaciones del distrito de Independencia, ya sean urbanas o rurales tienen la necesidad de contar con vías de transporte terrestre para los vehículos en un buen estado y operacionalidad, para que permita mejorar la calidad de vida de sus habitantes. Esta operacionalidad y funcionalidad, es decir de su desempeño real de las carreteras o vías son el resultado de un adecuado diseño de la estructura del pavimento, sea rígido o flexible, el que debe considerar el volumen y tipo de tráfico que va a soportar y las propiedades físicas, mecánicas de los suelos a nivel de subrasante que permitan tener las condiciones adecuadas para recibir la estructura de un pavimento conformado por materiales de calidad en capas sucesivas y que se acondicionen a las condiciones de clima.

La subrasante debe estar conformada por materiales que cumplan con los requisitos o estándares que están normados lo que permitirá que se asegure la durabilidad y la estabilidad de la estructura del pavimento y que las distintas capas o estratos garanticen un comportamiento óptimo de transmisión de cargas al suelo.

La investigación pretende aportar un nuevo material que permita aplicar un nuevo método de estabilización del suelo, usando el mucilago de nopal en el suelo de Shecta.

Se describe inicialmente un planteamiento del problema de forma general y su contexto nacional y local de la necesidad de tener una red vial de transporte terrestre que permita mejorar las condiciones de vida de los habitantes de Shecta, siendo los requerimientos de un pavimento dados por el Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones para las subrasantes de una carretera en zona urbanas o rurales. Los suelos de Shecta tiene arcillas los cuales no permiten el diseño adecuado de las vías o encarecen los costos debido al uso de material de préstamo que permita alcanzar los valores necesarios para sub rasantes. Por tanto, existe la necesidad de realizar una estabilización de los suelos de Shecta con fines de pavimentación. La estabilización puede realizarse de forma química y física,

usando materiales convencionales como el cemento y la cal, dichos materiales contienen propiedades puzolanicas tales que logran aumentar los valores de las propiedades mecánicas de los suelos. El uso de mucilago de nopal es un material que al ser adicionado al suelo contribuye a modificar las respuestas de las propiedades mecánicas del suelo, para ello se realiza la adición de este material al suelo arcilloso, y se compara con suelo sin adición.

En el capítulo I la investigación nos presenta, la fundamentación, problema y objetivos de la investigación

En el capítulo II: se detalla la metodología de la investigación y los procedimientos realizados para la obtención de las muestras de mucilago de nopal y su respectivo tratamiento para ser adicionados al suelo arcilloso de Shecta, que han sido obtenidos y tratados en laboratorios para determinar sus condiciones físicas y mecánicas.

En el capítulo III de la investigación, se muestra los resultados obtenidos de acuerdo a los objetivos específicos planteados, estos se presentan en tablas y gráficos, los cuales se obtuvieron de los ensayos y pruebas realizadas por el autor.

En el capítulo siguiente, IV, se analiza, discute los resultados obtenidos respecto a los antecedentes considerados por la investigación, además se contrasta y referencia con las normas del Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones y el marco teórico y conceptual.

En el capítulo V se presenta las conclusiones que llega la investigación, las cuales son precisas y cortas, y se presentan en orden según los objetivos específicos, lo que nos permite recomendar las acciones a tomar en cuenta en futuros trabajos de estabilización en vías terrestres para la zona de Shecta. Y también recomendaciones de continuación de estudios relacionados a este material: mucilago de nopal.

Luego se presenta el agradecimiento, bibliografía utilizada en la investigación y que sustenta el marco teórico y referencial, en el capítulo final: anexos: se presentan los documentos, panel fotográfico, estudios de suelos, etc.

Antecedentes de la investigación

A nivel internacional se considera a:

López T., Hernández J. y Horta J. (2010) en su investigación que lleva por título: “Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas” en la Universidad Autónoma de México, presento como resultados más relevantes y significativos, el comportamiento moderado de la expansión que sufren las arcillas cuando se relaciona con un polímero. Se muestra en las pruebas realizadas que la combinación de suelo-polímero presenta una disminución en la expansión respecto a la expansión que presenta un suelo natural. Cuando se realiza las pruebas de consolidación de suelos, se obtuvo como resultados que el coeficiente de permeabilidad disminuye cuando el suelo se mezcla con el polímero, es decir que la combinación suelo-polímero es más impermeable que el suelo natural. Esta impermeabilidad logra impedir el paso de agua a través de sus capas, por lo que se logra reducir los cambios volumétricos de este suelo natural expansivo.

Aguilar C. y Borda Y. (2015) en su tesis denominada “Revisión del estado del arte del uso de polímeros en la estabilización de suelos” realizada en la Universidad Santo Tomas de la ciudad de Bogota, Colombia, tuvo como objetivo general la búsqueda ordenamiento y análisis del estado del arte de las técnicas para utilizar polímeros en las estabilizaciones de suelos tanto a nivel de Colombia como a nivel internacional, llegando a concluir que los suelos de Colombia son inestables con poca viabilidad para construir obras civiles, bajo condiciones normales, esto se debe a la presencia de elevados porcentajes de arcillas blandas en el país, y expuestas en un mapa de zonificación geotécnica.

Se recomienda como alternativa el uso de la cal como polímero estabilizador por excelencia para mejorar el comportamiento de los suelos frente a diversas cargas a las que se expone el suelo, y sobre todo para evitar el cambio volumétrico.

Nacionales

Mendizabal K. (2018). En su investigación realizada en la Universidad Peruana de los Andes, en el departamento de Huancayo, titulada: “Adición de mucilago de Penca de tuna para la estabilización de suelo arcilloso, Chilca” llego a determinar que las características mecánicas y físicas del suelo arcilloso de Chilca se

modifican cuando se le adicionó el mucilago de penca de tuna, obteniendo evidencias en la disminución de la expansión de las arcillas, las que se encuentran conformando los suelos con fines de soportar un pavimento por lo que llega a considerarse una sub rasante buena, esta mejora en la etabilizacion permitió aceptar la hipótesis planteada en su investigación.

Quintana D. y Vera M. (2017). Elaboran su estudio denominado:” Evaluacion de resistencia a la compresión de abobes con sustitución parcial y total de agua en peso por mucilago de tuna en porcentajes de: 0%-25%-50%-75% y 100% en la ciudad de Cusco” llegando a demostrar que cuando se realiza la elaboración de adobes y se le sustituye de forma parcial el agua en diferentes porcentajes respecto a sus pesos en 0%, 25%, 50%, 75% y 100% los resultados de las resistencias a la compresión de las unidades de adobe van en aumento conforme se va aumentando el porcentaje de sustitución del mucilago de tuna; la investigación concluye además que cuando se aumenta el porcentaje de mucilago de tuna las unidades de adobes presentan un mejor comportamiento mecánico que se ve reflejado en el aumento de su resistencia a la compresión, los Tesista recomiendan en el capítulo correspondiente, la sustitución de 75% y 100% de agua peso por mucilago de tuna en la elaboración de adobes en la ciudad de Cusco.

Fundamentación teórica:

La construcción e implementación de las vías de comunicación dentro de una población son importantes porque contribuyen directamente al desarrollo de una sociedad porque desarrolla la economía, la cultura, la agricultura, la ganadería, la minería, entre otros, eso se ve reflejado en la mejora en la calidad de vida. Por tanto, es importante contar con unas vías de comunicación adecuadas en buen estado y funcionalidad.

Desde tiempos antiguos las sociedades han buscado siempre tener sus vías de comunicación, caminos, en buen estado de funcionamiento y operación de tal forma que les permitía comunicarse tanto económicamente como socialmente con las demás sociedades, para ello busco y aplico innovadoras alternativas de construcción y mantenimiento de caminos y vías. Nuestras sociedades han ido evolucionando y creciendo de forma constante por lo que también se ha tenido que perfeccionar y mejorar las técnicas constructivas, de mantenimiento y operacionalidad de las vías,

así como la utilización de materiales de construcción de calidad óptima, que cumplan con los requisitos de comportamientos físicos y mecánicos, para ello se ha desarrollado técnicas de mezclas de agregados que permitan obtener características específicas de granulometría y de plasticidad que permitan mejorar dichas condiciones óptimas de sus propiedades mecánicas y también físicas, de los suelos que se han de usar en la construcción de carreteras.

La técnica de mejorar las condiciones de un suelo es decir su capacidad de soporte mediante su estabilización utilizando aditivos naturales, data de tiempos antiguos, hace casi 5000 años ya las técnicas de estabilización se realizaban haciendo uso de las cal o puzolanas naturales. El auge del desarrollo y aplicación de procesos y técnicas de estabilización se inició con mucho ímpetu desde la segunda guerra mundial, ya que se tenía la imperiosa necesidad de elaborar de manera masiva, en corto tiempo, y sobre todo en diferentes tipos de suelos con condiciones poco adecuadas obras civiles necesarias para el transporte de los ejércitos y su equipos correspondientes, estas obras civiles eran las carreteras, aeropuertos, puertos, puentes en su gran mayoría, y estas zonas no tenían la disponibilidad de suelos con buenas características físicas y mecánicas, lo que acrecentaba el problema de falta de agregados de buena calidad (Solminihac, Echeverria & Thenoux, 2001).

Fundamentación conceptual:

Teorías:

a. Modelación de multicapa elástica en pavimentos

Esta teoría propone que el análisis del pavimento debe efectuarse suponiendo condiciones reales de una estructura multicapas. Se desarrollo a fines del siglo XIX en Europa, Valentín Boussinesq en Francia, Westergaar en Dinamarca continuo el analisis de pavimento considerando la temperatura y condiciones de carga. Pero a partir de la segunda guerra mundial se dio mayor impulso a la modelación y se puede mencionar a dos autores que destacan en su aporte.

b. Modelo de Hogg. 1944

En Inglaterra entre los años 1938 y 1944 Albert Hubert Hogg presento una de los modelos de una estructura multicapa para el análisis de un pavimento

c. Modelo de Burmister. 1945

Al año siguiente en 1945 Donald Burmister en Estados Unidos de Norteamérica, realizó también una propuesta de estructura multicapa la cual se enmarca dentro de la teoría del modelamiento de pavimentos tomando en consideración cada una de las capas que lo conforman. Se considera su espesor, sus características específicas y composición con el objetivo que permita determinar a cualquier profundidad de la masa del suelo el estado de esfuerzo que tiene.

d. Normatividad

Pavimentos Urbanos C.E. 010

Reglamento nacional de edificaciones

e. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. MTC. D.S. N°10-2014-MTC/14

Este manual tiene por objetivo otorgar los criterios de forma homogénea en materia de suelos y pavimentos, lo que permitirá poder diseñar de forma fácil los estratos superiores y también de la superficie de rodadura, en vías pavimentadas y no pavimentadas, proporcionándoles una estabilidad estructural que permita eficiencia técnica-económica en el desempeño de las carreteras. Toma en cuenta los parámetros de tráfico, clima y la gestión vial.

Manual de ensayo de Materiales, R.D. N°18-2016-MTC/14

Este documento normativo tiene por objetivo estandarizar los procedimientos que se realizan en los ensayos de laboratorio, así como también los procedimientos para las labores en campo como la forma de obtención de muestras, de los materiales que se utilizaran como parte de las estructuras de pavimentos de los proyectos de infraestructura vial a nivel nacional y que pueda cumplir con los estándares de calidad correspondientes en cada caso (Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2016)

Está organizado por secciones, que contemplan a los distintos tipos y clases de materiales y sus respectivos ensayos. Se debe tener en cuenta que la sección 1 : Suelos y Pavimentos, debe estar relacionada también y referenciar sus ensayos con lo indicado en la segunda sección: Geología y Geotécnica

Glosario de Términos:

Capacidad de Soporte o capacidad portante

Se representa por la máxima presión que tiene un suelo, antes que se pueda presentar o producir un fallo. Es decir que la capacidad portante de un terreno o de un estrato que conforma una estructura de pavimento, es la capacidad de resistir las distintas cargas aplicadas sobre ellos (Cedeño, 2013)

Estabilización del Suelo:

La estabilización corresponde al mejoramiento que obtiene las propiedades físicas de un determinado suelo después de haber recibido procesos mecánicos y procesos químicos, ya que se le adiciona sustancias naturales, artificiales, polímeros, puzolanas, etc.; las que proporcionarán al suelo mejor resistencia mecánica, siendo las técnicas de estabilización muy variadas y dependen de las condiciones de disponibilidad, costos, transporte, clima, entre otros factores. (Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2016)

El proceso de estabilizar un suelo se trata de un tratamiento mecánico y químico de forma paralela y la interacción de las partículas que componen en suelo con el aire el agua presente también en el suelo para tener mejoras en las propiedades ingenieriles intervinientes en el diseño de carreteras. Cuando se realiza la estabilización mecánica se refiere al proceso de alteración de las características de gradación de sus partículas adicionando o sustrayendo partículas del suelo para que por proceso de compactación logre mejores respuestas mecánicas.

Por otra parte, la estabilización química se da cuando se logra alterar las propiedades del suelo haciendo uso de un material denominado aditivo, el cual puede ser natural o sintético, este al ser mezclado con el suelo genera una variación de sus propiedades moleculares, específicamente en las superficies de las partículas de los suelos, logrando aumentar la resistencia del suelo debido a que las partículas se agrupan entre sí con mayor fuerza (Solminihac, Echeverria, & Thenoux,2001)

El Nopal

El nopal o comúnmente llamado en el Perú “tuna”, tiene el nombre científico de *Opuntia ficus-indica*, pertenece a la familia de las plantas cactáceas, presenta una taxonomía muy compleja a consecuencia que sus fenotipos varían en gran número de acuerdo a las distintas condiciones medioambientales. Esta planta es originaria del Continente americano y en la actualidad se la encuentra en forma silvestre o cultivada en casi todas las zonas de del continente americano y en nuestro país debido a su gran adaptación a las condiciones agro climáticas (Orozco 2017)

El Mucilago de Nopal

El mucilago de nopal, también se le llama “baba de nopal”, es un hidrocoloide que es capaz de retener agua y contiene por un periodo largo de tiempo los materiales humectantes propios de la planta debido a que su constitución la conforman carbohidratos con peso molecular elevado, por tanto, este material es un polímero natural orgánico compuesto por dos: amilopectina y amilasa, esta última forma cadenas helicoidales que en su estado soluble son capaces de poder conformar delgadas películas que presentan gran rigidez cuando están secas. (Orozco, 2017)

El Pavimento:

Se define así a la estructura que está conformada por varias capas sucesivas que colocan una sobre otra encima de la subrasante del terreno, y que estará sometida a esfuerzos estáticos y dinámicos del tráfico vehicular, que se deberán distribuir y trasladar al terreno. Comúnmente un pavimento está constituido por una sub base, base y carpeta de rodadura (Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2016).

Las capas están dispuestas en forma horizontal, y se superponen una sobre otra, las capas se conforman de material seleccionado y deben ser colocados, esparcidos y compactados de forma homogénea, estas capas se colocan por encima de la sub rasante, y deben resistir todas las cargas y esfuerzos que producen sobre ellas el tráfico vehicular a todo lo largo de su vida útil o periodo de diseño (Montejo 2002).

Suelo

Se considera así al material o agregado natural que tiene componentes principalmente inorgánicos y en menor cantidad componentes orgánicos. Es el resultado de la alteración de la roca madre por diversos factores o fenómenos de

intemperismo: lluvia, viento, lluvia acida, heladas, altas temperaturas, bajas temperaturas, humedad, etc, (Montejo 2002)

El suelo es la parte solida de la corteza terrestre y como material para la construcción es el más abundante que tiene el profesional de la ingeniería civil, para poder utilizarse debe seleccionarse el suelo ideal de acuerdo a su tipo y de ser el caso debe dársele un tratamiento de mejora o combinación que permita su óptima calidad de acuerdo a la obra a ejecutar, para ello se debe considerar un buen proceso de recolección, selección y colocación en la obra. (Escobar y Duque 2002)

La sub rasante:

Es el nivel de corte y relleno de una carretera, esta superficie es tratada con una escarificación y compactación antes de que sobre ella se coloque la estructura de un pavimento: flexible, rígido o mixto. Se construye en el terreno natural y constituye el fondo de las excavaciones o movimientos de tierras o también se puede ubicar como capa superior del terraplén, y es esta área que soportará la estructura del pavimento que coloca sobre ella capas que se conforman por suelos seleccionados con propiedades físicas aceptables que mediante un proceso mecánico de compactación otorgan una característica de estabilidad óptima que no permita daño a causa de las cargas que ocasiona el tráfico vehicular que transita sobre ella.

La subrasante en su etapa de construcción debe ser compactado al 95% de máxima densidad seca según el ensayo EM- 115 “Proctor Modificado”. Además se debe cumplir que los suelos 0.0 m por debajo del nivel superior de la sub rasante deben tener una respuesta mecánica adecuada con un $CBR \geq 6 \%$

Los espesores del pavimento al ser diseñados consideran las condiciones mecánicas de soporte que tiene la sub rasante, y esta se ve afectada por la humedad, el tipo y la sensibilidad del suelo. Se debe considerar con especial atención la variación volumétrica de los suelos más aun cuando son suelos con presencia de limos y arcillas es decir suelos expansivos ya que ello producirá fallas en las capas de la estructura de los pavimentos que van sobre la sub rasante, el profesional al diseñar el pavimento debe plantear un tratamiento de estabilización de los suelos

que impida se produzcan los cambios volumétricos haciendo uso de aditivos en los suelos de la subrasante.

JUSTIFICACION

Justificación Social. -

El desarrollo de una población va directamente ligada a la construcción de carreteras, esto permite mayor eficiencia competitiva y productiva en las distintas actividades económicas de las poblaciones rurales y urbanas. El distrito de Shecta, distrito de Independencia, Huaraz, forma parte de este contexto de necesidad de construcción de carreteras por lo que es necesario contribuir en los procesos e investigaciones que se relacionen a infraestructura vial. Los suelos de Shecta, contienen partículas finas que son consideradas según la clasificación de los suelos como: limos y arcillas, por lo que es necesario mejorar los suelos expansivos para que puedan cumplir con los requerimientos y características necesarias para ser parte de una sub rasante adecuada capaz de soportar la estructura de una carretera. Esta mejora consiste en realizar un proceso de estabilización de los suelos de Shecta específicamente adicionando mucilago de nopal que permita tener un óptimo comportamiento mecánico, además de ser una alternativa de aplicación de costo relativamente bajo respecto a otros aditivos.

Justificación Metodológica.-

La presencia de un suelo expansivo que contiene arcillas que permiten cambios volumétricos elevados, tiene baja capacidad de soporte para recibir estructuras de un pavimento, por lo que es recomendable escoger dos de las alternativas siguientes:

- La primera es realizar la sustitución total del suelo natural por otros de préstamo que cumplan con las características requeridas del diseño de un pavimento.
- La segunda alternativa consiste en realizar a este suelo un procedimiento de estabilización con un material conocido como aditivo.

En los dos casos las actividades del movimiento de tierras en obras de carreteras son partidas esenciales que inciden sobre los costos y tiempo del proyecto, por lo que es necesario considerar reducir los volúmenes tanto de corte, de relleno, minimizando al máximo posible, por lo que tomar como opción la primera alternativa resulta elevar los costos del proyecto, es así que se recomienda optar por la segunda alternativa de estabilizar el suelo y evitar o disminuir los movimientos de tierras. Al desarrollar esta

investigación se logra aportar a los procedimientos de estabilización de un suelo arcilloso con una nueva tecnología que usa el mucilago de nopal como aditivo que permite mejorar las propiedades mecánicas de soporte del suelo a nivel sub rasante. Este aditivo representa una disminución en los costos en los procesos de estabilización de proyectos de carreteras en las zonas de Shecta, distrito de Independencia.

PROBLEMA

Planteamiento del Problema

El diseño, construcción y mantenimiento de las carreteras u obras de infraestructura vial, son tareas propias de la ingeniería civil, que debe de satisfacer las necesidades básicas de la sociedad, siendo la comunicación una de las más importantes para la economía local y nacional. En la etapa de diseño de las vías de comunicación se deben considerar la diversidad de tipos de suelo en nuestra superficie, como por ejemplo el suelo arcilloso en zona de Shecta en el distrito de Independencia, por lo que se considera desde esta etapa un suelo inestable, por ser de un material altamente expansivo o sujeto a cambios volumétricos, por lo que es indispensable considerar la alternativa de estabilizar los suelos con fines de pavimentación.

Esta estabilización de un suelo arcilloso consiste en realizar procedimientos mecánicos y químicos que permitan las características mecánicas requeridas del suelo para que sea usado en la construcción de un pavimento. Este suelo puede ser en la subrasante como superficie de fundación de la estructura de un pavimento o también como suelo que conforman las distintas capas del pavimento, es decir sub base, base y capa de rodadura.

En la zona de Shecta ubicado en el distrito de Independencia, Huaraz, se determinó que el suelo contiene arcilla o materiales finos, esto produce la disminución de la capacidad de soporte, por tanto, se presenta la deformación del suelo cuando esta destinado para soportar las cargas del tráfico vehicular. Por lo general este tipo de suelos arcillosos se eliminan, pues son suelos no deseados y como tal ocasionan deterioro y disminución de la operacionalidad, y vida útil de una carretera, este suelo debe de reemplazarse por otro con otros suelos (material de préstamo) con mejores propiedades físicas y mecánicas, consecuentemente se aumenta de forma exponencial los costos del proyecto vial. Con el objetivo de aportar una solución esta investigación

determina la potencialidad del mucilago de nopal como material (aditivo) estabilizante de un suelo arcilloso, al cual se le tiene que mejorar sus propiedades de soporte y deformabilidad ante las sollicitaciones de la estructura de un pavimento.

Es en este contexto que nuestra investigación plantea como problema general de estudio: ¿Cuáles serán los efectos en la subrasante por la adición del mucilago de nopal
¿Cuáles serán los efectos en la sub rasante por la adición del mucílago de nopal para estabilizar el suelo arcilloso de la zona de Shecta, distrito de Independencia departamento de Huaraz?

Y se plantea de manera más detallada los siguientes problemas específicos:

- ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de un suelo arcilloso al usarse como subrasante?
- ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de un suelo arcilloso con adición de mucilago de nopal al usarse como subrasante?
- ¿Cuál es la dosificación de adición de mucilago de nopal que presenta mejor comportamiento en sus propiedades físicas y mecánicas de un suelo arcilloso al usarse como subrasante?

Delimitaciones

Delimitación espacial:

Respecto a la delimitación espacial de la investigación, está se ubica en la zona de de Shecta, en el distrito de Independencia, en la provincia de Huaraz, en la Región Ancash.

Delimitación Temporal

La investigación se realizó entre el periodo de tiempo que comprenden los meses de setiembre a diciembre del 2020, durante el cual se realizaron una serie de actividades y procedimientos tanto de campo y otros en gabinete.

Limitaciones

Limitación económica:

El desarrollo de esta investigación tuvo un costo de acuerdo al presupuesto considerado en el proyecto de tesis, y se asume en su totalidad por parte de la Tesista, los estudios y ensayos de laboratorio tuvieron una variación al alza por el contexto de restricciones de traslado de personas por aislamiento social por COVID.

HIPOTESIS:

La adición de mucilago de nopal mejoraría la estabilización del suelo arcilloso en la zona de Shecta, distrito de Independencia, Huaraz, para ser aceptable según los requisitos del Manual de Carreteras.

VARIABLES

Variable independiente: Adición de porcentaje de mucilago de nopal

Variable dependiente: Estabilización del suelo arcilloso de Shecta

Definiciones Conceptuales:

Definición conceptual de la variable independiente: mucilago de nopal

Porcentaje de mucilago de nopal la cual es una sustancia viscosa que se compone principalmente por carbohidratos que tienen polímeros como la amilasa y la amilopectina.

Definición conceptual de la variable dependiente: estabilización de suelo arcilloso de Shecta.

Comprende la mejora que se produce en las propiedades que tiene un suelo cuando se le aplica diversas técnicas, que pueden ser mecánicas respecto a la combinación de tamaño de partículas, y también adicionando sustancias químicas u otras que permiten mejorar la resistencia del suelo.

Definiciones Operacionales:

Definición operacional de la variable independiente: mucilago de nopal

Consiste en la adición de mucilago de nopal en un porcentaje de 10% respecto al peso del agua.

Definición operacional de la variable dependiente: estabilización de suelo arcilloso de Shecta.

Comprende la obtención de muestras representativas del suelo arcilloso para posteriormente realizar los respectivos ensayos que permitan caracterizar las propiedades mecánicas del suelo de Shecta en estado natural, y también del suelo estabilizado al cual se le adicionará el mucilago de nopal. Los ensayos son: análisis granulométrico, Límites de Atterberg, Proctor estándar, y CBR

OPERACIONALIZACIÓN Y CONCEPTUACION DE LAS VARIABLES

Tabla N° 1
La operacionalización de las variables de la investigación

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable dependiente: La estabilización del suelo arcilloso de Shecta	Consiste en la mejora en las propiedades que tiene el suelo arcilloso con fines de pavimentación. Esta consiste en técnicas mecánicas y químicas que permiten mejorar la resistencia del suelo de Shecta.	Se realizó la extracción de la muestra del suelo para ser caracterizado posteriormente de adicionarle mucilago de tuna realizar los ensayos respectivos de laboratorios	PROPIEDADES MECANICAS PROPIEDADES FISICAS	GRANULOMETRIA LIMITES DE ATTERBERG PROCTOR ESTANDAR ENSAYO CBR
Variable independiente: mucilago de nopal	Es una sustancia muy viscosa que está compuesta por una serie de polímeros orgánicos tales como: amilo pectina y amilasa	El mucilago de nopal se adiciona en porcentaje de 10% respecto al peso de agua	PORCENTAJE DE MUCILAGO DE NOPAL	10%

Fuente: Elaboración propia

OBJETIVOS

General:

Determinar el efecto de la adición de 10% de mucilago de Nopal para la estabilización del suelo arcilloso en la zona de Shecta, Independencia, Huaraz.

Específico:

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso en la zona de Shecta, Independencia, Huaraz para subrasante.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso en la zona de Shecta, Independencia, Huaraz con adición del 10% de mucilago de nopal para subrasante.
- Identificar y comparar la resistencia del suelo arcilloso de Shecta en su estado natural y con la dosificación del mucilago de nopal en su comportamiento físico- mecánicas con fines de pavimentación.

2. METODOLOGIA

Tipo y Diseño de la investigación:

Tipo: La presente investigación según la finalidad es una investigación aplicada, debido a que esta se ha realizado con el objetivo de resolver el problema propuesto, proporcionar una solución para la inestabilidad de los suelos arcillosos de Shecta mediante la adición de mucilago de nopal.

De acuerdo al manejo y tratamiento de los datos la investigación es cuantitativa, porque usa un proceso de recolección de datos que permiten probar la hipótesis de la investigación, teniendo un fundamento numérico y un análisis de los mismos que permita comprobar el patrón de comportamiento de los suelos arcillosos cuando se le estabiliza con mucilago de nopal.

El nivel de la investigación corresponde a un nivel descriptivo – explicativo.

Diseño: De acuerdo a la metodología que se ha utilizado para la investigación el diseño es experimental porque necesita de una manipulación intencionada de la

variable independiente en el suelo y analizar posteriormente los resultados obtenidos desde el patrón y las muestras experimentales del suelo arcilloso.

Población y muestra de la investigación:

Población:

La población en estudio son los suelos arcillosos de la zona de Shecta, independencia, Huaraz.

Muestra:

La muestra es el suelo arcilloso, seleccionada por la investigadora, que es la zona de Shecta, distrito de Independencia, provincia de Huaraz, región de Ancash.

Las técnicas, los instrumentos para la recolección de los datos:

Las técnicas:

- Los ensayos de laboratorio:
 - análisis granulométrico
 - Límites de Atterberg
 - Proctor estándar
 - CBR
- Los análisis

Los instrumentos:

- Los formatos de las pruebas realizadas en el laboratorio aprobados según la Norma Peruana de ensayos.
- Ficha de los análisis, en las que se comparó los datos que se han obtenido de los resultados para el suelo sin adición y con adición del 10% de mucilago de nopal.

Procesamiento de Información:

La investigación ha aplicado los procedimientos del método científico, lo que permitió tener información exacta de los ensayos realizados, que se analizaron, tabularon, etc, mediante el software Microsoft Excel.

Las Técnicas y el análisis de los datos:

Para elaborar la interpretación y análisis de los resultados del proceso de estabilización en los suelos arcillosos, se utilizó el software Microsoft Excel con

el cual se tabula y grafica los datos. Además los resultados de los ensayos de laboratorio se contrastaron con el Manual de Carreteras: Suelos y Pavimentos (MTC)

ACTIVIDADES Y /O PROCEDIMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Etapa: Pre-campo

Se seleccionó los formatos necesarios para la recopilación de los datos, siendo los formatos aprobados por el Manual de Ensayos para los ensayos de suelos. Como el del ensayo granulométrico.

- **El Análisis Granulométrico.**

Tabla N° 02
Datos para ensayo: Análisis granulométrico.

Tamiz	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE % QUE PASA	ESPECIFICACIONES	FORMULA DE TRABAJO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3 1/2"								
3"								
2 1/2"								
2"								
1 1/2"								
1"								
3/4"								
1/2"								
1"								
3/4"								
1/2"								
3/8"								
1/4"								
#4								
#10								
#16								
#20								
#30								
#40								
#50								
#60								
#100								
#200								
< N° 200	FONDO							
FRACCION								
TOTAL								

Fuente: Elaboración propia

➤ Límites de Atterberg

Tabla N°03
Ensayo de Límites de Atterberg: Límite líquido

LIMITE LIQUIDO			
N° DE TARRO			
TARRO+S. HUMEDO			
TARRO+S. SECO			
PESO DEL AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			
NUMERO DE GOLPES			

Fuente: Elaboración propia

- Límite plástico

Tabla 4
Formato de límite plástico

LIMITE PLASTICO		
N° DE TARRO		
TARRO+S. HUMEDO		
TARRO+S. SECO		
PESO DEL AGUA		
PESO DEL TARRO		
PESO DEL SUELO SECO		
% DE HUMEDAD		

Fuente: Elaboración propia

- **Proctor Standard (Compactación)**

**Tabla N°5
Ensayo de Proctor Estandar**

DETERMINACION	N°	2	3	4	5
Peso de molde y la de la muestra	gr				
Peso del molde	gr				
Peso de muestra compactada	gr				
La densidad húmeda	gr				
La densidad seca	gr/cm ³				
CONTENIDO DE AGUA					
Numero de tarro	gr				
Peso de Tarro + suelo húmedo	gr				
Peso de Tarro +suelo seco	gr				
Peso de agua	gr				
Peso de Tarro	gr				
Peso suelo seco	gr				
Porcentaje de humedad	%				
Porcentaje promedio de humedad	%				
Peso específico seco					
La densidad seca	gr/cm ³				
Contenido Optimo de Humedad					
Máxima Densidad Seca					

Fuente: elaboración propia

- **Ensayo de relación de soporte California CBR**

**Tabla 6
Formato para el ensayo CBR - Expansión**

EXPANSION					
MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
Lectura		Lectura		Lectura	
Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°07
Formato del Ensayo CBR – Compactación

COMBINACIÓN					
Molde N°					
N° de Capa	gr				
N° de golpes por cada N°					
Condiciones de muestra					
Peso de molde + suelo húmedo	gr				
Peso del molde	gr				
Peso de muestra húmeda	gr				
Volumen de molde	cm ³				
Densidad humedo	gr/cm ³				
Humedad - OCH	%				
Densidad Seca	gr/cm ³				
Numero de tarro	gr				
Peso de Tarro + suelo húmedo	gr				
Peso de Tarro +suelo seco	gr				
Peso de agua	gr				
Peso de Tarro	gr				
Peso suelo seco	gr				
Humedad	%				
Promedio de humedad	%				

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 08
Formato para el ensayo CBR - Penetración

PENETRACION								
Penetración	Molde N° (56 golpes)			Molde N° (25 golpes)			Molde N° (12 golpes)	
Pulg.	Kg.	Lbs.	Lbs/pulg2	Kg.	Lbs.	Lbs/pulg3	Kg.	Lbs.
0.000								
0.252								
0.500								
0.752								
1.000								
1.500								
2.000								
2.500								
3.000								
3.937								
5.000								

Fuente: Elaboración propia

ETAPA DE CAMPO O IN SITU

La obtención de las muestras de suelos.

Se realizaron calicatas con la finalidad de tomar la muestra del suelo de la carretera de la zona de Shecta, que se localiza en el distrito: Independencia en Huaraz, Ancash. Para ello se tomó en consideración la norma Técnica CE 010 para Pavimentos Urbanos, en donde se señala que la cantidad de calicatas debe guardar relación al tipo de vía de la carretera según la tabla que a continuación se muestra.

El área de la presente investigación es la Carretera Independencia 02000 – Centro Poblado de Shecta.

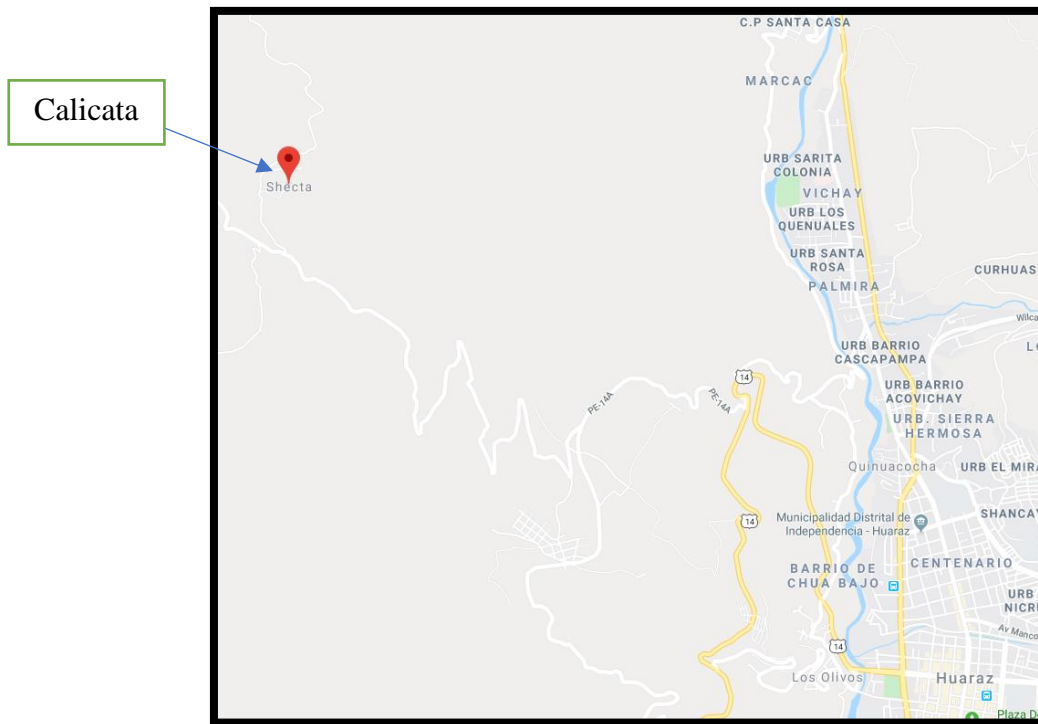


Figura 1. Ubicación de calicata. Fuente: Google Maps

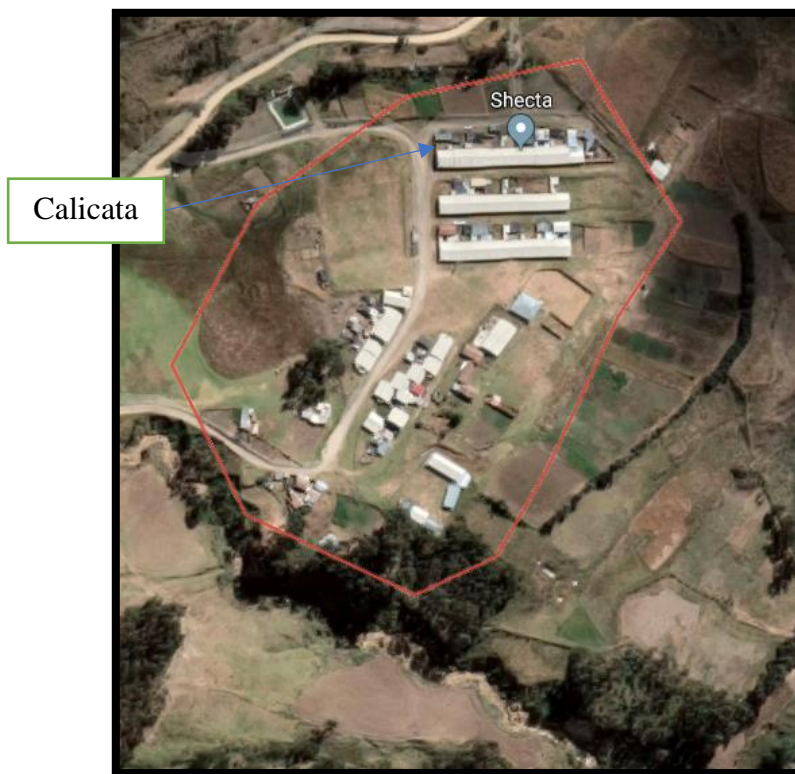


Figura 2. Ubicación de la calicata. Fuente: Google Earth

Según la tabla anterior para la vía en el punto de investigación, se indica a continuación a detalle la georreferenciación de la Calicata N° 01.

Tabla N°09

Ubicación de calicata

Coordenadas U.T.M.	
Datum	WGS84
Zona	18 L
Norte	8947403
Este	219477
Cota	3339

Fuente: Google earth

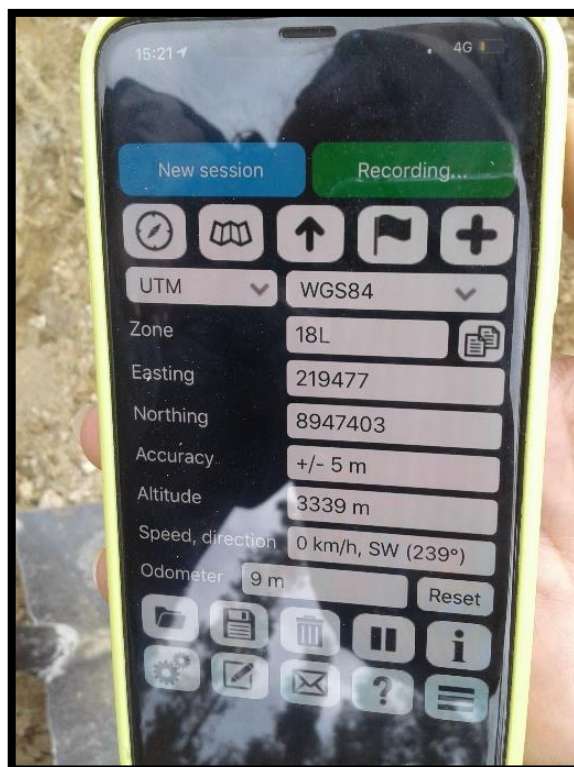


Figura 3. Coordenadas GPS



Figura 4. Excavación de la Calicata



Figura 5. Profundidad de la calicata: 1.50m



Figura 6. SHECTA-Hz / C-01

En la figura 6 se verifica que se ejecutó la calicata N° 01 con fecha 10 de octubre del 2020. De acuerdo a lo establecido en el Manual de los Ensayos de los Materiales MTC.E - 101 / ASTM- D240. Tuvo una profundidad de 1.50 metros para ello se utilizó pala y pico para excavar manualmente, y para trasladar la muestra de suelo se la colocó dentro de sacos, estos se identificaron rotulándolos con los datos del suelo.



Figura 7. Encostalado de la muestra



Figura 8. 120kg de muestra

La obtención y extracción del mucilago de nopal.

Equipos e instrumentos:

- cuchillas.
- Depósitos metálicos
- Guantes de protección
- Pala
- **Procedimientos**
 - Se realizó la extracción de las pencas de la tuna, con la pala y se seleccionó las pencas con mayor uniformidad en su color y tamaño. Siempre respetando las restricciones al tránsito que da el estado peruano. Se utilizó equipos de protección personal (EPP) para el trabajo en exteriores.



Figura 9. Extracción de las hojas de Nopal



Figura 10. Extracción de las hojas de Nopal con la herramienta.

Haciendo uso de la una escoba se realizó un proceso de eliminar las espinas de las pencas del nopal



Figura 11. Proceso de limpieza al objeto de estudio: retirar las espinas en la superficie.

Una vez lavadas las pencas se extrajo las espinas que tiene en sus superficies, con ayuda de una escobilla y recipiente metálico para que los contenga. Esta penca fue cortada en trozos pequeños, los cuales se sumergieron, en agua



Figura 12. Picado de La PENCA DE NOPAL.



Figura 13. Inmersión de los trozos de PENCA DE NOPAL

Luego de transcurrido 18 días, se extrajo recién el mucílago, para ello se separó el material sólido o restos, para ser desechado y se almacena el mucilago de nopal en recipientes que no contaminen el mucilago.



Figura 14. Extracción del mucilago de nopal después de 18 días

Respecto a las propiedades físicas y mecánicas del suelo de la Zona de Shecta.

Ensayo de Análisis de Gradación:

También es conocido como análisis granulométrico, de las partículas del suelo, clasificándolas de acuerdo a su tamaño de los elementos que lo conforman, por una serie de tamices o mallas que varían en tamaños sucesivos.

Normatividad

- Norma Técnica Peruana: 339.128-1999 del 2014
Ensayo para análisis granulométrico.
- Ministerios de Transporte y Comunicaciones: E-107
- ASTM D – 422: Análisis granulométrico x tamizado

Equipos

- Una balanza electrónica (calibrada)
- Serie de Tamices:
3" – 2 ½" – 2" – 1 ½" – 1" – ¾" – ½" – 3/8" – ¼"
N° 4 – N° 10 – N° 20 - N° 40 – N° 60 - N° 140 – N° 200
- Recipientes y depósitos metálicos
- Cepillo
- Brochas

Proceso de ensayo

- Se cuartea el material a ensayar por 2 veces consecutivas para tener una muestra aleatoria de suelo.
- Se utilizó para ello una superficie limpia, horizontal y dura.
- Se mezcló el material de forma homogénea, formando conos de material por tres veces como mínimo.
- Se extendió el material y dividió en cuatro partes iguales, de los cuales se separó dos partes diagonales opuestos. Se mezcló luego ello y se repitió el proceso.
- Se pesó la muestra que se secó al aire y se realizó la anotación correspondiente del peso total de la muestra.
- Posteriormente se lavó con mucha agua sobre el tamiz N°200, luego se secó y pesó. Se anotó el peso retenido.
- Se tamizó de forma manual sacudiendo los tamices desde un lado hacia otro.
- Por último, se anotó los pesos retenidos en cada una de los tamices.

Los cálculos:

Se realizó el cálculo de los porcentajes retenidos en cada uno de los tamices, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ retenido} = \frac{\text{peso retenido en tamiz}}{\text{peso total}} \times 100$$

se determina el porcentaje que pasa, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ pasa} = 100 \% - \% \text{ retenido acumulado}$$



Figura 15. Proceso de cuarteo del suelo para obtención de la muestra a ensayar



Figura 16. Ensayo de Análisis granulométrico

Límites de Atterberg

Limite Líquido:

Cuando el suelo pasa desde su estado líquido a un estado plástico, se le conoce así al límite líquido de un suelo. Se considera al valor de la humedad que corresponde a una profundidad de penetración de 2 cm, que se logra obtener al realizar un ajuste de una variedad de pares de profundidades de penetración vs humedad.

Normatividad:

- Norma Técnica Peruana: 339.130-1999 del 2014
Ensayo Límites de Atterberg – Límites líquidos empleando penetrómetro cónico.
- Norma Británica B S 1,377 del 1990

Equipos

- Copa de Casagrande
- Espátulas flexibles
- Recipientes metálicos
- Balanza (electrónica)
- Un tamiz N° 40
- Horno eléctrico
- Mesa de trabajo con superficie lisa
- Depósitos de cerámico para determinar las humedades
- Un cronometro

Proceso de ensayo

- Se obtuvo la muestra seca pasante por el tamiz N° 40.
- Se tomó muestra y se, mezcló con agua destilada, se introdujo en el recipiente del equipo de Casagrande y se enrazó para eliminar las burbujas de aire.
- Se coloca el cono en la parte superior de la muestra, se suelta y se anota el valor de penetración.
- La muestra húmeda que se ha obtenido es pesada.
- Dicha muestra se seca en horno eléctrico y se obtiene el peso seco.

- Se determina el contenido de la humedad
- Se repite tres veces dicho procedimiento.

Los cálculos:

- Inicialmente se elaboró un gráfico con escalas lineales de la penetración (mm) versus el contenido de humedad (%)
- En el grafico se única la línea que tenga mayor aproximación a los tres puntos.
- Se toma el punto de intersección de esta línea a una penetración de 20 mm.
- La humedad que le corresponde a dicho valor de penetración viene a representar el Limite liquido del suelo.



Figura 17. Muestras del análisis limite líquido y plástico



Figura 18. Trabajando el análisis limite líquido y plástico

Existen 02 tipos de métodos:

Método Múltiple: 15-25 golpes

20-30 golpes

25-35 golpes

Método Un Punto: 20-30 golpes

Se utilizó el método Múltiple

Limite plástico:

Cuando el suelo pasa desde su estado plástico a un estado semisólido, se le conoce así al límite plástico de un suelo. Se considera al valor de la humedad que corresponde en el que el suelo sufre agrietamiento al formarse un rollito de 3.18 mm de diámetro

Normatividad:

- Norma Técnica Peruana: 339.119-1999 del 2014
Ensayo Límites de Atterberg – Índices de plasticidad.
- ASTM D – 4318 Método Estándar de límites y plasticidad
- MTC 111

Equipos

- Espátulas flexibles
- Recipientes metálicos adecuados
- Balanza (electrónica)
- Un tamiz N° 40
- Horno eléctrico
- Mesa de trabajo con superficie lisa
- Depósitos de cerámico para determinar las humedades

Proceso de ensayo

- Se obtuvo la muestra seca pasante por el tamiz N° 40.

- Se tomó muestra y se, mezcló con agua destilada, se amasó para formar una esfera plástica.
- Luego se moldea en forma de elipsoide rodándolo con los dedos sobre la mesa de superficie lisa, hasta que se consiga formar cilindros.
- Estos cilindros deben tener aproximadamente 3.2 mm en su diámetro.
- Cuando este cilindro se desmorona la porción que se ha obtenido se coloca en los recipientes para secar pesar y obtener su humedad
- Este procedimiento se realiza dos veces.

Los cálculos:

Para determinar el límite plástico se hizo uso de la fórmula siguiente:

$$L P = \frac{P_{hum} - P_{seco}}{P_{seco}} \times 100$$

Donde:

L P : Límite Plástico

P hum : el peso del suelo con humedad

P seco : el peso de suelo seco



Figura 19. Ensayo del límite plástico

Los cálculos:

Se determinó el índice de plasticidad utilizando la siguiente formula:

$$IP = \text{Limite liquido} - \text{Limite plastico}$$

Proctor Standard

Este ensayo relaciona el contenido de agua con el peso unitario seco del suelo y se ve reflejado en la curva de compactación. Este proceso de compactación se realizó en molde de entre 4” ó 6” de diámetro y se utiliza un pisón de 5.5 lbf.

Este ensayo se realiza en suelos que menos del 30% del peso retenido en el tamiz de 3/4”

Normatividad:

- Norma Técnica Peruana: 339.141-1999 del 2014
Ensayo para compactación de suelos.
- Ministerios de Transporte y Comunicaciones: E-115

- ASTM D – 1557: Metodo de Prueba estándar para características de Compactacion utilizando esfuerzos modificados (

Equipos

- Moldes de 4”
- Pisón: masa de pison= 5.5 +- 0.02 libras-metro
- Balanza electrónica (precisión 0.1 gramos)
- Horno eléctrico
- Reglas metalica
- Espátulas, badilejos y herramientas de mezcla
- Ensamblaje de molde de 4”
- Collar de extensión para molde de 4”

Proceso de ensayo

- Se cuartea el material a ensayar por 2 veces consecutivas para tener una muestra aleatoria de suelo.
- Se utilizó para ello una superficie limpia, horizontal y dura.
- Se extendió el material y dividió en cuatro partes iguales, de los cuales se separó dos partes diagonales opuestos. Se mezcló luego ello y se repitió el proceso.
- Se realizó el secado de la muestra en horno eléctrico,
- Posteriormente se comprobó que el porcentaje retenido en tamiz N°4, lo que pasa en fino y lo retenido es grava.
- Se utilizó el método A de la tabla N° 10
- Se elaboró cuatro muestras de 3,000 gramos cada una y se le adiciono agua de mezcló de forma uniforme
- Se anotó los pesos de: molde y base
- Luego se ensambló y aseguró el collar al molde de 4”
- En el molde colocado ya el suelo se compactó la muestra en 5 capas aplicándole 25 golpes
- Se enrazó con regla metálica.
- Se retiró el collarín, se obtuvo los pesos de: molde, base y espécimen
- Se determinó el contenido de humedad del espécimen.

Tabla 10
ENSAYO DE PROCTOR ESTÁNDAR. POR TIPO DE METODO: A – B Y C

Descripción	METODO		
	A	B	C
Diámetro de molde	4"	4"	6"
El peso de pisón/martillo	24.4 N	24.4 N	24.4 N
Altura de caída	30.5 cm	30.5 cm	30.5 cm
N° de golpes /Capa	25	25	25
N° de capas	3	3	3
La energía de compactación.	600 KN-m/m ³	601 KN-m/m ³	602 KN-m/m ³
Material a usar	Material pasante del Tamiz N° 4	Material pasante del Tamiz 3/8"	Material pasante del Tamiz 3/4"
Uso	Material retenido del Tamiz N° 4 ≤20%	Material retenido del Tamiz N° 4 >20% Ret. Tamiz 3/8" ≤20%	Material retenido del Tamiz 3/8" >20% Ret . Tamiz 3/4" ≤30%

Fuente: Manual de Ensayo de Materiales. MTC 2016

Los cálculos:

Se calculó con la fórmula que a continuación se presenta, el peso volumétrico seco del suelo

$$ps = \frac{pm}{1 + \left(\% \frac{W}{100}\right)}$$

ps= El peso volumétrico seco (gr /cm³)

pm = El peso volumétrico húmedo (gr /cm³)

Peso volumétrico húmedo del espécimen compactado (gr/cm³) =
peso húmedo del espécimen compactado / volumen

Para determinar el contenido de humedad se utilizó la formula siguiente:

$$\%w = \frac{P_{hum} - P_{seco}}{P_{seco}} * 100$$

Donde:

% W : el contenido de humedad del espécimen

P hume : el peso del suelo en condiciones de humedad

P seco : el peso del suelo en condiciones secas

Se elaboró la respectiva curva de compactación con los resultados del contenido óptimo de humedad y de la máxima densidad seca del suelo.



Figura 20. Muestras del Proctor Standard



Figura 21. Realizando los golpes

Ensayo de CBR

(California Bearing Ratio)

Esta prueba es la más importante que sirve para determinar el índice de resistencia que tienen los suelos y que se le llama valor de la relación de soporte, el ensayo de CBR es la obtención de un porcentaje de esfuerzo requerido o necesario para producir la penetración de un pistón o martillo a 0.10 pulgadas de profundidad en la muestra y esfuerzo requerido o necesario para producir la penetración de un pistón o martillo a 0.10 pulgadas de profundidad de la muestra patrón de piedra chancada.

Normatividad:

- Norma Técnica Peruana: 339.145-1999 del 2014
Ensayo de Determinación del CBR.
- Ministerios de Transporte y Comunicaciones: E-132
- ASTM D – 1883:
California Bearing Ratio

Equipos

- Moldes de 6" cilíndrico metálico
- Prensa hidráulica
- El disco espaciador metálico
- Las pesas metálicas
- Medidor de Expansión
- Pistón metálico para penetración
- Diales con 25mm de recorrido
- Horno eléctrico
- Serie de tamices: N° 4; 3/4" y 2"
- Papel filtro
- Espátulas flexibles y rígidas

Proceso de ensayo

- Se inicia con la preparación del espécimen replicando los procedimientos del ensayo de proctor, en este caso se utilizará un molde de 6", este espécimen en su preparación debe tener una aproximación al porcentaje óptimo de humedad.
- se registra los pesos: molde y su base
- se colocó el papel filtro, disco espaciador, y el collar
- se compacto en cinco capas a los 12, 25 y 56 golpes.
- Se retira el collarín, se enrasó, se retiraron los elementos del equipo.
- Se pesó el molde con la muestra, y se determinó la densidad y humedad.
- Sobre una mesa de trabajo horizontal se colocó una placa invertida con vástago, y encima de ello 2 pesas de 10 libras
- Se ensambla el trípode y dual con lectura inicial, se introduce en agua con el acceso al molde, es decir se deja libre el acceso del agua ´pr abajo y arriba de la muestra
- Se sumergió por un periodo de 96 horas, y se anotó cada día la lectura de dial.
- Se extrae después de 96 horas y se deja drenar 15 minutos.

- Se coloca bajo la muestra de suelo dentro del molde y también se considera la sobrecarga.
- Se aplicó cargas sobre el pistón, a una velocidad regulada uniforme de 1.27 mm/minuto y se anotó las lecturas

Los cálculos:

- **Para determinar el CBR** de una muestra se tiene la siguiente formula:

$$\text{CBR} = \frac{\text{Esfuerzo en el suelo ensayado}}{\text{Esfuerzo patron}} * 100$$

Donde:

El esfuerzo (patrón) (2.54mm) =
70.31 kgf/cm² ó 1000 lb/pulg²

- Para determinar la expansión de aplicó la formula siguiente:

$$\% \text{ Expansion} = \frac{L2 - L1}{hm} * 100$$

Donde:

L1 : Lectura inicial, en milímetros

L2 : Lectura final, en milímetros

Hm _ Altura de muestra en molde, en milímetros

Se graficó curva que relacione las presiones (eje de las ordenadas) versus las penetraciones (eje de las abscisas).

Se obtiene el valore a 2.54mm de penetración. Posteriormente a ello se determina los valores de CBR.

Se elaboró la curva con el CBR vs densidad seca, con lo que s pudo determinar el valor final de BCR AL 95% de MDS.



Figura 22. Ensayo de CBR Ensayo de Relación de soporte
California CBR

Se procedió a caracterizar física y mecánicamente el suelo con **adición de mucilago de nopal.**

Se adicionó 10% de mucilago de nopal con el objeto de caracterizar el suelo de la zona de Shecta y posteriormente realizar la totalidad de ensayos para apreciar la variación positiva de sus valores es decir de la estabilización. Es así que sustituyendo el agua de compactación por el porcentaje de mucilago de nopal se conocerá su efecto en el suelo.

Se tuvo 04 adiciones en el Proctor Standard del 6%, 8%, 10% y 12%, pero para el CBR se utilizó el más óptimo que es el 10%.



Figura 23. Medida para la adición de mucílago de nopal

Etapas de trabajo de gabinete:

Procesamiento de la información.

Se realizó la tabulación de los datos y su posterior procesamiento utilizando un software u hojas de cálculo Excel, dicha herramienta tecnológica facilita y agiliza los cálculos en cada uno de los pasos y aplicaciones de fórmulas que se realizaron según nos indicó las Normas.

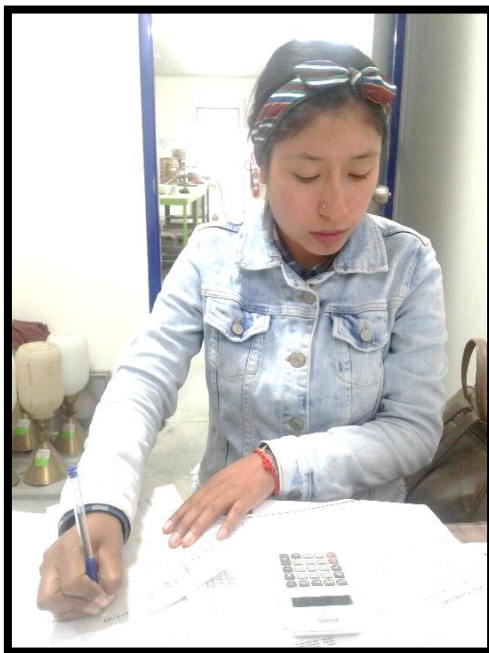


Figura 24. Procesamiento de datos

3. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

Del objetivo específico n°1: Características mecánicas y físicas de suelo de Shecta se presenta los siguientes resultados:

Se determinó la característica de suelo de la zona de Shecta, mediante el análisis granulométrico, los límites de Atterberg: Limite Plástico y Limite Liquido, se terminó el índice de plasticidad, el ensayo de proctor estándar, y el CBR, estos ensayos corresponden a los desarrollados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro de la filial Huaraz (LMSEM –USP)

Se presentan a continuación

ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMETRICO

Muestra : Suelo de la zona de Shecta, distrito de Independencia.

Procedimiento: se realizó e ensayo con la finalidad de determinar la distribución de las partículas del suelo según sus tamaños, tal como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla N° 11:
Ensayo de Análisis Granulométrico

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE % QUE PASA	ESPECIFICACIONES HUSO B	FORMULA DE TRABAJO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3 1/2"	80,89							
3"	76,200							
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0			%Peso Piedra: 6,9%
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0			% Peso arena: 93,1%
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0			Limite Liquido (LL): 36,66
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0			Limite Plástico (LP): 24,27
3/4"	19,050	0,0	0,0	0,0	100,0			Indice Plástico (IP): 12,40
1/2"	12,700	69,5	0,1	0,1	99,9			Clasificación(SUCS): CL
3/8"	9,525	264,0	0,6	0,7	99,3			Clasific. (AASHTO): A-6 (9)
1/4"	6,325	1232,0	2,6	3,3	96,7			% Humedad: 6,2%
# 4	4,760	1692,0	3,6	6,9	93,1			
# 10	2,000	166,3	0,4	7,3	92,7			
# 16	1,190	122,0	0,3	7,5	92,5			
# 20	0,840	99,6	0,2	7,7	92,3			
# 30	0,600	99,6	0,2	7,9	92,1			OBSERVACIONES:
# 40	0,420	81,1	0,2	8,1	91,9			ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
# 50	0,300	82,4	0,2	8,3	91,7			
# 60	0,177	43,0	0,1	8,4	91,6			
# 100	0,150	89,9	0,2	8,6	91,4			
# 200	0,075	70,4	0,1	8,7	91,3			
< N° 200	FONDO	43.104,0	91,3	100				
FRACCIÓN		43.958,3						
TOTAL		47.215,8						

Fuente: Elaboración propia

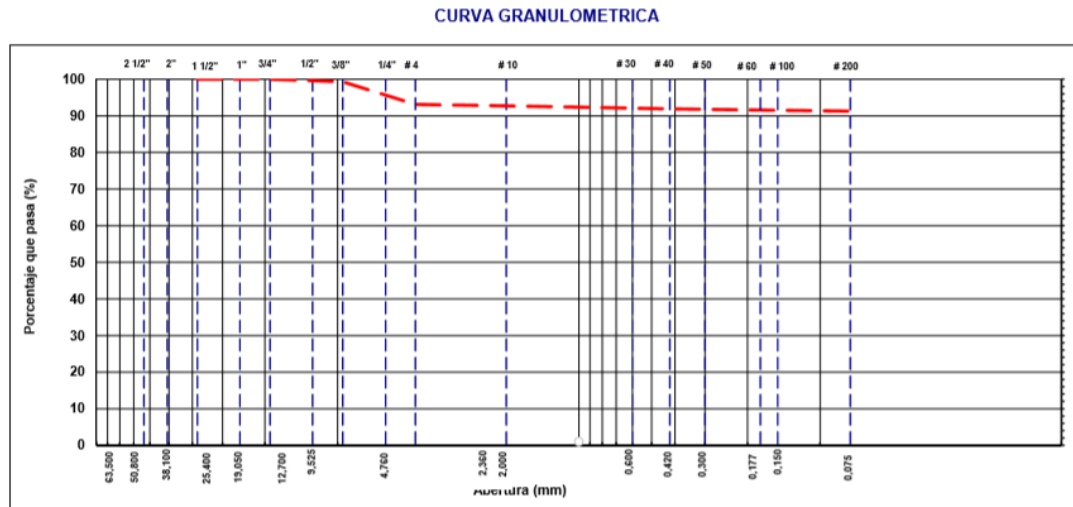


Figura 25. Curva granulométrica del suelo en la zona de Shecta

Se evidencia que el Suelo ensayado según su gradación se compone por un 91.3% de limo y arcilla 1.8% de arena (93.1-91.3) de arena y 6.9 % de grava.

Tipo de suelo: es una **ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD**

LIMITE LÍQUIDO

Muestra : Suelo de la zona de Shecta, distrito de Independencia.

Procedimiento: Para determinar el Limite liquido se siguió los procedimientos de la Normatividad de Ensayo de Materiales, equipos como la copa de Casagrande. El valor del límite liquido de la muestra de suelo (patrón) se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 12
Límite líquido del suelo en la zona de Shecta

LIMITE LIQUIDO					
Nº TARRO		11	5	34	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		51,25	55,64	56,29	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		44,41	48,02	48,47	
PESO DE AGUA (g)		6,84	7,62	7,82	
PESO DEL TARRO (g)		26,15	27,08	26,53	
PESO DEL SUELO SECO (g)		18,26	20,94	21,94	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		37,46	36,39	35,64	
NUMERO DE GOLPES		17	28	35	

Fuente: Laboratorio USP

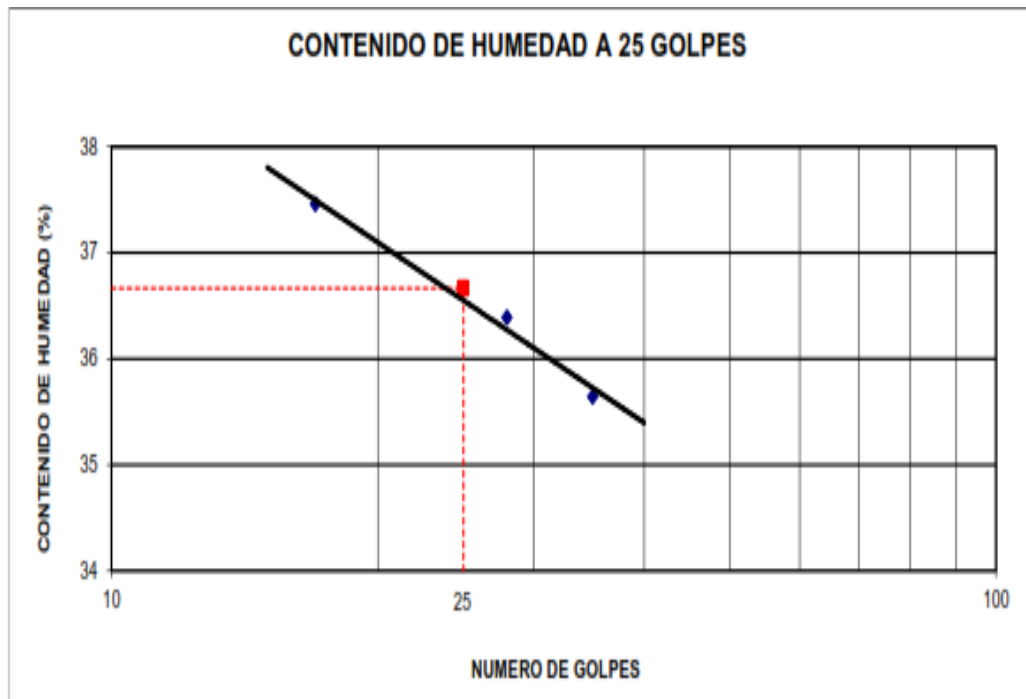


Figura 26. Curva de fluidez del suelo en la zona de Shecta

El contenido del agua que se expresa en porcentaje viene a ser el Límite Líquido del suelo el cual delimita el estado plástico del líquido. Según la figura que corresponde a la humedad del suelo, se tiene que, a 17 golpes, la humedad es 37.46; a 28 golpes, la humedad es 36.39 y a 35 golpes, la humedad es 35.64

LIMITE PLASTICO

Límite plástico del suelo en la zona de Shecta:

Muestra : Suelo de la zona de Shecta, distrito de Independencia.

Procedimiento: Para determinar el Limite liquido se siguió los procedimientos de la Normatividad de Ensayo de Materiales. El valor del límite plástico de la muestra de suelo (patrón) se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 13
Límite Plastico del suelo en la zona de Shecta

LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO		33	32	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		33,71	31,67	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		32,48	30,54	
PESO DE AGUA (g)		1,23	1,13	
PESO DEL TARRO (g)		27,29	25,99	
PESO DEL SUELO SECO (g)		5,19	4,55	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		23,70	24,84	

Fuente: Estudios de Suelos - Laboratorio USP

El contenido del agua que se expresa en porcentaje viene a ser el Limite plástico, el cual delimita el estado plástico del estado semisolido.

De acuerdo al ensayo realizado se tiene un límite plástico de 24.27% para el suelo de Shecta.

INDICE DE PLASTICIDAD

Muestra : Suelo de la zona de Shecta, distrito de Independencia.

Procedimiento: Para determinar el Indice de plasticidad se siguió los procedimientos de la Normatividad de Ensayo de Materiales. El valor del límite plástico de la muestra de suelo (patrón) se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 14
Ensayo del Índice de Plasticidad

CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
L.L.=Límite líquido	36.66
L.P. =Límite plástico	24.27
I.P. =Índice de plasticidad	12.40

Fuente: Estudios de suelos USP

El índice de plasticidad del suelo en la zona de Shecta (Muestra Patrón) es 12.40%. De acuerdo a lo señalado en el Manual de Carreteras en su parte de Suelos y pavimentos del MTC, se concluye que el suelo de la zona de Shecta es un suelo con plasticidad media, que corresponde a un suelo arcilloso,

Tabla N°15
Clasificación de Suelos – según IP

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

Fuente: Manual de Carreteras. MTC (9/4/2014)

PROCTOR STANDARD

Muestra : Suelo de la zona de Shecta, distrito de Independencia.

Procedimiento: Para determinar el contenido de humedad óptimo con el cual se debe tener la máxima densidad seca del suelo de Shecta. El valor del ensayo de la muestra de suelo (patrón) se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 16
Proctor standard del suelo en la zona de Shecta

METODO : "A"					
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	919,00	PESO DEL MOLDE (gr.) :			4006
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	
PESO SUELO + MOLDE (gr)	5704,00	5634,00	6006,50	6039,00	
PESO DEL MOLDE (gr)	4006,00	4006,00	4006,00	4006,00	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (gr)	1695,00	1626,00	2002,50	2033,00	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1,845	1,959	2,179	2,212	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1,711	1,811	1,949	1,936	
CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nro.	37	17	19	1	
PESO SUELO HUMEDO + TARA (gr)	1141,90	1111,00	1019,00	949,00	
PESO SUELOS SECO + TARA (gr)	1069,40	1026,30	929,30	850,80	
PESO DE LA TARA (gr)	163,60	165,00	169,00	161,50	
PESO DE AGUA (gr)	72,50	84,70	89,70	96,20	
PESO DE SUELO SECO (gr)	905,60	861,30	760,30	689,30	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8,00	9,83	11,80	14,25	
PESO VOLUMETRICO SECO	1,711	1,811	1,949	1,936	
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1,949	gr/cc		HUMEDAD OPTIMA:	11,8

Fuente: Estudios de Suelos - Laboratorio USP

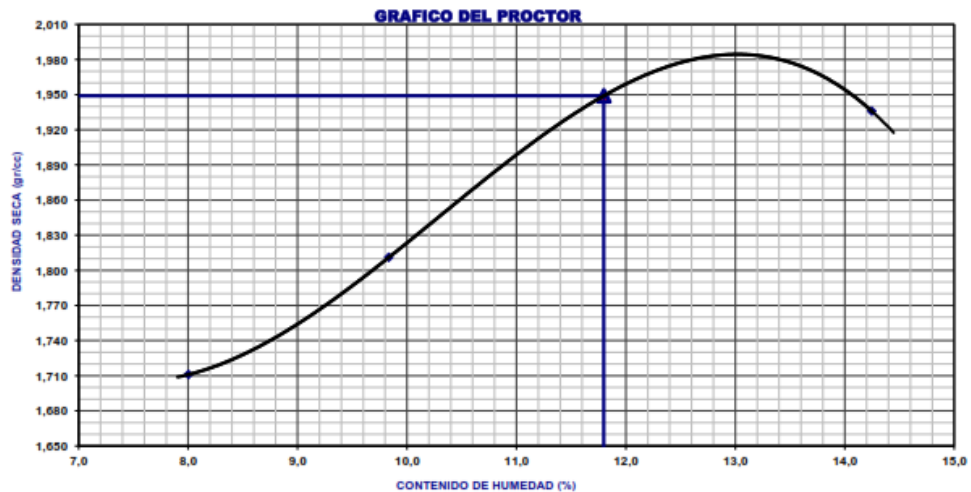


Figura 27. Curva de compactación del suelo en la zona de Shecta

Según la figura 27 se tiene el 11,8% como el contenido óptimo de humedad y una máxima densidad seca de 1,949 gr / cm³.

ENSAYO DE CBR
California Bearing Ratio

Muestra : Suelo de la zona de Shecta, distrito de Independencia.

Procedimiento: se ejecutó los pasos para determinar el índice de la resistencia del suelo, con un grado de 95% de la densidad seca máxima y penetración de 2.54 mm. El valor del CBR de la muestra de suelo (patrón) se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 17
Ensayo de CBR (Compactación)

Molde N°	11		12		10	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12722	14418	12584	14098	12400	14237
Peso de molde (gr)	7961	7961	7972	7972	7971	7971
Peso del suelo húmedo (gr)	4761	6457	4612	6126	4429	6266
Volumen del molde (cm ³)	2037	2037	2015	2015	2041	2041
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2,337	3,170	2,289	3,040	2,170	3,070
Humedad (%)	11,36	13,97	11,52	15,24	12,29	15,95
Densidad seca (gr/cm ³)	2,099	2,781	2,053	2,638	1,932	2,648
Tarro N°	1	49	39	37	19	24
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1032,5	794,5	1098,0	1167,5	1021,5	1035,0
Tarro + Suelo seco (gr)	943,7	717,6	1002,1	1035,5	927,6	916,0
Peso del Agua (gr)	88,80	76,90	95,90	132,00	93,90	119,00
Peso del tarro (gr)	162,00	167,20	169,40	169,20	163,80	170,00
Peso del suelo seco (gr)	781,7	550,4	832,7	866,3	763,8	746,0
Humedad (%)	11,36	13,97	11,52	15,24	12,29	15,95
Promedio de Humedad (%)	11,36	13,97	11,52	15,24	12,29	15,95

Fuente: Estudios de Suelos - Laboratorio USP

Tabla N° 18
Ensayo de CBR (Expansión)

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
10/10/2019	0,00 Hrs										
11/10/2019	9,35 Hrs										
12/10/2019	9,35 Hrs		1,750	115,320	1,52	1,950	115,320	1,69	2,150	115,320	1,86
13/10/2019	9,35 Hrs										
14/11/2019	9,35 Hrs										
PENETRACION											

Fuente: Estudios de Suelos - Laboratorio USP

Según los ensayos se verifica que la expansión de los suelos de Shecta /muestra patrón) es de 1.52%, 1.69 y 1.86% para 56, 25 y 12 golpes respectivamente.

Tabla N° 19
Ensayo de CBR (Penetración)

PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 11				MOLDE N° 12				MOLDE N° 10			
		Lectura		Carga Ensayo kg/cm2	CBR %	Lectura		Carga Ensayo kg/cm2	CBR %	Lectura		Carga Ensayo kg/cm2	CBR %
		Dial (div)	kg			Dial (div)	kg			Dial (div)	kg		
0,000		0	0,0	0,00		0	0,0	0,00		0	0,0	0,00	
0,252		15	73,3	3,79		10	50,7	2,62		6	32,6	1,66	
0,500		16	66,9	4,49		13	64,3	3,32		7	37,1	1,92	
0,752		21	100,5	5,19		15	73,3	3,79		8	41,6	2,15	
1,000	70,50	23	109,6	5,66	8,03	16	66,9	4,49	6,37	10	50,7	2,62	3,71
1,500		27	127,7	6,00		21	100,5	5,19		11	55,2	2,85	
2,000	105,5	32	150,3	7,77	7,36	25	116,6	6,13	5,81	13	64,3	3,32	3,15
2,500		36	166,4	8,70		29	136,7	7,06		14	68,0	3,55	
3,000		39	182,0	9,40		33	154,8	8,00		16	77,8	4,02	
3,937		45	209,2	10,81		39	182,0	9,40		19	91,4	4,72	
5,000		53	245,4	12,68		45	209,2	10,81		21	100,5	5,19	

Fuente: Estudios de Suelos - Laboratorio USP

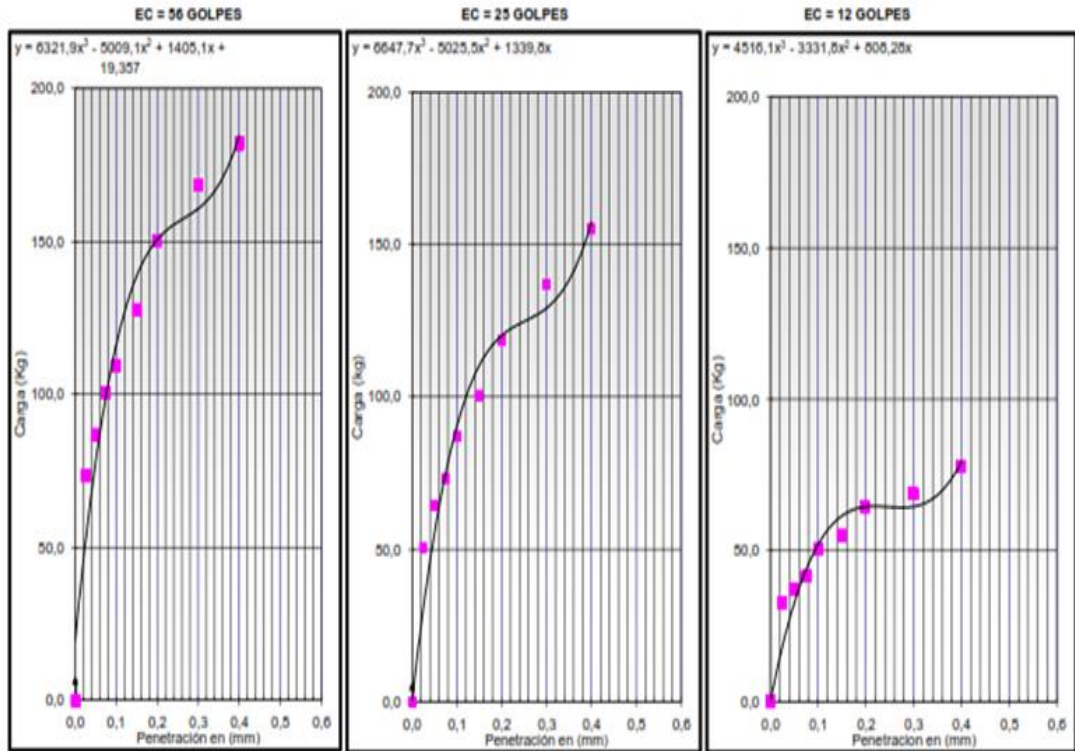
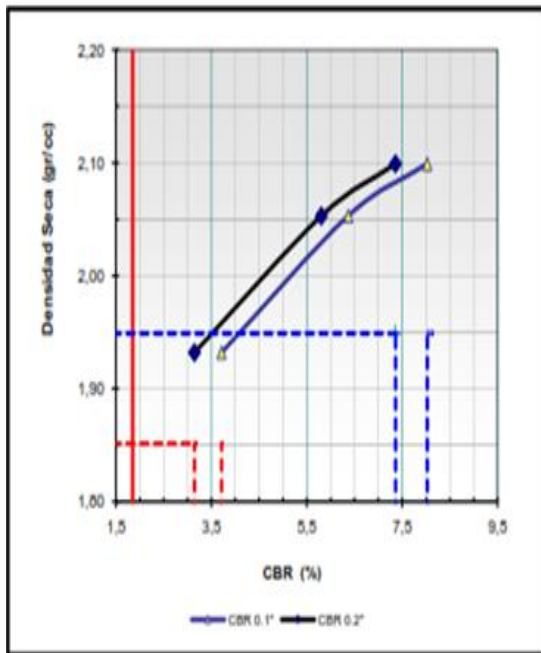


Figura 28. Grafica de la curva producida por CBR a 56,25 y 12 golpes

Tabla N° 20
Resumen de Ensayo de CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1':	8,0	0.2':	7,4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1':	3,7	0.2':	3,1

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1,949	gr/cc
Optimo Humedad	11,80	%

OBSERVACIONES:

Fuente: Estudios de Suelos - Laboratorio USP

Para las categorías de sub rasante se tienen valores de CBR adecuados como se muestra en la tabla N°21, y siendo nuestro valor obtenido de 8.03%, se considera a la subrasante de los suelos de la zona de Shecta en el distrito de Independencia, una sub rasante REGULAR:

Los resultados permiten que el suelo de Shecta es un suelo **adecuado** según el Manual de Carreteras del MTC, ya que se cumple con:

$$\text{CBR} \geq 6 \% \quad \text{y} \quad \text{CBR} \leq$$

La sub rasante es regular y se debe considerar apta para construir capas de sub rasante y ser susceptible de ser estabilizada para disminuir los espesores de las estructuras de pavimentos que soporte.

Tabla N° 21
Categorización de las Subrasantes de Vias

Categorías de sub rasante	CBR
S0 : Sub-rasante Inadecuada	C.B.R. < 3%
S1 : Sub-rasante Insuficiente	De C.B.R. $\geq 3\%$ a C.B.R. < 6%
S2 : Sub-rasante Regular	De C.B.R. $\geq 6\%$ a C.B.R. < 10%
S5 : Sub-rasante Excelente	C.B.R. $\geq 30\%$

Fuente: Manual de Carreteras. MTC (9/4/2014)

A continuación se presenta las propiedades mecánicas y físicas del suelo en la zona de Shecta:

Tabla 22
Resumen de las características físicas y mecánicas del Suelo en la zona de Shecta

	Suelo del Jirón La Unión (Muestra A)
Granulometría	91.3% de limos y arcillas, 93.1% de arena,
Limite líquido (LL)	36.66%
Limite plástico (LP)	24.27 %
Índice de plasticidad (IP)	12.40 %
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6 (9)
Máxima densidad seca (MDS)	1.949 gr/cm ³
Óptimo contenido de humedad (OCH)	11.8 %
CBR AL 95% MDS	8.03 %
Expansión (%)	1.52% - 56 golpes
	1.69% - 25 golpes
	1.86% - 12 golpes

Fuente: Elaboración propia

Los suelos de la zona de Shecta se componen por 91.3% de limos y arcillas, presenta un IP de 12.40%, por lo que el suelo extraído de la zona de Shecta presenta una plasticidad media y se considera un suelo arcilloso.

Según la clasificación AASHTO el suelo de Shecta se clasifica como suelo A – 6 y de acuerdo al sistema de clasificación SUCS es un suelo CL, y se considera una arcilla con baja plasticidad.

También se tiene como resultado que la densidad seca máxima tiene un valor de 1.949 gr / cm³, cuyo contenido óptimo de humedad es de 11.8%

MDS) es de 1.949 gr/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 11.8%. Respecto a la expansión que determina el ensayo de CBR se tiene un valor de 1.52%, 1.69% y 1.55% para los 56, 25 y 12 golpes respectivamente. Y se considera el suelo de Shecta adecuado para conformar una sub rasante regular, Por lo que tendrá que estabilizar para su uso más eficiente, ya que no es apto en su estado natural para un eficiente diseño de una carretera.

Del objetivo específico n°2: Características mecánicas y físicas de suelo arcilloso de Shecta con adición de mucilago de nopal presenta los siguientes resultados:

Cumpliendo con el objetivo de la investigación se determinó las propiedades del suelo arcilloso de Shecta adicionando un porcentaje óptimo de 10%, luego de descartar los porcentajes de 6%,8% y 12%, para las pruebas de proctor estándar y el ensayo de CBR a los desarrollados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales de la Universidad San Pedro de la filial Huaraz (LMSEM –USP)

Se presentan a continuación

PROCTOR STANDARD

Muestra : Suelo arcilloso con adición de 10% de mucilago de tuna.

Procedimiento: Para determinar el contenido de humedad optimo con el cual se debe tener la máxima densidad seca del suelo adicionado con mucilago de nopal. El valor del ensayo de la muestra de suelo (experimental) se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 23
Proctor standard del suelo adicionado con 10% de mucilago de nopal

METODO : "A"								
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	919			PESO DEL MOLDE (gr.) :	4006			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4				
PESO SUELO + MOLDE (gr)	6156,00	6235,00	6310,00	6270,00				
PESO DEL MOLDE (gr)	4006,00	4006,00	4006,00	4006,00				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (gr)	2150,00	2229,00	2304,00	2264,00				
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)	2,339	2,425	2,507	2,464				
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	2,214	2,261	2,290	2,212				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
RECIPIENTE Nro.	1	2	3	4				
PESO SUELO HUMEDO + TARA (gr)	642,20	650,60	661,30	625,30				
PESO SUELOS SECO + TARA (gr)	606,00	604,50	619,60	757,90				
PESO DE LA TARA (gr)	165,30	167,40	169,40	165,90				
PESO DE AGUA (gr)	36,20	46,30	61,70	67,40				
PESO DE SUELO SECO (gr)	640,70	637,10	650,20	592,00				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5,65	7,27	9,49	11,39				
PESO VOLUMETRICO SECO	2,214	2,261	2,290	2,212				
DENSIDAD MAXIMA SECA:	2,290	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:	9,5				

Fuente: Estudios de Suelos - Laboratorio USP

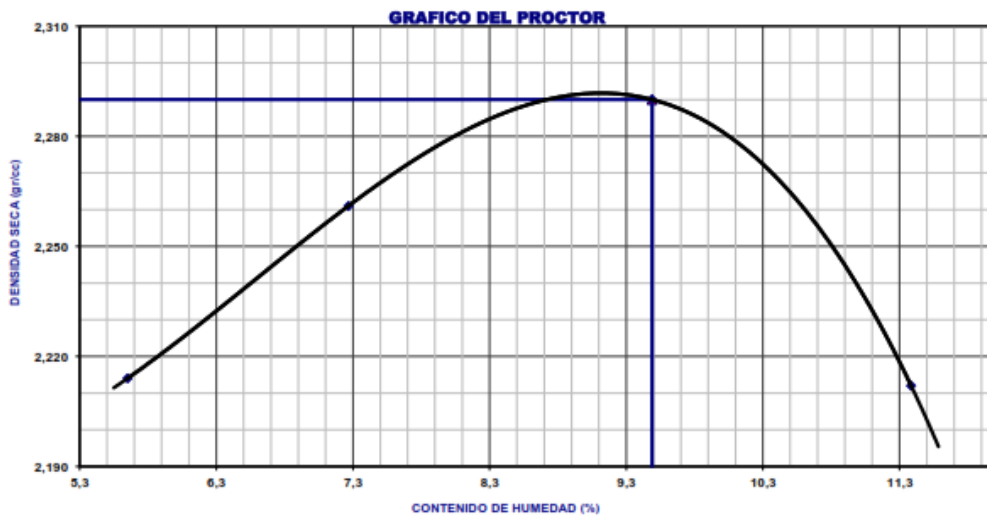


Figura 29. Curva de compactación del suelo en la zona de Shecta

Según la figura 29 se tiene el 9.50% como el contenido óptimo de humedad y una máxima densidad seca de 2.290 gr / cm³.

ENSAYO DE CBR
California Bearing Ratio

Muestra : Suelo arcilloso con adición de 10% de mucilago de tuna.

Procedimiento: se ejecutó los pasos para determinar el índice de la resistencia del suelo, con un grado de 95% de la densidad seca máxima y penetración de 2.54 mm. El valor del CBR de la muestra de suelo (experimental) se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 24
Ensayo de CBR de Suelo con 10% de Mucilago de Nopal (Compactación)

Molde N°		11		9		8	
N° Capa		5		5		5	
Golpes por capa N°		56		25		12	
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)		12450	12055	12195	12510	12040	12395
Peso de molde (gr)		7961	7961	7972	7972	7971	7971
Peso del suelo húmedo (gr)		4489	4094	4223	4538	4069	4424
Volumen del molde (cm3)		2037	2037	2015	2015	2041	2041
Densidad húmeda (gr/cm3)		2,204	2,304	2,096	2,252	1,994	2,166
Humedad (%)		9,43	16,66	9,30	17,33	9,41	16,20
Densidad seca (gr/cm3)		2,014	1,942	1,918	1,919	1,823	1,834
Tarro N°		3		7		31	
Tarro + Suelo húmedo (gr)		680,8	984,0	685,0	980,1	653,7	964,6
Tarro + Suelo seco (gr)		636,7	856,4	640,6	859,9	612,1	841,5
Peso del Agua (gr)		44,10	127,60	44,40	120,20	41,60	123,07
Peso del tarro (gr)		169,00	172,60	163,30	166,50	170,00	165,30
Peso del suelo seco (gr)		467,7	683,8	477,3	693,4	442,1	676,2
Humedad (%)		9,43	16,66	9,30	17,33	9,41	16,20
Promedio de Humedad (%)		9,43	16,66	9,30	17,33	9,41	16,20

Fuente: Estudios de Suelos - Laboratorio USP

Tabla N° 25

Ensayo de CBR de Suelo con 10% de Mucilago de Nopal (Expansión)

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
07/10/2019	0,00 Hrs										
08/10/2019	24,00 Hrs										
09/10/2019	48,00 Hrs		1,500	115,320	1,30	1,550	115,320	1,34	1,700	115,320	1,47
10/10/2019	72,00 Hrs										
11/10/2019	96,00 Hrs										

Fuente: Estudios de Suelos - Laboratorio USP

Según los ensayos se verifica que la expansión de los suelos con adición del 10% de mucilago de nopal /muestra experimental) es de 1.30%, 1.34 y 1.47% para 56, 25 y 12 golpes respectivamente.

Tabla N° 26

Ensayo de CBR de Suelo con 10% de Mucilago de Nopal (Penetración)

PENETRACION															
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 11				MOLDE N° 9				MOLDE N° 8					
		Lectura		Carga Ensayo		CBR %	Lectura		Carga Ensayo		CBR %	Lectura		Carga Ensayo	
		Dial (div)	kg	kg/cm2	%		Dial (div)	kg	kg/cm2	%		Dial (div)	kg	kg/cm2	%
0,000		0	0,0	0,00											
0,252		10	50,7	2,62											
0,500		14	66,6	3,55											
0,752		19	91,4	4,72											
1,000	70,50	25	116,6	6,13	6,09	220	1001,3	51,73	73,30	149	660,0	35,11	49,83		
1,500		30	141,3	7,30											
2,000	105,5	34	159,4	8,23	7,00	440	2023,0	104,55	98,10	300	1363,3	70,41	66,76		
2,500		38	177,5	9,17											
3,000		41	191,1	9,67											
3,937		46	222,6	11,51											
5,000		62	266,2	14,78											

Fuente: Estudios de Suelos - Laboratorio USP

No se presenta la curva que produce los resultados del CBR del suelo con adición del 10% de mucilago de nopal, porque tiene un elevado valor de humedad y absorción.

Para las categorías de sub rasante se tienen valores de CBR adecuados como se muestra en la tabla N°21, y siendo nuestro valor obtenido de 8.69%, se considera a la subrasante de los suelos con adición del 10% de mucilago de nopal conformarían una sub rasante **REGULAR**:

Los resultados permiten afirmar que el suelo con adición del 10% de mucilago de nopal es un suelo **adecuado** según el Manual de Carreteras del MTC, ya que se cumple con:

$$CBR \geq 6 \% \quad \text{y} \quad CBR \leq$$

La sub rasante es regular y se debe considerar apta para construir capas de sub rasante y ser susceptible de ser estabilizada para disminuir los espesores de las estructuras de pavimentos que soporte.

Las características mecánicas y físicas del suelo experimental o suelo con adición de mucilago de nopal se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 27

**Resumen de características mecánicas y físicas del suelo
con adición del 10% de mucilago de nopal**

Muestra	
10% Mucílago de Nopal	
Granulometría	91.3% de limos y arcillas, 93.1% de arena, 6.9% de grava
L.L. =Límite líquido	36.66 %
L.P. =Límite plástico	24.27 %
I.P. =Índice plástico	12.40 %
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6 (9)
Máxima densidad seca (M.D.S)	2.290 gr/cm ³
Óptimo contenido de humedad (OCH)	9.5 %
CBR AL 95% MDS	8.69 %
Expansión (%)	3 % - 56 golpes 3.6 % - 25 golpes 3.99 % - 10 golpes

Fuente: elaboración Propia

Cuando se adiciona el 10% de mucilago de nopal a los suelos de la zona de Shecta, existe una variación en sus características mecánicas y físicas

Se verifica que la expansión del suelo con adición de 10% de mucilago de nopal disminuye respecto al suelo patrón, el valor del CBR se acrecentó hasta el valor de 8.69%

Los resultados permiten afirmar que el suelo con adición del 10% de mucilago de nopal es un suelo **apto para que se utilice como sub rasante**, según el Manual de Carreteras del MTC, ya que se cumple con:

$$\text{CBR} \geq 6 \% \quad \text{y} \quad \text{CBR} \leq$$

También se tiene como resultado que la densidad seca máxima tiene un valor de 1.949 gr / cm³, cuyo contenido óptimo de humedad es de 11.8%

MDS) es de 1.949 gr/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 11.8%. Respecto a la expansión que determina el ensayo de CBR se tiene un valor de 1.52%, 1.69% y 1.55% para los 56, 25 y 12 golpes respectivamente. Y se considera el suelo de Shecta adecuado para conformar una sub rasante regular, Por lo que tendrá que estabilizar para su uso más eficiente, ya que no es apto en su estado natural para un eficiente diseño de una carretera.

Del objetivo específico n°3: Determinar la comparación de las Características mecánicas y físicas de suelo de Shecta natural y del suelo con adición del 10% de mucilago de nopal se presenta los siguientes resultados generales:

PROCTOR ESTÁNDAR

La Máxima densidad seca / optimo contenido de humedad

Tabla N° 28

Resumen comparativo de Ensayo de Proctor Estándar: suelo patrón y experimental

Muestra		Óptimo contenido de humedad(O CH)	Máxima densidad seca(MDS)
Suelo de la zona de Shecta	Muestra Patrón	11.8%	1.949 gr/cm ³
Suelo de la zona de Shecta 10 % Mucílago de nopal	Muestra experimental	9.5 %	2.290 gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia

Se incrementa el máximo valor de la densidad seca (M.D.S.) con la adición de mucilago de nopal en un porcentaje optimo escogido en la investigación: 10%. También el contenido óptimo de humedad se reduce en 2.3%, por lo que se infiere que a mayor adición de mucilago de nopal entonces disminuye el óptimo contenido de humedad del suelo de Shecta.

CBR – EXPANSION

Tabla N° 29

Resumen comparativo de la Expansión: suelo patrón y experimental

Muestra		Expansión (%)
		1.52% - 56 golpes
Suelo de la zona de Shecta	Muestra Patrón	1.69% - 25 golpes
		1.86% - 12 golpes
Suelo de la zona de Shecta	Muestra	1.30% - 56 golpes
10 % Mucílago de nopal	experimental	1.34% - 25 golpes
		1.47% - 12 golpes

Fuente: Elaboración propia

Se verifica la disminución de la expansión conforme se le añadió el mucílago de nopal.

ENSAYO DE CBR
California Bearing Ratio

Tabla N° 30.
Resumen comparativo de la Expansión: suelo patrón y experimental

MUESTRA		CBR AL 95% MDS
Suelo de la zona de Shecta	Muestra Patrón	8.03%
Suelo de la zona de Shecta 10 % Mucílago de nopal	Muestra experimental	8.69%

Fuente: Elaboración propia

Se verifica que el suelo experimental es decir al que se le añadió el 10% de mucilago de nopal consigue aumentar su CBR de 8.03 a 8.69%.

Para las categorías de sub rasante se tienen valores de CBR adecuados como se muestra en la tabla N°21, y siendo nuestro valor obtenido de 8.69%, se considera a la subrasante de los suelos con adición del 10% de mucilago de nopal conformarían una sub rasante REGULAR. De acuerdo al Manual de carreteras,

A continuación se presenta las características mecánicas y físicas del suelo de la zona de Shecta, en estado natural y con adición de 10% de mucilago de nopal:

Tabla N° 31.
Resumen comparativo de características mecánicas y físicas: suelo patrón y experimental

	Muestra Patrón	Muestra experimental
	Suelo de la zona de Shecta	Suelo de la zona de Shecta con adición de 10 % Mucílago de nopal
Granulometría	91.3% de limos y arcillas, 93.1% de arena, 6.9% de grava	91.3% de limos y arcillas, 93.1% de arena, 6.9% de grava
Limite líquido (LL)	36.66%	36.66%
Limite plástico (LP)	24.27%	24.27%
Índice plástico (IP)	12.40%	12.40%
Clasificación SUCS	CL	CL
Clasificación AASHTO	A-6 (21)	A-6 (19)
Máxima densidad seca (MDS)	1.949 gr/cm ³	2.290 gr/cm ³
Óptimo contenido de humedad (OCH)	11.8%	9.5%
Expansión (%)	1.52% - 56 golpes 1.69% - 25 golpes 1.86% - 12 golpes	1.30% - 56 golpes 1.34% - 25 golpes 1.47% - 12 golpes
CBR AL 95% MDS	8.03%	8.69%

Fuente: Elaboración propia

Cuando se adiciona 10% de mucílago de nopal en el suelo de la zona de Shecta en su dosificación, el efecto que se pueden evidenciar en la expansión es que esta disminuye, el valor de la resistencia del terreno es decir el CBR aumenta, llegando a tener valores por encima del 6% que solicita la normatividad del Manual de carreteras para las sub rasantes, por tanto es un suelo apto.

4. ANALISIS Y DISCUSIÓN

El suelo de la zona de Shecta está compuesto por 91.3% de limos y arcillas, presenta un IP o índice de plasticidad de 12.40%, lo que representa que el suelo extraído de la zona de Shecta presenta una plasticidad media, considerado también como suelo arcilloso, según el sistema de clasificación de suelos AASHTO lo ubica como un suelo del tipo A- 6 (9) y según el sistema de clasificación de suelos SUCS este suelo es CL considerado como una arcilla con plasticidad baja. La máxima densidad seca llega a un valor de 1.949 gr / cm³ y OCH igual a 11.8% la expansión varia paulatinamente desde 1.52%, 1.69% y 1.86% para los 56,25 y 12 golpes, por ultimo muestra la característica mecánica principal del suelo que es el CBR un valor de 8.03%. Estas características antes detalladas del suelo de Shecta estas de acuerdo al Manual de carreteras del MTC quien define a este suelo como una sub rasante regular. Apta para su uso como sub rasante. Estos resultados permiten aceptar nuestra hipótesis planteada que afirma que las características físicas y mecánicas del suelo de la zona de Shecta son aptos para usarlos en sub rasantes.

Cuando al suelo se le adiciona un porcentaje de mucilago de nopal sus características físicas y mecánicas del suelo tienden a modificarse. Se evidencia que la expansión disminuye con la adición del mucilago de nopal, además aumenta el valor de C.B.R. desde 8.03% (suelo patrón) a 8.69% (suelo experimental con 10% de mucílago de nopal).

De acuerdo al Manual de carreteras el suelo experimental es considerado apto para conformar estratos de sub rasantes que cumple con la normatividad de $CBR \geq 6\%$ a $CBR < 10\%$, Por lo que se puede afirmar que por lo tanto, el suelo adicionado con MUCILAGO DE NOPAL en su dosificación de 10% es apto para ser utilizada como capa de sub rasante, Estos resultados permiten aceptar nuestra hipótesis planteada que afirma

que las características físicas y mecánicas del suelo con adición de 10% de mucilago de nopal. Se incrementan y son aptos para usarlos en sub rasantes, el suelo será apto para ser utilizados como sub rasante según el Manual de carreteras”, esto se confirma las investigaciones realizadas por otros autores sobre el uso del mucilago de nopal como material estabilizador como es el caso de Teresa López, Juan

Nuestra investigación comprobó la reducción de la expansión de los suelos cuando a estos se le adiciona mucilago de nopal, al igual que los investigadores Hernández y Jaime Horta, los cuales desarrollaron su investigación con el uso de polímero como elementos estabilizantes de las arcillas expansivas, los cuales concluyeron que la mezcla de suelo-polimero tiene una disminución en la característica física de expansión. En nuestra investigación redujimos de 1.56% a 1.30% para 56 golpes.

El porcentaje óptimo de dosificación muestra buen comportamiento añadiendo así el 10% de mucilago de nopal, lo que permite una reducción de la expansión. De igual manera se aprecia que el valor de CBR se eleva de 8.03 a 8.69%, siendo ambos valores que el Manual de carreteras: Suelos y pavimentos considera que tanto el suelo patrón como el suelo experimental deben considerarse como sub rasante regulares.

Los resultados de la presente investigación coinciden y ratifican los resultados de los investigadores Diana Quintana y Mithdwar Vera, quienes desarrollaron su informe de tesis denominado: la evaluación de la resistencia a la compresión de unidades de adobe en donde se sustituyó en varios porcentajes el agua por mucilago de tuna. Dicha investigación se llevó a cabo en la Universidad Andina en la ciudad del Cusco. Y donde recomiendan porcentajes mayores de sustitución. Y también se confirma resultados con la tesis llamada "Adición del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelo arcilloso, Chilca”, elaborado por Mendizabal K. y Hobispo, en la Universidad Peruana los Andes en Huancayo.

5. CONCLUSIONES

- Se utilizaron cuatro porcentajes (6%,8%,10% y 12%) de mucilago de nopal reemplazando el porcentaje de agua para el proctor standard con adición de mucilago de nopal , pero para el CBR con adición de mucilago de nopal se tomó el porcentaje óptimo que es el 10%, por medidas de presupuesto para el laboratorio.
- Para el California Bearing Ratio (CBR) con adición de mucilago de nopal ,no se mostró la Curva de C.B.R del suelo debido al exceso de humedad y/o absorción, por tanto no hubo resistencia para penetración .
- Las propiedades mecánicas y físicas del suelo en la zona de Shecta son suficientes, entonces son adecuados para que sean usados como sub rasante de acuerdo al Manual de carreteras - MTC; sin embargo, se mejoró con la adición de mucilago de Nopal.
- Las propiedades mecánicas y físicas del suelo con adición de mucilago de nopal mejora en su dosificación, entonces, es adecuado para que sean usados como sub rasante de acuerdo al Manual de carreteras - MTC
- La dosificación de 10% de mucilago de nopal presenta mejor comportamiento en el mejoramiento de las características físico - mecánicas del suelo para sub rasante en la zona de Shecta.
- La adición de mucílago de nopal en el suelo en su dosificación estabiliza el suelo arcilloso en la zona de Shecta, por lo tanto, el suelo es aceptable para ser utilizado como sub rasante según el Manual de Carreteras.

6. VI. RECOMENDACIONES

- Realizar más ensayos con diferentes porcentajes, adicionando el mucílago de nopal en reemplazo del porcentaje de agua.
- Se recomienda bajar el porcentaje de adición de mucilago de nopal en reemplazo del porcentaje de agua
- Se recomienda ampliar la investigación realizando ensayos con más dosificaciones de mucílago de nopal, elevando los porcentajes que resultara beneficioso para la estabilización según los antecedentes.
- Investigar el uso de mucilago de nopal en diferentes tipos de suelos y en proporciones mayores que permitan cambios mayores en algunas propiedades como la trabajabilidad.

8. AGRADECIMIENTOS

A Dios, por regalarme la vida y brindarme salud.

A mis padres Gregorio y Rosana, quienes con su esfuerzo, desprendimiento y amor me permiten hacer realidad un sueño más, y por su apoyo constante a través del tiempo.

A mis hermanos Gregory, Brand, Stif, Crisbellys y André, quienes con su amor incondicional, son mi inspiración para seguir en todo momento, además por confiar y creer en mí siempre

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cedeño, D. G. (2013). Investigación de la estabilización de suelos con enzima aplicado a la sub-rasante de la avenida Quitumbe - Ñan, Canton Quito. Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Chavez, C. M., Echevarria, J. O., & Iriondo, V. H. (2018). Modelación multicapa elástica de pavimentos flexibles en el Salvador mediante la aplicación de software. El Salvador: Universidad de el Salvador.
- Escobar, C. E., & Duque, G. (2002). Mecánica de suelos. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Flores, J. (2015). Estabilización de suelos con fines de conformación de la estructura de un pavimento flexible estabilizado con cemento en la ciudad de Juliaca. Juliaca, Puno: Universidad andina Nestor Caceres Velasquez.
- [Lms.uni.edu.pe/labsuelos/MODOS%10OPERATIVOS/Proctor%20standard.pdf](https://lms.uni.edu.pe/labsuelos/MODOS%10OPERATIVOS/Proctor%20standard.pdf)
- López, T., Hernández, J., & Horta, J. (2010). Polimeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas. México: Universidad Autonoma de Querétaro.
- Indecopi. (2008). Normas técnicas peruanas: Suelos.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2010). Pavimntos Urbanos CE.010- Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (9 de Abril de 2014). Manual de carreteras: Suelos, geología, geotécnia y pavimentos. Lima.
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (3 de Junio de 2016). Manual de ensayo de materiales.
- Montejo, A. (2002). Ingeniería de pavimentos para carreteras. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Municipalidad distrital de Chilca. (2015). Expediente técnico "Mejoramiento vial del Jr. Francisco Toledo tramo: Jr. San Martín - río Alí, distrito de Chilca, Huancayo - Junín".
- Orozco, E. (2017). Elaboración y caracterización de mucilago de nopal-pectina: Efecto de la concentración del mucilago de nopal en las propiedades fisicoquímicas y mecánicas. México: Universidad autónoma del estado de México.
- Quintana, D., & Vera, M. (2017). Evaluación de la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total de agua en peso por mucílago

de tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. Cusco, Perú:
Universidad Andina del Cusco.

Solminihaq , H., Echeverría , G., & Thenoux, G. (2001). Estabilización
Química de Suelos: Aplicaciones en la construcción de estructuras de
pavimentos. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.

Velásquez. S. 2004. Apuntes clase del curso Sistema
de Información Geográfica (SIG). CATIE 2004.

II. ANEXOS

ANEXO 1 : MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA:	EFECTO DE LA ADICION DE MUCILAGO DE NOPAL PARA ESTABILIZACION DEL SUELO ARCILLOSO EN LA ZONA DE SHECTA-INDEPENDENCIA- HUARAZ 2019			
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
General	General	General	Independiente Adición del mucilago de nopal	Método de investigación: Método científico
¿Cuáles serán los efectos en la sub rasante por la adición del mucílago de nopal para la estabilización del suelo arcilloso en la zona de Shecta- Independencia-Huaraz, 2019?	Determinar los efectos en la sub rasante por la adición del mucílago de nopal para la estabilización del suelo arcilloso en la zona de Shecta, Independencia, Huaraz 2019	Los efectos en la sub rasante por la adición del mucílago de nopal para la estabilización del suelo arcilloso en la zona de Shecta ,Independencia, Huaraz; serán aceptables por el Manual de Carreteras.		
Específicos	Específicos	Específicos		Tipo de investigación Aplicada - Cuantitativa
a. ¿Cuáles serán las características físicas y mecánicas del suelo para sub rasante?	a. Evaluar las características físicas y mecánicas del suelo para sub rasante	a. Las características físicas y mecánicas del suelo en la zona de Shecta, no serán aptos para ser utilizado como sub rasante según el Manual de carreteras		

<p>b. ¿Cuáles serán las características físicas y mecánicas del suelo para sub rasante con adición de mucilago de nopal?</p>	<p>b. Evaluar las características físicas y mecánicas del suelo para sub rasante con adición de mucilago de nopal.</p>	<p>b. Las características físicas y mecánicas del suelo para sub rasante con adición de mucilago de penca de tuna en el Jirón La Unión, serán aptos para ser utilizados como sub rasante según el Manual de carreteras.</p>	<p>Dependiente Estabilización del suelo arcilloso</p>	<p>Nivel de investigación</p> <p>Descriptivo - explicativo</p>
<p>c. ¿Cuál será la dosificación del mucilago de nopal que tendrá mejor comportamiento para mejorar las características físicas y mecánicas del suelo para sub rasante?</p>	<p>c. Identificar la dosificación del mucilago de penca de tuna que tendrá mejor comportamiento para mejorar las características físico-mecánicas del suelo para sub rasante</p>	<p>c. La dosificación del mucilago de nopal que tendrá mejor comportamiento para mejorar las características físico-mecánicas del suelo para sub rasante en la zona de Shecta, será la de mayor porcentaje de mucilago de nopal.</p>		<p>Diseño de la investigación</p> <p>Experimental</p> <p>Población</p>

ANEXO 2

PANEL FOTOGRAFICO



Figura 25. Excavación de la Calicata



Figura 26. 120kg de muestra



Figura 27. Extracción de las hojas de Nopal



Figura 28. Eliminación de espinas de la penca de nopal



Figura 29. Picado de la penca de nopal



Figura 30. Sumergido de trozos de penca de nopal



Figura 31. Extracción del mucilago de nopal después de 18 días



Figura 32. Cuarteo de la muestra



Figura 33. Análisis granulométrico



Figura 34. Trabajando el análisis límite líquido y plástico



Figura 35. Realizando los golpes para las muestras del Proctor standard



Figura 36. Ensayo de Relación de soporte California CBR



Figura 37. Medida para la adición de mucílago de nopal

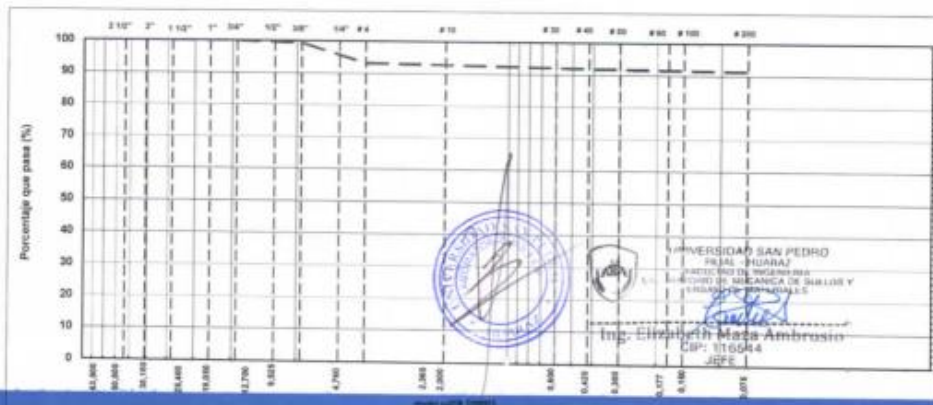


Figura 38. Procesamiento de datos en gabinete

ANEXO 4
ANALISIS DE LABORATORIO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO								
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422, MTC E 204)								
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS								
TESIS :	"Efecto de la Adicion de Mucilago de Nopal para Estabilizacion del Suelo Arcilloso en la Zona de Shecta - Independencia - Huaraz. 2019"							
SOLICITA :	Alumna. Leon Trejo, Pressly Araceli							
ELEMENTO :	Suelo	HECHO POR :		LAB. USP				
CANTERA :		ING. RESP. :		E.M.A.				
PROG (KM.) :		FECHA :		19-nov-19				
DATOS DE LA MUESTRA								
GALICATA :	1,0	TAMAÑO MAXIMO :		3/4"				
MUESTRA :	01	PESO INICIAL :		47.215,8 g				
KM. :		FRACCION LAVADA SECA :		43.958,3				
PROFUND. :	1,5 ml							
TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE	ESPECIFICACIONES	FORMULA DE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
	MM	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	% QUE PASA	MUSO B	TRABAJO	
3 1/2"	80,89							
3"	76,200							
2 1/2"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0			%Peso Piedra: 6,9%
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0			% Peso arena: 93,1%
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0			Limite Ligado (LL) 36,66
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0			Limite Plastico (LP) 24,27
3/4"	19,050	0,0	0,0	0,0	100,0			Indice Plastico (IP) 12,40
1/2"	12,700	69,5	0,1	0,1	99,9			Clasificaci6n(SUCS) CL
3/8"	9,525	264,0	0,6	0,7	99,3			Clasific (AASHTO) A-6 (9)
1/4"	6,325	1232,0	2,6	3,3	96,7			% Humedad 6,2%
# 4	4,750	1682,0	3,6	6,9	93,1			
# 10	2,000	166,5	0,4	7,3	92,7			
# 16	1,190	122,0	0,3	7,5	92,5			
# 20	0,840	99,6	0,2	7,7	92,3			
# 30	0,600	99,6	0,2	7,9	92,1			OBSERVACIONES :
# 40	0,420	81,1	0,2	8,1	91,9			ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
# 50	0,300	82,4	0,2	8,3	91,7			
# 60	0,177	43,0	0,1	8,4	91,6			
# 100	0,150	89,9	0,2	8,6	91,4			
# 200	0,075	70,4	0,1	8,7	91,3			
< N° 200	FONDO	43.104,0	91,3	100				
FRACCION		43.958,3						
TOTAL		47.215,8						

CURVA GRANULOMETRICA



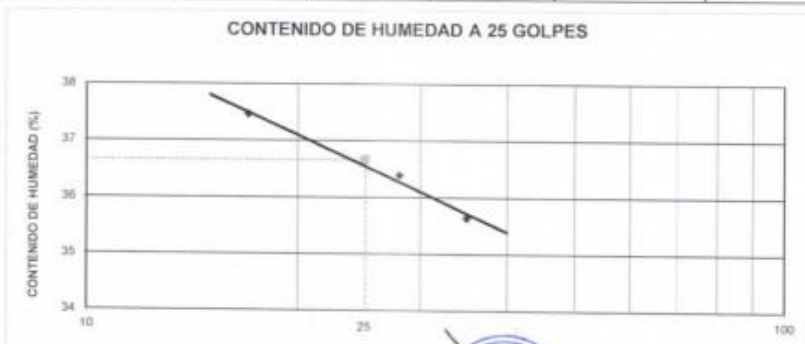
LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40
(NORMA AASHTO T-99, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS:	"Efecto de la Adición de Mucilago de Nopal para Estabilización del Suelo Arcilloso en la Zona de Shecta - Independencia - Huaraz. 2019"		
SOLICITA:	Alumna. Leon Trejo, Pressly Araceli		
DISTRITO:	HUARAZ	HECHO	USP
PROVINCIA:	HUARAZ	FECHA	19/11/2019
		FORMATO	

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	: N° 01
MUESTRA	: N° 01 SUELOS
PROF. (m)	: 1,50

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		11	5	34
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		51,25	55,64	56,26
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		44,41	48,02	48,47
PESO DE AGUA (g)		6,84	7,62	7,79
PESO DEL TARRO (g)		26,15	27,08	26,53
PESO DEL SUELO SECO (g)		18,26	20,94	21,94
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		37,46	36,39	36,84
NUMERO DE GOLPES		17	28	35

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		33	32	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		33,71	31,67	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		32,48	30,54	
PESO DE AGUA (g)		1,23	1,13	
PESO DEL TARRO (g)		27,29	25,99	
PESO DEL SUELO SECO (g)		5,19	4,55	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		23,70	24,84	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	36,86
LIMITE PLASTICO	24,27
INDICE DE PLASTICIDAD	12,40

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS

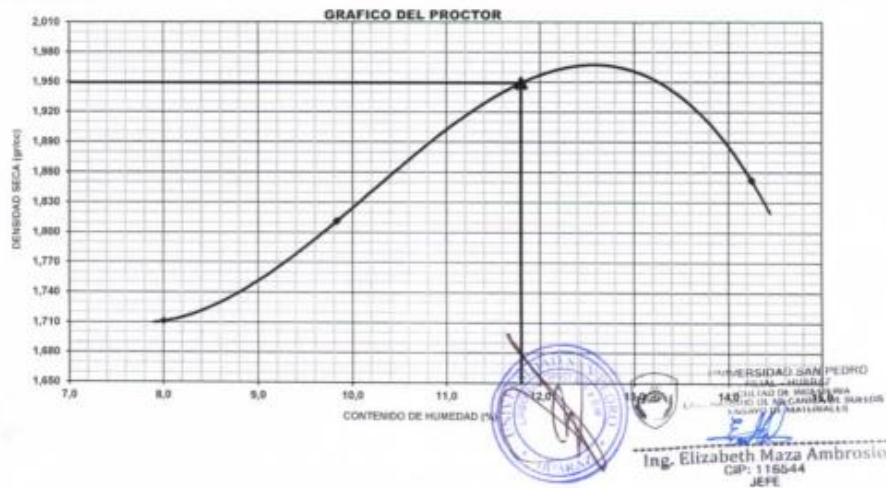
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116544
JEFE

ENSAYO DE PROCTOR STANDARD
AASHTO - T-180-D

PROYECTO	: "Efecto de la Adición de Mucilago de Nopal para Estabilización del Suelo Arcillo en la Zona de Shecta - Independencia - Huaraz, 2019"	Informe N°: LAB-NOV-2019
SOLICITA	: Alumna. Leon Trejo, Pressly Araceli	Fecha: 19/11/2019
MATERIAL	: SUELOS PATRON	Realizado por:
CALICATA	: N° 01	Revisado por:
UBICACIÓN	: 0	Certificado N°: USP LAB.

Golpes / Capas:	56	Peso de martillo:	4.54	Altura de Molde (cm):	11.70
Numero de Capas:	5	Diametro de Molde (cm):	15.2	Volumen de molde (cm ³):	919.00

METODO "A"						
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	919.00				PESO DEL MOLDE (gr.)	4006
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4		
PESO SUELO + MOLDE (gr)	5704.00	5834.00	6008.50	5950.00		
PESO DEL MOLDE (gr)	4006.00	4006.00	4006.00	4006.00		
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (gr)	1698.00	1828.00	2002.50	1944.00		
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	1.848	1.989	2.179	2.115		
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.711	1.811	1.949	1.852		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE No.	37	17	19	1		
PESO SUELO HUMEDO + TARA (gr)	1141.90	1111.00	1019.00	949.00		
PESO SUELOS SECO + TARA (gr)	1069.40	1026.30	929.30	850.80		
PESO DE LA TARA (gr)	163.90	165.00	189.00	181.90		
PESO DE AGUA (gr)	72.50	84.70	89.70	98.20		
PESO DE SUELO SECO (gr)	905.80	861.30	790.30	669.30		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.00	9.83	11.80	14.25		
PESO VOLUMETRICO SECO	1.711	1.811	1.949	1.852		
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.949	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:	11.8		



ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR
NORMA ASTM D 1983, AASHTO T-193

PROYECTO: "Efecto de la Adición de Macilago de Nopal para Estabilización del Suelo Arcilloso en la Zona de Shecta - Independencia - Huancz 2019"
SOLICITA: Alumna, Leon Trejo, Presly Araceli
MATERIAL: SUELOS PATRON
CALCATA: N° 01
UBICACIÓN: 8

Informe N°: LAB-NOV-2019
Fecha: 19/11/2019
Revisado por:
Revisado por:
Certificado N°: USP/LAB

	11		12		10	
	5	5	5	5	5	5
N° Capa	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12722	14419	12564	14098	12480	14237
Peso de molde (gr)	7901	7901	7972	7972	7971	7971
Peso del suelo húmedo (gr)	4791	6457	4612	6126	4420	6266
Volumen del molde (cm ³)	2037	2037	2015	2015	2041	2041
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2,337	3,170	2,289	3,040	2,170	3,070
Humedad (%)	11,36	13,97	11,52	15,24	12,29	15,95
Densidad seca (gr/cm ³)	2,099	2,781	2,051	2,638	1,932	2,648
Tarro N°	1	49	39	37	19	24
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1032,5	794,5	1098,0	1167,5	1021,5	1035,0
Tarro + Suelo seco (gr)	943,7	717,8	1002,1	1035,5	927,8	916,0
Peso del Agua (gr)	88,80	76,90	95,90	132,00	93,90	119,00
Peso del tarro (gr)	162,00	167,20	169,40	169,20	163,00	170,00
Peso del suelo seco (gr)	781,7	550,4	837,7	896,3	763,8	746,0
Humedad (%)	11,36	13,97	11,52	15,24	12,29	15,95
Promedio de Humedad (%)	11,36	13,97	11,52	15,24	12,29	15,95

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
10/10/2019	0,00 Hrs										
11/10/2019	0,35 Hrs										
12/10/2019	0,35 Hrs		1,750	115,320	1,53	1,950	115,320	1,69	2,150	115,320	1,69
13/10/2019	0,35 Hrs										
14/10/2019	0,35 Hrs										

PENETRACION

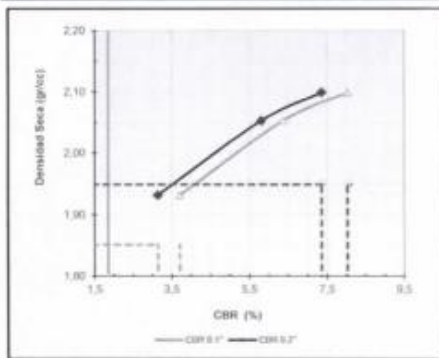
PENETRACION mm	CARGA STAND kg/cm ²	MOLDE N° 11				MOLDE N° 12				MOLDE N° 10			
		Lectura		Carga Ensayo kg	Cbr %	Lectura		Carga Ensayo kg	Cbr %	Lectura		Carga Ensayo kg	Cbr %
		Dial (mm)	kg			Dial (mm)	kg			Dial (mm)	kg		
0,000		0	0,0	0,00		0	0,0	0,00		0	0,0	0,00	
0,252		15	73,3	3,79		10	60,7	2,80		0	33,8	1,69	
0,500		19	86,8	4,48		13	64,3	3,32		7	37,1	1,92	
0,752		21	100,5	5,19		15	73,3	3,79		9	45,8	2,15	
1,000	10,90	23	108,5	5,86	8,02	18	96,9	4,48	6,37	10	50,7	2,52	3,71
1,500		27	127,7	6,80		21	100,5	5,19		11	55,2	2,85	
2,000	166,5	32	150,5	7,77	7,36	25	118,6	6,19	5,89	15	84,3	3,32	3,18
2,500		36	168,4	8,70		28	136,1	7,06		18	88,8	3,55	
3,000		39	182,0	9,40		32	154,8	8,00		20	77,8	4,00	
3,037		40	208,2	10,81		35	182,0	9,40		22	91,4	4,72	
3,000		43	243,4	12,68		40	208,2	10,81		25	100,5	5,19	

INGENIERO SAN PEDRO
 INGENIERO EN GEOTECNIA
 INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
 CIP: 12884

ENSAYO DE CBR
AASHTO T-193

PROYECTO	"Efecto de la Adición de Mucilago de Nopal para Estabilización del Suelo Arcilloso en la Zona de Shecta - Independencia - Huaraz 2019"	Informe N° : LAB-NDV-2019
SOLICITA	Alumna, Leon Trejo, Pressly Araceli	Fecha : 19-nov-19
MATERIAL	SUELOS PATRON	Realizado por :
CALCATA	N° 01	Revisado por :
UBICACIÓN	0	Certificado N° : USP LAD

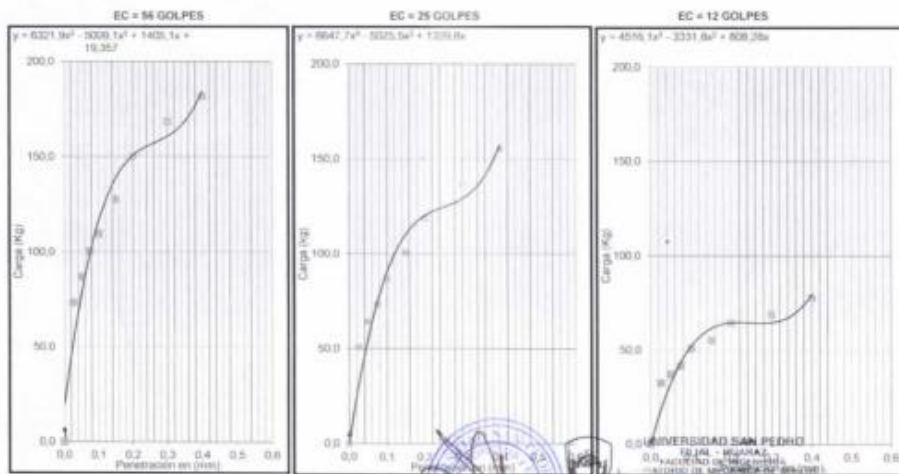
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	6.0	0.2"	7.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	3.7	0.2"	3.1

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1,949 gr/cc
Optimo Humedad	11,80 %

OBSERVACIONES:



Ing. Elizabeth Maza Ambrosi
CIP: 1185-44