

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE
MEDIANTE CAL Y CENIZA DE QUINUA EN
SUELOS DEL CENTRO POBLADO VIÑAS,
TAYACAJA, HUANCVELICA**

PRESENTADO POR:

Bach. ALMONACID ROMAN IVAN MAX

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO-PERU

2019

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ
PRESIDENTE

MSC. JULIO CESAR LLALLICO COLCA
JURADO

MSC. JORGE SANTIAGO LOPEZ YARANGO
JURADO

ING. NATALY LUCIA CORDOVA ZORRILLA
JURADO

MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE

DEDICATORIA:

A Dios por todas las maravillas de este mundo y a mis padres por su enorme amor y lucha constante.

Almonacid Román Iván Max

AGRADECIMIENTO:

A la Universidad Peruana Los Andes, y a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por formarnos como profesionales líderes.

A los docentes miembros del Jurado Examinador y Calificador, por sus valiosas sugerencias en la redacción final del informe técnico.

A la empresa GEOLUMAS SAC por la facilitación de sus equipos de laboratorio.

A todos mis amigos y colegas que con entusiasmo y motivación sacamos adelante nuestra profesión.

Almonacid Román Iván Max

ÍNDICE

DEDICATORIA:	iii
AGRADECIMIENTO:	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE GRAFICOS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema de estudio	3
1.1.1. Problema general	3
1.1.2. Problemas específicos	3
1.2. Objetivos de la investigación	4
1.2.1. Objetivo general	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3. Justificación	5
1.3.1. Justificación práctica o social	5
1.3.2. Justificación metodológica	5
1.4. Delimitaciones	6
1.4.1. Espacial	6
1.4.2. Temporal	8

1.4.3. Económica	8
-------------------------------	----------

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes	9
2.1.1 Antecedentes internacionales	9
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	11
2.2. Marco conceptual	13
2.2.1. Afirmados	13
2.2.1. Suelos	16
2.2.2. Subrasante	18
2.2.3. Proceso constructivo	23
2.2.4. Control de trabajos	26
2.2.5. Estabilización de suelos	28
2.2.6. Estabilizados con cal.....	30
2.2.7. Ensayos de laboratorio	35

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de estudio	46
3.2. Tipo de estudio.....	46
3.3. Nivel de estudio.....	46
3.4. Diseño de estudio	46
3.4. Población	47
3.4. Muestra	47
3.4. Técnicas, instrumentos de recolección de datos y procesamiento y análisis de datos.....	47

CAPITULO IV
DESARROLLO DEL INFORME

4.1. Resultados	49
4.1.1. Trabajos ejecutados-estudio geotécnicos	49
4.1.2. Propiedades físicas	53
4.1.3. Propiedades mecánicas	62
4.2. Discusión de resultados	72
4.2.1. Ensayo Proctor Modificado	72
4.2.2. Capacidad portante	74
4.2.3. Dosificaciones	76
4.2.4. Contenido de humedad	78
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
ANEXOS	84
ANEXOS 1: PERFIL ESTATRIGRÁFICO Y ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	85
ANEXOS 2: ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO	93
ANEXOS 3: ENSAYO CBR	110
ANEXOS 4: PANEL FOTOGRAFICO DE LABORATORIO	113
ANEXOS 5: PANEL FOTOGRAFICO DE EXPLORACIÓN DE CAMPO	117
ANEXOS 6: PLANO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01: Localización del departamento de Huancavelica	6
Figura 02: Localización de la provincia.....	27
Figura 03: Ubicación del Centro Poblado Viñas.....	27
Figura 04: Aparato manual para Límite Líquido (Cuchara Casagrande).....	40
Figura 05: Molde cilíndrico de 6,0 pulg	44
Figura 06: Perfil estratigráfico C-1.....	55
Figura 07: Perfil estratigráfico C-2	56
Figura 08: Perfil estratigráfico C-3	56
Figura N° 09: Detalles del límite líquido y plástico.....	58
Figura N° 10: Detalles del límite líquido y plástico.....	59
Figura N° 11: Detalles del límite líquido y plástico.....	60
Figura N° 12: Detalles del límite Proctor modificado.....	65
Figura N° 13: Detalles del límite Proctor modificado.....	66
Figura N° 14: Detalles del límite Proctor modificado.....	67
Figura N° 15: Detalles del CBR.....	69
Figura N° 16: Detalles del CBR.....	70
Figura N° 17: Detalles del CBR.....	71

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico N° 01: Grava mal graduada	36
Gráfico N° 02: Límite de atterberg (Carta de Plasticidad)	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Requisitos de los materiales granulometría.....	15
Tabla N° 02: Requisitos de calidad	15
Tabla N° 03: Índice de Plasticidad de la Arcilla	17
Tabla N° 04: Clasificación de Suelos según Tamaño de Partículas	17
Tabla N° 05: Categorías de la subrasante	20
Tabla N° 06: Ensayos y frecuencias en afirmado.....	27
Tabla N° 07: Ensayos y frecuencias en suelo estabilizado con cal	33
Tabla N° 08: Tamices y aberturas.....	36
Tabla N° 09: Tamices	39
Tabla N° 10: Clasificación de suelos	42
Tabla N° 11: Materiales del ensayo de Proctor	45
Tabla N° 12: Ensayos de mecánica de suelos	53
Tabla N° 13: Cuadro de análisis granulométrico	55
Tabla N° 14: Descripción SUCS	57
Tabla N° 15: C-1 limite líquido y plástico progresiva Km. 1+250.....	58
Tabla N° 16: C-2 limite líquido y plástico progresiva Km. 1+500.....	58
Tabla N° 17: C-3 limite líquido y plástico progresiva Km. 1+750	59

Tabla N° 18: Clasificación por SUCS Y AASHTO.....	61
Tabla N° 19: C-1 Proctor modificado progresiva Km 1+250	64
Tabla N° 20: C-2 Proctor modificado progresiva Km 1+500	64
Tabla N° 21: C-3 Proctor modificado progresiva Km 1+750	65
Tabla N° 22: C-1, CBR progresiva Km 1+250	66
Tabla N° 23: C-2, CBR progresiva Km 1+500	67
Tabla N° 24: C-3, CBR progresiva Km 1+750	68
Tabla N° 25: C-3, CUADRO RESUMEN.....	68

RESUMEN

El presente informe técnico “Estabilización de subrasante mediante cal y ceniza de quinua en suelos del CP. Viñas, Tayacaja, Huancavelica” tuvo como problema general: ¿Qué efectos produce la cal y ceniza de quinua en la estabilización de subrasante de suelos de Centro poblado Viñas, Tayacaja, Huancavelica? y el objetivo general fue Evaluar los efectos que producen la cal y ceniza de quinua en la estabilización de subrasante en suelos del Centro Poblado Viñas, Tayacaja, Huancavelica.

El método de estudio de este informe fue el analítico – sintético, el tipo de estudio fue el aplicado de nivel descriptivo y de diseño no experimental. La población de estudio estuvo constituida por la carretera Centro Poblado Viñas, el tipo de muestro fue el no aleatorio o dirigido, y que para este informe se seleccionó el tramo Mariscal Cáceres - Centro Poblado Viñas progresivas Km. 1+250- Km. 1+500- Km. 1+750.

Los resultados obtenidos por cada calicata y sus dosificaciones indican que para el Proctor Modificado los valores no varían demasiado quedando dentro de los requerimientos de calidad, para el CBR según más sea la dosificación aumenta la capacidad portante, para el índice plástico mientras se le adiciona más porcentaje de cal o ceniza de quinua el IP aumenta quedando muy por el límite de 11%. Por tanto, la adición de cal, ceniza de quinua o sus mezclas mejora la capacidad de soporte o C.B.R. de los suelos siendo todas mayores al 6%.

PALABRAS CLAVES: capacidad portante, subrasante, dosificación.

ABSTRACT

This white paper had as a general problem: What effects does lime and quinoa ash have on the stabilization of soil sub-rasante in Tayacaja Huancavelica province? and the general objective was: To determine the effects of lime and ash from quinoa in the stabilization of subrasante in soils of the Centro Poblado Viñas, Tayacaja, Huancavelica.

The method of study of this report was the analytical – synthetic, the type of study was the application of descriptive level and non-experimental design. The study population was constituted by the road Centro Poblado Viñas, the type of sample was the non-random or directed, and for this report the Mariscal Cáceres section was selected - center populated progressive vineyards Km. 1+250- Km. 1+500- Km. 1+750.

The fundamental conclusion of this report was that: the effects of lime and quinoa ash on sub-rasante stabilization has been determined, for this purpose the results obtained for each sample of each calicata and its dosages indicate that for the Proctor Modified values do not vary too much falling within the quality requirements, for the CBR as the more the dosage increases the carrying capacity being thus all samples greater than 6%, for the plastic index while adding more percentage of lime or quinoa ash the IP increases well by the limit of 11%.

KEYWORDS: carrying capacity, sub-scratch, dosing.

INTRODUCCIÓN

La estabilización de suelos consiste en proporcionar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. El objetivo del presente fue evaluar los efectos que producen la cal y ceniza de quinua en las propiedades mecánicas de subrasante de suelos del CP. Viñas de la provincia de Tayacaja. Este informe se desarrolla para solucionar la problemática existente en la trocha carrozable que une el distrito de Pampas y el CP. Viñas, las cuales presentan una erosión de la arcilla y limos que son frecuentes en la geografía del tramo de 5km en ejecución, para ello se realizó la evaluación de la cal, ceniza de quinua y sus mezclas mediante ensayos de laboratorio de muestras del tramo Mariscal Cáceres - Centro Poblado Viñas progresivas Km. 1+250- Km. 1+500- Km. 1+750, ubicada en el departamento de Huancavelica, provincia de Tayacaja y distritos de Pampas.

Según resultados, la adición del estabilizante químico de cal y la ceniza de quinua mejora las propiedades físicas y el CBR del suelo de una carretera no pavimentada de bajo tránsito, por tanto; se justifica la aplicación en la trocha carrozable del Centro Poblado Viñas ya que permitirá mejorar la transitabilidad de peatones y vehículos proporcionando mejor resistencia del suelo, además facilita el trabajo la presencia en la zona de estudio de un suelo tipo arcilloso permitiendo de esta manera la reducción de la degradación de canteras.

La metodología propuesta para la evaluación de los efectos que produce la cal y ceniza de quinua en la estabilización de subrasante en suelos del Centro Poblado Viñas se justifica, ya que se dispone de equipos, instrumentos y personal con conocimiento para

estudios de gabinete que incluye un estudio topográfico, estudio de suelos, toma de muestras de calicata y determinación de la cantidad de estabilizante por ensayos de laboratorio.

El desarrollo del presente informe se ha estructurado en 4 capítulos, que son los siguientes:

Capítulo I: Planteamiento del problema, en este capítulo se formula el problema de estudio, objetivos, justificación y su delimitación.

Capítulo II: Marco teórico, en este capítulo se presenta la información correspondiente el marco teórico basada en los antecedentes nacionales e internacionales, y el marco conceptual donde se revisa información teórica sobre la subrasante y los ensayos de materiales.

Capítulo III: Metodología, aquí se desarrolla el método de estudio, el tipo de estudio, nivel y diseño de estudio, la población y muestra, así como también las técnicas e instrumentos de recolección de datos,

Capítulo IV: Desarrollo del informe, en este acápite se presenta los resultados y las discusiones de estas.

Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Instituto Nacional de Estadística (INEI) indica que más del 50% de la población rural de nuestro país es pobre y esto representa un tercio de la población total peruana; entre los factores determinantes tenemos las características demográficas, situación ocupacional, escasez de capital físico público y privado.

Es así que, dentro del capital físico sea público o privado se ubican los caminos rurales como capital construido, esta infraestructura vial es un gran aporte en la lucha contra la pobreza (CIES, 2012) ya que ello busca un transporte de calidad que promueva la inclusión social fortaleciendo la integración interna y externa y a la vez protegiendo el medio ambiente. (Bonifaz JL. et al 2012) A menudo, en las zonas rurales del Perú, las familias y los emprendedores se encuentran aislados y poco comunicados ya que los caminos y carreteras no suelen llegar hasta sus comunidades, o los que llegan están en muy mal estado (BM, 2012) dicha condición es debido al uso, presentando deterioros, deformación, erosión, baches, encalaminado, lodazal, que dificulta el normal tránsito y reduce las oportunidades de desarrollo de un pueblo (MTC,2016); la mitigación permite ejecutar obras de mejoramiento y rehabilitación, así también la conservación por niveles como rutinaria, periódica o de emergencia.

En ese sentido el Centro Poblado Viñas perteneciente al distrito de Pampas, provincia de Tayacaja, presenta una vía tipo trocha carrozable que sirve de medio de comunicación para acceder a otras comunidades e intercambiar o vender sus productos así como a escuelas y terrenos de cultivo.

Así también es importante detallar que la vía no es ajeno a los deterioros, producto del uso mismo y a otros factores externos medioambientales e internos como parte del proceso constructivo por lo que el mantenimiento mediante la estabilización con agentes químicos de la capa de rodadura por ser un camino de poco tránsito sería una salida para extender la vida útil de la vía. Por lo anteriormente expuesto se plantea la siguiente pregunta.

1.1. Formulación del problema de estudio

1.1.1. Problema general

¿Qué efectos produce la cal y ceniza de quinua en la estabilización de subrasante en suelos del Centro Poblado Viñas, Tayacaja, Huancavelica?

1.1.2. Problemas específicos

- a) ¿Qué efectos producen las dosificaciones con cal y ceniza de quinua en la subrasante mediante los ensayos de Proctor Modificado?
- b) ¿Qué efectos producen las dosificaciones con cal y ceniza de quinua en la subrasante mediante los ensayos CBR?
- c) ¿Qué efectos producen las dosificaciones con cal y ceniza de quinua en los límites de consistencia de la subrasante?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Evaluar los efectos que producen la cal y ceniza de quinua en la estabilización de subrasante en suelos del Centro Poblado Viñas, Tayacaja, Huancavelica.

1.2.2. Objetivos específicos

- a) Evaluar los efectos de las dosificaciones con cal y ceniza de quinua en la subrasante mediante los ensayos de Proctor Modificado.

- b) Evaluar los efectos de las dosificaciones con cal y ceniza de quinua en la subrasante mediante los ensayos CBR.

- c) Evaluar los efectos de las dosificaciones con cal y ceniza de quinua en los límites de consistencia de la subrasante.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación práctica o social

Este informe se realiza con la finalidad de conocer cuál es el comportamiento de la cal en el afirmado de una calle vecinal del Centro Poblado Viñas, mediante ensayos se determinará como es la mejora en las propiedades de la subrasante, a través de dicho ensayo se reflejará la condición y el aporte estructural de la cal y la ceniza de quinua y los requerimientos de calidad que se especifican para los afirmados.

Así mismo con la ejecución de este proyecto se beneficiará en la calidad de vida y socialmente al Centro Poblado Viñas

1.3.2. Justificación metodológica

Los resultados evaluados en los ensayos garantizan el buen comportamiento estructural para la estabilización de suelos del afirmado, sirviendo de aporte a las investigaciones futuras. De tal forma se incentivará su aplicación en futuras obras de iguales características, con el fin de aportar en la mejora de estabilización y de los procesos constructivos de las subrasantes, apreciaciones válidas para proyectos similares y en escenarios diferentes.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

El presente informe técnico se desarrolló en el Centro Poblado Viñas, distrito de Pampas, provincia de Tayacaja, dicha zona está ubicada en las siguientes coordenadas UTM 514897 m. E.- 8627910 K.N. y comprende los núcleos poblacionales siguientes: Barrio Leonmocco, Barrio Cruzpampa, Barrio Ccantopampa, Barrio Pacchac..

Figura 01: Localización del departamento de Huancavelica



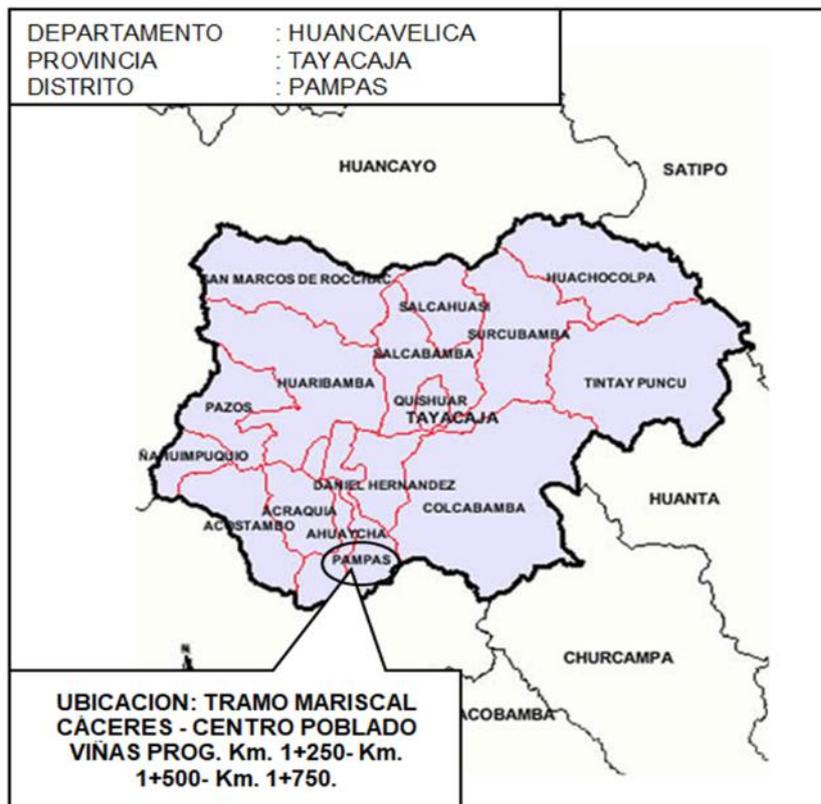
Fuente (Constitución República del Perú)

Figura 02: Localización de la provincia



Fuente (Constitución República del Perú)

Figura 03: Ubicación Centro Poblado Viñas



Fuente (Constitución República del Perú)

1.4.2. Temporal

Para efectos del presente informe se efectuó en el Centro Poblado Viñas distrito de Pampas, provincia de Tayacaja durante el 02 de marzo del 2019 hasta el 30 de abril del 2019, con una duración de 50 días, que comprendieron los estudios de campo y gabinete.

1.4.3. Económica

Este estudio se realizó con recursos propios, no se tuvo financiamiento externo de ninguna institución.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

2.1.1 Antecedentes internacionales

En la investigación realizada de “Estabilización de un Suelo con Cal y Ceniza Volante”, cuya finalidad es “realizar la estabilización química de un suelo (caolín), mediante la adición de cal y ceniza en diferentes porcentajes para determinar la dosificación óptima de estabilizante, por medio de la resistencia a la compresión y a la tracción”. Muestra que es posible plantear las comparaciones mediante los análisis de los ensayos de compresión y tracción con los dos materiales estabilizantes, en la cual, se observa un aumento notorio de solides y resistencia en las dichas muestras de prueba, independientemente de la cantidad de agregación de cal viva, lo que permite comprobar con alto contenido de arcilla la volubilidad del material de la estabilización en los suelos.

Lo que demuestra que es indiscutiblemente una opción factible, económico y de fácil uso para el tratamiento de suelos. (Parra Gómez, 2018).

En la investigación realizada en la Universidad Peruana de Ciencia y Aplicadas denominada con el título “Análisis Comparativo de la Resistencia al Corte y Estabilización de Suelos Arenosos Finos y Arcillosos Combinadas con Ceniza de Carbón”, en donde el objetivo principal era realizar el análisis comparativo de las dichas muestras. Para lo cual, se determinó la capacidad de soporte (CBR) de cada suelo, procediendo con el ensayo de compactación mostrando como conclusión la densidad esencialmente seca y la humedad máxima para luego efectuar con el

ensayo CBR, se efectuó el mismo procedimiento para las combinaciones en las siguientes tres porcentajes de 20, 23 y 25% de cenizas de carbón, quedando como conclusión la influencia favorable de la adición de las cenizas de carbón en los suelos expansivos, como también se muestra en el caso de la arcilla, causando el aumento del grado de compactación y formando una masa compacta por lo tanto mejora su CBR y la resistencia al corte. (Cañar Tiviano, 2017)

Otro de los estudios realizados denominado con el título de “Estudio del Comportamiento de Suelos Potencialmente Expansivos en Zonas Forestales Estabilizados con Cenizas FBC”, en donde menciona el comportamiento del material potencialmente expansivo estabilizado con cenizas FBC.

El estudio examina los diferentes procedimientos para mejorar el adecuado rendimiento de los diferentes tipos de suelos, esta investigación muestra la mejora en el segundo tipo de suelo, esto con el fin de efectivizar el uso de su aplicación en los caminos forestales, dado que; las cenizas FBC se generan y se acumulan como sedimentos diariamente en los botaderos, las cenizas FBC presentan cualidades que lo muestran como un estabilizador, con un gran porcentaje de autocementación, ya que; el más del 20% está compuesto de cal libre. En conclusión la experiencia que se efectuó utilizando los suelos granulares estabilizados con cenizas FBC tanto nacional como internacional son beneficiosos incrementando cuantiosamente su resistencia sin ningún tipo de problemas de expansión, pero los suelos que contienen una porción de alúmina y sulfatos como los arcillosos y limosos, son los que muestran problemas de expansión volumétrica, ocasionando la formación de etringita y otros derivados de ésta. (Acevedo Alvarado, 2009)

2.1.2 Antecedentes nacionales

El trabajo realizado como parte de investigación denominado como: “Mejoramiento de Suelos Arcillosos en Subrasante mediante el uso de Cenizas Volantes de Bagazo de Caña de Azúcar y Cal”, tuvo como objetivo principal “determinar la influencia de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) en conjunto con la Cal para la mejora de las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso de baja plasticidad”. Tuvo como resultado las mejoras en los suelos esencialmente en las características de compactación y CBR, disminuyendo en un 50% las cantidades de la cal. Los ensayos que se realizaron fueron de compactación AASHTO estándar y CBR, para lo cual, se logró comparar la muestra natural del suelo con las cantidades proporcionadas de 5%, 15% y 25% de Material Estabilizante aplicada en estado seco. Como resultado del material estabilizante se obtiene con el 5% de Material Estabilizante respecto a la masa seca de arcilla que presenta una mejora inmediata; con una mezcla de de 50% de Cal y 50% de CBCA, incrementando el CBR en un 110.81% con respecto al suelo natural. (Landa Alarcón, 2019)

Por otro lado; en una de las investigaciones realizadas sobre la tesis denominado: “Estabilización de Suelos Arcillosos Aplicando Ceniza de Madera de Fondo, Producto de Ladrilleras Artesanales en el Departamento de Ayacucho” en el cual; se obtuvieron muestras de suelo arcilloso y ceniza de madera de las diferentes ladrilleras artesanales, de Pacaicasa, en donde se sometieron a varias pruebas de laboratorio, todo ello con el único objetivo de establecer la influencia de la ceniza de madera de las ladrilleras artesanales del suelo arcilloso ubicadas en el Departamento de Ayacucho.

Las pruebas se realizaron con varios ensayos para establecer el análisis de tamaño de las partículas, gravedad específica, límites de consistencia, y cualidades de

compactación. Para tal efecto de evaluación de la ceniza de madera de fondo sobre las propiedades mejoradas del suelo arcilloso, se realizaron una variedad de mezclas de ceniza y suelo arcilloso sometiendo a las mismas pruebas de laboratorio. De acuerdo a los diferentes ensayos de Consolidación Unidimensional curado durante los 7 días, se concluye que la combinación arcilla-ceniza, se reduce la deformación del suelo y aumenta el esfuerzo de preconsolidación, mejorando su resistencia y el asentamiento del suelo. (Mamani Barriga, 2017)

El trabajo de investigación realizado sobre el: “Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv San Martin – Lonya Grande, Amazonas 2018”, llega a la conclusión que el valor CBR tiende a incrementarse la mezcla planteada con anterioridad, pero, la combinación de suelo arcilloso y ceniza de cáscara de arroz permite apreciar resultados con valores más altos de capacidad en lo que concierne al soporte de resistencia, aumentando los valores de CBR al 100% de la óptima densidad seca del Proctor modificado de 9.7% hasta 15.2%, quiere decir que el aumento es 1.6 veces. Esta investigación se realizó con el objetivo de analizar las cenizas de cascara de arroz para mejorar la subrasante en la carretera ubicada en Dv San Martin – Lonya Grande, Amazonas. Por ello; se realizó esta evaluación que busca de alguna manera, el efecto que tiene al utilizar la ceniza de cascara de arroz en la subrasante del suelo y por ende, que es la causa de la resistencia mecánica. (Díaz Vásquez, 2018)

El trabajo de investigación realizado sobre la: “Estabilización de Suelos Arcillosos con Conchas de Abanico y Cenizas de Carbón con Fines de Pavimentación” denota la mezcla del suelo al añadir el 20%, 25% y 30% de conchas de abanico y cenizas

de carbón y las comparaciones de las propiedades físicas y mecánicas del suelo del asentamiento humano de Nuevo Santa

En esta investigación se concluye, que al añadir el 20%, 25% y 30% de conchas de abanico con cenizas de carbón al suelo arcilloso, se incrementa la capacidad portante, dando como resultado el CBR de 14.50%, 19.80% y 15.60% respectivamente, teniendo resultados mayores al 6%, con esto, se estima que la subrasante es buena, sin embargo, no se acepta esta hipótesis porque las conchas de abanico calcinadas no cumple con la norma ASTM C 977, como componente estabilizador. (Honores Tantalean, 2018)

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Afirmados

El afirmado tiene como utilidad en las superficies de rodadura en carreteras no pavimentadas. Se denomina afirmados en la realización de una o más capas de afirmado como superficie de rodadura de una carretera, que son conseguidos en forma natural o como también procesados, debidamente ser aprobados, con la ayuda de estabilizadores de suelos, que se instala sobre un terreno preparado.

Estos materiales son aprobados y provienen de canteras u otras fuentes. En la cual, se suman el transporte, el suministro, colocación y compactación del material, en la cual; muestra la conformidad con los parámetros, dimensiones y pendientes indicados en el Proyecto.

A) Construcción

Para la construcción de afirmados, con o sin la utilización de estabilizadores, se usan materiales granulares naturales procedentes de excedentes de excavaciones, canteras, o escorias metálicas, aprobadas por el Supervisor y establecidas en el Expediente Técnico; como también provienen de la trituración de gravas, rocas que están conformados por una mezcla de productos de distintas procedencias.

Para ello las partículas de los agregados serán resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y sin materia orgánica, terrones de arcilla u otras sustancias perjudiciales. Su estado de pureza dependerá del manejo que se vaya a dar al material.

Así mismo para el transporte del material de afirmado al punto de ubicación de la obra, previamente deberá humedecerse y cubrirse con lona para que de esta manera se evite las emisiones de material particulado, que pueden afectar la salud de los trabajadores y poblaciones aledañas.

Los requerimientos de buena calidad que deben cumplir los materiales, deben estar ajustarse convenientemente a las siguientes franjas granulométricas, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla N° 01: Requisitos de los materiales granulometría

Tamiz	Porcentaje que pasa					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2")	100	—				
37,5 mm (1½")	100	—				
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (¾")	65-100	80-100				
9,5 mm (¾")	45-80	65-100	50-85	60-100		
4,75 mm (N.º 4)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2,0 mm (N.º 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (N.º 40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 µm (N.º 200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Fuente: Manual De Carreteras EG – 2013

Tabla N° 02: Requisitos de calidad

REQUISITOS DE CALIDAD	
Desgaste Los Ángeles:	50% máx.
Límite Líquido:	35% máx.
Índice de Plasticidad:	4-9%
CBR (1):	40%min
(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0,1"(2,5 mm)	

Fuente: Manual De Carreteras EG – 2013

2.2.1. Suelos

Al estudiar a los suelos arcillosos, estas se ubican en lugares de alta precipitación, en la cual; muestra deficiencias en el drenaje, a este suelo se le conoce por su alto contenido de agua y poca resistencia in situ. Al momento de experimentar cambios de humedad en los suelos arcillosos tienden a presentar cambios de volumen.

El suelo arcilloso está constituido por los siguientes minerales en cual están activos como la montmorillonita en altas proporciones y en reducidas cantidades o casi nulas la clorita y la como también la vermiculita. Y dentro de los minerales que no se les consideran activas son las illitas y las caolinitas, estas muestras pueden contribuir a las propiedades expansivas de los suelos siempre y cuando se encuentren en proporciones de cantidades considerables. Se dice también que existen propiedades físicas que afecta al cambio volumétrico.

Dentro del peso específico se aprecia la variación entre los límites de 2,60 a 2,75 g/cm³. Cuando se observa que mientras más denso sea el suelo por efecto es más sólido, por lo tanto, se aprecia alta resistencia a la erosión.

Tabla N° 03: Índice de Plasticidad de la Arcilla

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICA
IP>20	Suelos muy arcillosos
20>IP>10	Suelos arcillosos
10>IP>4	Suelos poco arcillosos
IP=0	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual De Ensayo De Materiales MTC.

Tabla N° 04: Clasificación de Suelos según Tamaño de Partículas

TIPO DE MATERIAL	TAMAÑO DE PARTÍCULAS
Grava	75 mm - 2 mm
Arena	Arena gruesa: 2 mm - 0.2 mm
	Arena fina: 0.2 mm - 0.05 mm
Limo	0.05 mm - 0.005 mm
Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Manual De Ensayo De Materiales MTC.

A) Estructura de las Arcillas

Los minerales arcillosos están formados por la erosión química de las rocas; es decir, que aquellos minerales son el resultado del cambio de minerales ya existentes en la roca.

Estos minerales solo pueden observarse con un microscopio electrónico por ser tan diminutos. Los elementos principales químicos que constituyen en estos minerales son los siguientes átomos de: hierro, magnesio, silicio, hidrogeno, aluminio y oxígeno, que al combinarse entre estos átomos forman láminas, que al agruparse por intermedio de un enlace conforman al mineral de arcilla.

B). Estabilización de suelos Arcillosos

La estabilización de los suelos arcillosos es una secuencia de pasos que tiene como principal objetivo proporcionar una resistencia adecuada a la deformación, controlar la erosión, cambios de volumen y reducción de sensibilidad al agua.

Las principales características de los suelos arcillosos consisten en cambiar alguna de las características no deseables de una arcilla plástica posee un alto índice plástico para el de uso, que se quiere dar a dicho suelo.

Posee la facultad de variar su volumen al momento de absorber o cuando deja de absorber agua se produce abultamiento sobre el asentamiento de la obra.

2.2.2. Subrasante

Se denomina a la capa que soportara al resto de las capas que conforman el pavimento. Es por eso que se debe contar con el adecuado proceso constructivo.

Para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de la subrasante se llevarán a cabo frecuentemente investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.5 m. De profundidad, en la cual; es mínima, es decir que por lo mínimo el número de calicatas por kilómetro es de acuerdo al cuadro de las calicatas proporcionado por el manual de carreteras, en donde, se ubicarán cada una de ellas longitudinalmente y en forma intercalada, dentro de la faja que cubre el ancho de la calzada, las distancias serán aproximadamente las mismas proporciones; para luego, si se considera necesario.

Para que los suelos tengan una excelente capacidad portante se debe de tener como referencia una profundidad que no sea menor a los 60 centímetros con referencia a la subrasante para lo cual se solicitan suelos adecuados y estables con $CBR \geq 6\%$.

Si se presenta un un $CBR < 6\%$ se denominada subrasante pobre, en la cual se recomienda estabilizar los suelos.

Para ello el manual de carreteras nos presenta las categorías de la subrasante como se muestra a continuación:

Tabla N° 05: Categorías de la subrasante

CATEGORÍAS DE SUBRASANTE	CBR
So : Subrasante Inadecuada	CBR<3%
S1 : Subrasante Pobre	DE CBR≥3% A CBR<6%
S2 : Subrasante Regular	DE CBR≥6% A CBR< 10%
S3: Subrasante Buena	DE CBR≥10% A CBR<20%
S4 : Subrasante Muy Buena	DE CBR≥20% A CBR<30%
S5 : Subrasante Extraordinaria	CBR≥30%

Fuente: Manual De Carreteras ICG-2013

A) Mejoramiento de a subrasante

El mejoramiento de suelos reside en modificar las propiedades de un suelo por una mezcla de suelo con un material de más durabilidad o por acción física. Se deberá identificar el tipo de suelo con el que se trabaja, para que; de esta manera, identificar si se necesita algún tipo de mejora como es el aumento de resistencia y rigidez que servirá de apoyo a las cimentaciones requerido para altas cargas.

En su mayoría de veces esta capa puede construirse con materiales de conformación de relleno (terraplén) o con escombros. En caso de se utiliza los materiales que lo conforman el terraplén, se tiene que definir el tipo de relleno que se utilizara para mejorar el suelo, ya que; de eso dependerá la mejora en la capacidad portante del suelo.

Se obtiene grandes beneficios para mejorar el suelo, se aumenta significativamente sus propiedades y se incrementará su capacidad portante, el cual; será menos susceptible a asentamientos logrando así la mejora considerable del suelo.

También se puede adicionar algunos productos naturales, mediante procesos mecánicos, sintéticos o químicos para mejorar el suelo.

Estas estabilizaciones, comúnmente se efectúan en los suelos de subrasante inadecuada o pobre, en estos casos son denominadas como estabilizaciones de suelo y cal, suelo asfalto, suelo cemento y otras diversas composiciones, aunque se pueden desarrollar de diferentes métodos para mejorar los suelos, ya sea agregándoles otros elementos para así lograr una óptima mejora del terreno

a) Límites de Atterberg

Se indican que: “la plasticidad es la propiedad que tiene un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas” la plasticidad es un comportamiento que permite que el suelo sea deformado sin romperse hasta un determinado punto, y depende del contenido de agua que se encuentre en este, va a quedar determinado por su límite líquido y por la proporción máxima de algún tipo de arena.

b) Proctor Modificado

Se indica que “Para realizar la prueba de Proctor modificado se utiliza un molde de 943.3 cm³ y se compacta en 5 capas con un martillo que pesa 44.5 N y tiene una caída de 457.2 mm”

El ensayo de Proctor modificado muestra resultados del nivel de compactación máxima de un suelo con relación a su contenido de humedad, la muestra de ensayo se caracteriza por compactar una porción de muestra de suelo en un cilindro con un volumen estimado, variando únicamente su humedad, para que; de esta manera se obtenga el punto de compactación óptima.

c) CBR

Se indican que: “El estudio de CBR es ampliamente utilizado para el diseño de pavimentos flexibles, puede determinarse in situ o en laboratorio” para diseñar un pavimento es recomendable realizar al menos cinco ensayos de CBR.

El CBR es un ensayo con el cual se evaluará la calidad del material de un suelo con base a su resistencia, nos determina el índice de penetración, este ensayo debe hacerse en un suelo saturado para representar su situación más crítica.

d) Aceptación de Trabajo

Terminado el suelo estabilizado esta deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse al nivel de subrasante y pendientes establecidas.

En el suelo estabilizado terminado se realizará el control de calidad como la compactación, espesor cumpliendo con las especificaciones, así mismo se deberá proteger el área mejorada.

2.2.3. Proceso constructivo

Para garantizar la calidad del proyecto se muestra los distintos aspectos que deberá tener en cuenta el supervisor, así mismo el contratista también debe presentar su propio control de obra, con la finalidad de verificar y evaluar los resultados obtenidos.

A) Preparación de la superficie existente

La muestra del afirmado se asestara cuando la plataforma, en la cual; se va a sostener tenga la densidad y las cotas apropiadas e indicadas en los respectivos informes de los planos. Además si las fallas excedan la tolerancia admitida tanto como en las especificación y en los planos respectivos estos deberán ser corregidas.

B) Transporte y colocación del material

Para el transporte y colocación del material se tiene que trasladar y depositar la muestra para que no se produzca ningún tipo de segregación, y evitar los derrames de material como también la contaminación de los suelos y el agua que puede causar daño a las poblaciones alejadas.

Para la ubicación de la muestra sobre la capa subyacente se realizara en una longitud que no se exceda los 1.500 m del lugar de los trabajos de la mezcla, para compactación y la conformación del material.

C) Extensión, mezcla y conformación del material

La muestra se colocara en un cordón de sector homogéneo, sector donde será examinara su homogeneidad. Para ser necesario la construcción realizando la combinando de varios materiales, se mezclarán formando cordones aislados para cada muestra, que luego se mezclaran. Para una compactación óptima el interesado deberá emplear la herramienta y el equipo apropiado para que no perjudique la capa subyacente. Luego del mezclado, se ampliara en una capa de grosor uniforme, esto permitirá obtener el requerido grado compactación y el espesor.

D) Compactación

Al momento que se tenga el material de humedad adecuada, se le compactará al material o muestra con el equipo especificado y se usaran apisonadores mecánicos para lograr la densidad requerida.

La compactación requerida se realizara longitudinalmente, iniciando por los extremos exteriores, mejorando la densidad especificada y avanzando secuencialmente hacia el área del centro, cubriendo en cada tramo mínimo a un tercio del ancho del rodillo del cual es compactado.

Al momento de realizar esta actividad se deberá realizar con todos los requerimientos necesarios para no desperdiciar el material que pueden causar contaminación, al suelo, al agua ya los lugares cercanos. Los pequeños residuos originados por las actividades realizadas necesariamente deberán ser ubicados en los depósitos que contienen materiales sobrantes.

E) Apertura al tránsito

Mientras no se complete la compactación se evitara todo tipo de transito sobre las capas en ejecución y el tránsito que obligatoriamente tenga que transitar sobre ellas, se tendrá que distribuir de tal forma que dejen huellas de rodaduras en la superficie.

2.2.4. Control de trabajos

A) Controles

Para el control en los trabajos, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Verificar la implementación y el estado de funcionamiento en cada etapa de los trabajos y de todo el equipo.
- Comprobar la calidad de los materiales exigidos al igual que se tendrá que ejecutar los ensayos de compactación.
- Supervisar y Verificar los métodos de trabajo, como también la densidad de los tramos compactados realizando la corrección previa por partículas de tamaño superior al máximo especificado, siempre que ello sea necesario. Este control se realizará en el espesor de capa realmente construida.
- Realizar los perfiles y tomar las medidas de los espesores como la superficie granular con los controles del IRL.
- Vigilar la producción regular de los agregados y los parámetros ambientales para la ejecución de las obras.

B) Calidad de los materiales

Se tomarán cuatro muestras para la calidad de los materiales previos a utilizarse y para cualquier tipo de volumen para los ensayos y frecuencias.

Tabla N° 06: Ensayos y frecuencias en afirmado

Material o producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Afirmado	Granulometría	MTC E 204	C 136	T27	1 cada 750 m ²	Cantera (2)
	Límites de Consistencia	MTC E 111	D 4318	T89	1 cada 750 m ²	Cantera (2)
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T96	1 cada 2.000 m ²	Cantera (2)
	CBR	MTC E 132	D 1883	T193	1 cada 2.000 m ²	Cantera (2)
	Densidad-Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	1 cada 750 m ²	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 1556 D 2922	T191 T238	1 cada 250 m ²	Pista

Fuente: Manual De Carreteras EG – 2013

C). Calidad de trabajo terminado

La calidad de los trabajos de afirmado finalizados presentaran una superficie homogénea y se adaptaran a las pendientes, rasantes y dimensiones determinadas en el Proyecto. La distancia entre los puntos del borde de la berma y del proyecto, no será menor en los planos indicados. El cual; deberá cumplir las siguientes características:

a) Compactación

Para la determinación de la consistencia del material de la capa de concentración se realizarán de acuerdo a lo indicado en la tabla de métodos, ensayos y frecuencias y los tramos por admitir se clasificaran

sobre un mínimo reducido de 6 clasificaciones de densidad. Los sitios para las medidas se escogerá al azar, siempre en cuando con la verificación del profesional supervisor.

Para el trabajo la humedad de la muestra no debe cambiar en $\pm 2,0\%$ del Óptimo Contenido de Humedad, resultado con el método del Próctor Modificado. Si en caso ocurriese de no cumplir con los términos referentes no se aceptara el tramo. Por lo cual; se efectuarán las correcciones por presencia de partículas gruesas, previamente al cálculo de los porcentajes de compactación.

b) Rugosidad

No debe ser superior a 5 m/km y se medirá en unidades IRI.

2.2.5. Estabilización de suelos

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007 manifiesta que “Se denomina al mejoramiento tanto en propiedades, físicas, mecánicas y químicas de una determinada capa de suelo a través de métodos mecánicos que incorporan productos químicos, naturales o artificiales. El objetivo de la estabilización de suelos tiene como finalidad mejorar la resistencia y durabilidad ante las cargas de los vehículos, en especialmente los vehículos pesados, por lo general las estabilizaciones se realizan en los suelos de sub-rasante deficiente las cuales son reconocidas como estabilización suelo cal, suelo cemento, y otros productos.

A) Criterios para establecer la estabilización

Según lo que manifiesta (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2007) “Se consideran como materiales óptimos para las capas de la subrasante suelos con $CBR \geq 6\%$. Si el caso fuese menor será considerada como inadecuada, o se presenten en zonas húmedas locales o áreas blandas como arenas y limos, es este caso el especialista analizará diversas opciones o criterios de estabilización, dentro de ellos considerara: estabilización mecánica, Reemplazo del suelo de cimentación, Estabilización con productos químicos, con el único fin que mejoran las propiedades del estrato de suelo”. (pág.77)

B) CBR (Ensayo de Relación de Soporte de California)

Según lo expresado por (Muñoz, 2015) manifiesta que es la “El número CBR, se obtiene de la relación de la carga unitaria (lbs. /pulg².) Necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón de penetración (19.4 cm²), dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón (lbs. /pulg²) requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material”. (pág.56)

C)Estabilización química de suelos

Es la mejora de las propiedades físicas de los suelo, gracias al desarrollo mecánico e introducción de productos naturales, y químicos. Generalmente, se efectúan en los suelos de subrasante pobre, este se denomina como estabilización de suelo asfalto, suelo cemento, y otros productos diversos.

2.2.6. Estabilizados con cal.

A)Definición

Dentro de los proyectos de construcción se considera a los recubrimientos de suelos estabilizados con cal, con los lineamientos e especificaciones técnicas indicadas en el proyecto.

B)Material por estabilizar

Los suelos a estabilizar con cal podrá ser estabilizados con material de afirmado, los suelos naturales provenientes son de las agregados locales, excavaciones o mezclas.

Para no ensuciar el fraguado del concreto el material deberá estar limpio de materia orgánica y debe de cumplir los siguientes requisitos:

a. Granulometría (Agregados)

Pertenece a los siguientes tipos de suelos A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7.

Y la proporción máxima no excederá a 5 cm (2”) o 1/3 del grosor de la capa compactada.

b. Plasticidad

La porción menor del tamiz de 425 μm (N°40), según las especificaciones técnicas presentara un Límite Líquido menor a 40 y un Índice Plástico que este comprendido entre 10 y 50%.

c. Composición Química

La proporción de sulfatos del suelo, expresada como SO = no podrá exceder de 0,2% en peso.

d. Abrasión

Los agregados gruesos deberán poseer una erosión a la abrasión para que los materiales a estabilizar conformen capas estructurales, y esta abrasión no sea mayor a 50%.

e. Solidez

Para estabilizar los materiales las capas estructurales que conformaran el material se ubicara a una altitud ≥ 3.000 m.s.n.m.

C) Cal para estabilizar

La cal que se va a emplear para las construcciones de suelo-cal puede ser cal hidratada o cal viva y cumplirá los requisitos dadas.

D) Agua a utilizar

Las características del agua para su utilización deberán de estar libre de materia álcalis u cualquier otra sustancia. El pH oscilara entre 5,5 y 8,0 y el material del sulfato, no pasara a 3.000 ppm.

E) Mezcla

Para determinar el porcentaje de cal en los ensayos, tienen que cumplir los parámetros establecidos de la mezcla de suelo-cal, la aplicación de la cal puede variar entre 2 y 8% en peso de los materiales.

AL momento de usar la mezcla de suelo-cal para la construcción de revestimientos estructurales los valores se mostraran con el C.B.R.

Al concluir, se mostrara el trabajo realizado, donde indicaran el tipo y las cantidades de cal, los procesos y el volumen de agua.

F) Mezcla

El profesional encargado es el que autoriza mediante un escrito, el comienzo de los trabajos del suelo y cal, luego de verificar que han sido satisfactorios los requerimientos establecidos en el Proyecto.

Al momento de iniciar la construcción del suelo con el cal sobre la superficie de una vía y si presenta irregularidades y deficiencia en el trayecto de su longitud, al cual; se debe acondicionar las zonas que tengan irregularidades en dicha superficie.

La mezcla de suelo-cal es preparada en múltiples formas como la mezcla en planta y sobre la vía (in-situ).

Antes de iniciar la compactación, la mezcla de suelo-cal deberá cumplir los parámetros siguientes:

- La tolerancia de compactación óptima de humedad de la mezcla es de $\pm 1,5\%$.
- Al concluir el proceso, el 60% en peso de la mezcla, deberá pasar la malla N°4, apartando las partículas de grava y piedra.
- Si la mezcla es rechazada por el especialista encargado por efecto del clima u otra, se deberá sacarla y transportarla a los DME.
- Para verificar la calidad de la mezcla se deberá proceder los ensayos C.B.R.

Tabla 07: Ensayos y frecuencias en suelo estabilizado con cal

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Suelo Estabilizado con Cal	Granulometría	MTC E 107	750 m ³	Pista
	Índice plástico	MTC E 111	750 m ³	Pista
	Relación Densidad-Humedad	MTC E 115	750 m ³	Pista
	CBR	MTC E 132	500 m ³	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	Cada 250 m ²	Pista
	Abrasión	MTC E 207	2.000 m ³	Cantera
	Materia orgánica	AASHTO T 194	2.000 m ³	Cantera
	Durabilidad (2)	MTC E 209	2.000 m ³	Cantera

Fuente: Manual De Carreteras EG – 2013

G) Compactación

Para evitar desfoces del material que pueden contaminar al suelo, al agua u otros, la compactación mínima requerido u exigido será al 100% de máxima densidad resultado del ensayo Proctor Modificado.

H) Juntas de trabajo

En el momento en el que se haya realizado la compactación se construirá juntas longitudinales, transversales o de construcción.

Estas juntas se construirán, realizando un corte vertical al suelo-cal compactando según una línea ubicada a 7 cm.

Antes de seguir con la colocación del material suelo-cal, de deberá humedecer la superficie.

Curado

Manteniendo húmeda la superficie la capa compactada del suelo-cal, se deberá mantener húmeda la superficie por un periodo de 72 horas.

Culminado la compactación de la capa superior, se iniciara al curado utilizando el riego asfáltico. Para la cual; se debe usar un asfalto diluido que oscila entre la cantidad de 0,70 l/m² a 1,30 l/m² o una emulsión asfáltica que varía entre la cantidad de 1,00 l/m² a 2,00 l/m².

2.2.7. Ensayos de laboratorio

A) Contenido de Humedad

Relación de porcentaje entre el peso del agua que está dentro del material del peso de la misma después de realizar el procedimiento del secado en un horno a temperatura que oscila entre los 105 y 110 °C.

El procedimiento y la dureza de los suelos dependerán de la proporción de cantidad del agua que poseen en su interior ya que esta propiedad influye directamente a la estabilidad mecánica y al cambio de volumen, cuando el suelo este seco el contenido de humedad se lo representa en porcentaje con valor máximo 100%.

B) Análisis Granulométrico

El proceso de ensayo de análisis granulométrico del suelo consiste en ordenar y dividir de acuerdo a los tamaños los granos que lo contienen.

a. Análisis granulométrico por tamizado

Se verifica al momento de dividir las partículas del suelo con las mallas que determinan el tamaño de la partícula.

Con la información obtenida del análisis granulométrico se mostrara en modo de curva semilogarítmica en donde el “porcentaje que pasa” detalla a las ordenadas y las mallas detallan a las abscisas. Como una Alternativa se presentara el “porcentaje retenido”.

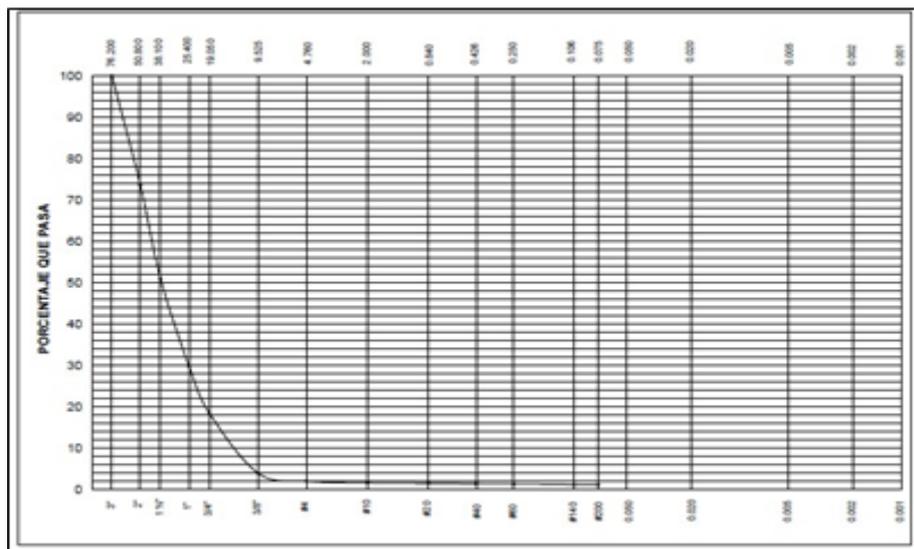
En la figura a continuación. Se muestra la forma de la Curva Granulométrica, que dependerá de la disposición de las partículas en el suelo.

Tabla 08: Tamices y aberturas

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
1 1/2"	38,100
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 8	2,360
Nº 16	1,100
Nº 30	0,590
Nº 50	0,297
Nº 100	0,149
Nº 200	0,075

Fuente: Manual De Ensayo De Materiales – MTC.

Grafico 01: Grava mal graduada



Fuente: Guía de Laboratorio de Mecánica de Suelos

b. Análisis granulométrico por sedimentación

El análisis granulométrico por sedimentación resulta de gran utilidad en los suelos que tienen una considerable proporción de partículas menores que la malla#:200 (0.075 mm) y mayores que 0.001 mm y si bien no permite sacar conclusiones en cuanto a sus propiedades mecánicas nos puede servir para estimar el potencial de expansión y su susceptibilidad al congelamiento.

Para ello el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), con respecto a los procedimientos del ensayo de Sedimentación presenta tablas de profundidades las cuales servirán para realizar las respectivas correcciones con concerniente al ensayo.

C) Peso Específico

El peso específico de sólidos se le fija durante las actividades de la práctica, que es la relación del peso de sólidos y el volumen de agua que se depositan gracias a la temperatura del medio ambiente. A este resultado se le efectúa una corrección por temperatura. En general, las partículas gruesas contienen, en una proporción de aire estancado en orificios impermeables, que se podrán quitar partiendo las partículas en pequeños granos más finos, en la cual; el resultado del peso específico de sólidos es aparente

En las asignaturas de Mecánica de Suelos, se tiene gran importancia el resultado del peso específico aparente y por lo tanto las partículas

integrales que se están usando no deben ser trituradas. El peso específico relativo de los sólidos de un suelo constituye a todas las partículas del suelo conjuntamente con el peso específico del agua destilada a una temperatura de 4°C.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), detalla que para concluir la gravedad específica de los sólidos se podrá efectuar mediante dos métodos.

- **Método A:** Este método se efectúa para determinar las especímenes Húmedos, en esencial sólidos de granulometría fina, para suelos orgánicos altamente plásticos.
- **Método B:** Este método se efectúa para determinar las especímenes de secados al horno, empleados a los suelos sólidos de granulometría fina.

Las fórmulas para determinar los resultados:

Peso del espécimen seco:

$$W_{\text{suelo seco}} = W_{\text{picnómetro}} + \text{suelo seco} - W_{\text{picnómetro}}$$

Volumen del suelo seco:

$$V_{\text{suelo|seco}} = W_{\text{picnómetro}} + \text{suelo seco} - W_{\text{picnómetro}}$$

Gravedad específica de los sólidos se muestra en el siguiente cuadro

Tabla 09: Tamices

Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) ^s	Coefficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) ^s	Coefficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) ^s	Coefficiente Temperatura (K)	Temperatura (°C)	Densidad (g/mL) ^s	Coefficiente Temperatura (K)
15,0	0,99910	1,00090	16,0	0,99895	1,00074	17,0	0,99878	1,00057	18,0	0,99860	1,00039
15,1	0,99909	1,00088	16,1	0,99893	1,00072	17,1	0,99876	1,00055	18,1	0,99858	1,00037
15,2	0,99907	1,00087	16,2	0,99891	1,00071	17,2	0,99874	1,00054	18,2	0,99856	1,00035
15,3	0,99906	1,00085	16,3	0,99890	1,00069	17,3	0,99872	1,00052	18,3	0,99854	1,00034
15,4	0,99904	1,00084	16,4	0,99888	1,00067	17,4	0,99871	1,00050	18,4	0,99852	1,00032
15,5	0,99902	1,00082	16,5	0,99886	1,00066	17,5	0,99869	1,00048	18,5	0,99850	1,00030
15,6	0,99901	1,00080	16,6	0,99885	1,00064	17,6	0,99867	1,00047	18,6	0,99848	1,00028
15,7	0,99899	1,00079	16,7	0,99883	1,00062	17,7	0,99865	1,00045	18,7	0,99847	1,00026
15,8	0,99898	1,00077	16,8	0,99881	1,00061	17,8	0,99863	1,00043	18,8	0,99845	1,00024
15,9	0,99896	1,00076	16,9	0,99879	1,00059	17,9	0,99862	1,00041	18,9	0,99843	1,00022
19,0	0,99841	1,00020	20,0	0,99821	1,00000	21,0	0,99799	0,99979	22,0	0,99777	0,99957
19,1	0,99839	1,00018	20,1	0,99819	0,99998	21,1	0,99797	0,99977	22,1	0,99775	0,99954
19,2	0,99837	1,00016	20,2	0,99816	0,99996	21,2	0,99795	0,99974	22,2	0,99773	0,99952
19,3	0,99835	1,00014	20,3	0,99814	0,99994	21,3	0,99793	0,99972	22,3	0,99770	0,99950
19,4	0,99833	1,00012	20,4	0,99812	0,99992	21,4	0,99791	0,99970	22,4	0,99768	0,99947
19,5	0,99831	1,00010	20,5	0,99810	0,99990	21,5	0,99789	0,99968	22,5	0,99766	0,99945
19,6	0,99829	1,00008	20,6	0,99808	0,99987	21,6	0,99786	0,99966	22,6	0,99764	0,99943
19,7	0,99827	1,00006	20,7	0,99806	0,99985	21,7	0,99784	0,99963	22,7	0,99761	0,99940
19,8	0,99825	1,00004	20,8	0,99804	0,99983	21,8	0,99782	0,99961	22,8	0,99759	0,99938
19,9	0,99823	1,00002	20,9	0,99802	0,99981	21,9	0,99780	0,99959	22,9	0,99756	0,99936
23,0	0,99754	0,99933	24,0	0,99730	0,99909	25,0	0,99705	0,99884	26,0	0,99679	0,99858
23,1	0,99752	0,99931	24,1	0,99727	0,99907	25,1	0,99702	0,99881	26,1	0,99676	0,99855
23,2	0,99749	0,99929	24,2	0,99725	0,99904	25,2	0,99700	0,99879	26,2	0,99673	0,99852
23,3	0,99747	0,99926	24,3	0,99723	0,99902	25,3	0,99697	0,99876	26,3	0,99671	0,99850
23,4	0,99745	0,99924	24,4	0,99720	0,99899	25,4	0,99694	0,99874	26,4	0,99668	0,99847
23,5	0,99742	0,99921	24,5	0,99717	0,99897	25,5	0,99692	0,99871	26,5	0,99665	0,99844
23,6	0,99740	0,99919	24,6	0,99715	0,99894	25,6	0,99689	0,99868	26,6	0,99663	0,99842
23,7	0,99737	0,99917	24,7	0,99712	0,99892	25,7	0,99687	0,99866	26,7	0,99660	0,99839
23,8	0,99735	0,99914	24,8	0,99710	0,99889	25,8	0,99684	0,99863	26,8	0,99657	0,99836
23,9	0,99732	0,99912	24,9	0,99707	0,99887	25,9	0,99681	0,99860	26,9	0,99654	0,99833
27,0	0,99652	0,99831	28,0	0,99624	0,99803	29,0	0,99595	0,99774	30,0	0,99565	0,99744

Fuente: Manual De Ensayo De Materiales – MTC

D) Límites de Atterberg

a. Límite líquido

El límite líquido está representada por un porcentaje de humedad, que se determina por medio de un ensayo llamado Casagrande, en el cual; el suelo posee la relación con el estado plástico y líquido.

En la siguiente figura a continuación se muestra, a este artefacto que contiene una copa de bronce como también una base de hule resistente, el límite líquido se denomina arbitrariamente es por este motivo, en la cual, obligatoriamente que las proporciones que son las dos mitades de una masa de suelo de 10 mm de grosor fluyan y se junten en una prolongación de 12 mm. Este método consiste en una actividad proporcionada en dejar caer la copa sobre la base a una altura de 10mm,

el número determinado de golpes que se dan es de 25, por seguridad se realizará al menos tres pruebas con el mismo suelo, ya que; es difícil llegar al cierre de 12 mm.

Figura 04: Aparato manual para Límite Líquido (Cuchara Casagrande)



Fuente: Manual De Ensayo De Materiales – MTC

b. Límite plástico

Está representado por el contenido de la humedad y un pequeño porcentaje de cantidad en el suelo seco, el suelo por esencia puede cambiar de un estado plástico a estado semisólido y también, se dice que; puede cambiar de un estado semisólido a un estado sólido.

Este proceso radica en envolver de forma elipsoidal la masa del suelo sobre la placa de vidrio, en un diámetro aproximado de 3,2 mm, después de este proceso, el suelo se vuelve quebradizo porque se redujo considerablemente la humedad. Si el suelo muestra poca plasticidad, se recomienda volver a efectuar el proceso del ensayo del límite líquido y a continuación con la muestra de suelo restante se realiza el ensayo de límite plástico, este proceso se realizara tres veces para obtener óptimos resultados.

E) Clasificación del suelo mediante Sistema Unificados de

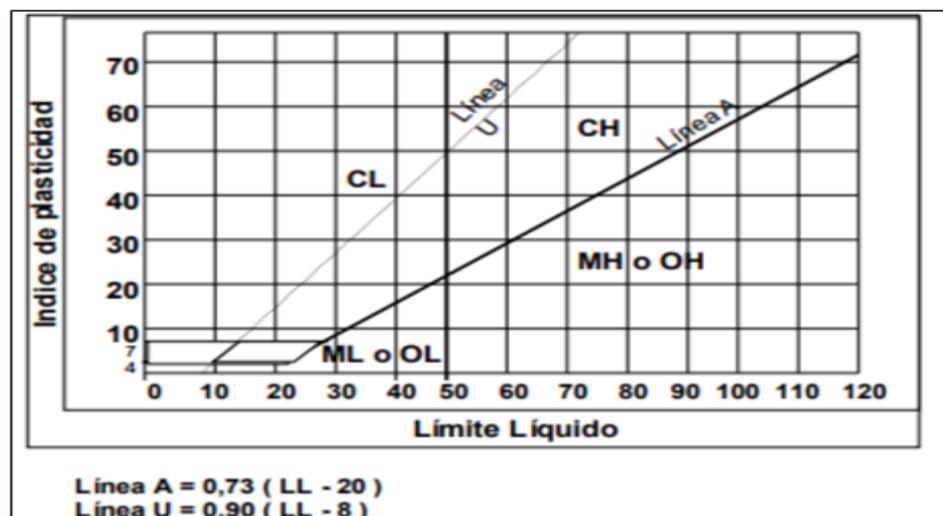
a. Clasificación de Suelos (SUCS)

El sistema de clasificación SUCS es el método considerado el más sencillo. Se inicia a partir del Tamiz N°200, tamiz que los divide en dos sectores: suelos finos y gruesos.

En el caso de muestras de suelos gruesos que pasa por el Tamiz N°4 y, en el de los finos, a partir de los suelos con Límite Líquido.

En los denominados suelos finos, el índice de Plasticidad de A. Casagrande, se aprecia un rol definitivo para el SUCS. Como se muestra a continuación.

Grafico 02: Límite de atterberg (Carta de Plasticidad)



Fuente: Conanma (2016). Geotecnia

Tabla 10: Clasificación de suelos

Divisiones principales				Simbolo del grupo	Nombre clásico	
1	2			3	4	
Suelos de grano grueso Más de la mitad del material es mayor que el t. n°200	El tamaño del tamiz n°200 es aproximadamente la menor partícula visible a simple vista	GRAVAS Más de la mitad de los gruesos es > 5mm	Para clasificación visual el tamiz n°4 equivale a 5 mm	Gravas limpias (poco o ningún fino)	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino.
				Gravas con finos (apreciable cantidad)	GP	Gravas pobremente graduadas, mezclas de grava y arena, poco ó ningún fino.
				Arenas limpias (poco o ningún fino)	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.
				Arenas con finos (apreciable cantidad)	GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.
		ARENAS Más de la mitad de los gruesos es < 5 mm		Arenas limpias (poco o ningún fino)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, poco ó ningún fino.
				Arenas con finos (apreciable cantidad)	SP	Arenas pobremente graduadas, arenas con grava, poco ó ningún
				Limos y arcillas. Limite liquido menor que 50	SM	s, me y limo.
					SC	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla.
Suelos de grano fino Más de la mitad del material es menor que el t. n°200	El tamaño del tamiz n°200 es aproximadamente la menor partícula visible a simple vista	Limos y arcillas. Limite liquido menor que 50	ML	Limos inorgánicos de baja compresibilidad.		
			CL	Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas		
			OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja compresibilidad		
		Limos y arcillas. Limite liquido mayor que 50	MH	Limos inorgánicos de alta compresibilidad		
			CH	Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad		
			OH	Arcillas y limos orgánicos de media a alta compresibilidad.		
Suelos altamente orgánicos				Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos	

Fuente: Conanma (2016). Geotecnia

F) Capacidad de Soporte de los Suelos

Se denomina a la solides que muestra a las distintas deformaciones que se dan empleando las cargas de tráfico. Las causas que intervienen para la resistencia al esfuerzo cortante en la capacidad de soporte de los suelos, todo ésta deformación dependerán de gran manera de la humedad y densidad alcanzada. Para poder reconocer la capacidad y la cualidad de

soporte de los suelos se necesita realizar varios ensayos, los ensayos para carreteras se procede con unos ensayos simples y sencillos como el CBR, que simulara la aplicación de las cargas y sus deformaciones, con este detalle el suelo podría ser utilizado para los diferentes fines constructivos.

G) Compactación tipo Proctor

Este tipo de ensayo es aplicable en aquellas muestras de suelos que contiene al menos el 30% de partículas que se retienen en la malla de $\frac{3}{4}$ " (19 mm).

La cantidad de humedad del suelo, se lo sitúa en pequeñas capas o proporciones dentro de un molde de medidas definidas.

Para determinar la densidad seca con diferentes contenidos de humedad se vuelve a repetir la misma técnica, tantas veces sea necesario para determinar la relación entre la densidad seca conseguido y otro factor importante que es la humedad del suelo, cada una de estas capas es compactada por un número proporcionado de golpes efectuados, empleando el martillo con el peso y su altura de caída tipificada. La representación de esta información, esquematizadas, representa la "curva de compactación". Con esto se puede obtenerlos la máxima humedad óptima y densidad seca.

Tabla 11: Materiales del ensayo de Proctor

TIPO DE ENSAYO	ESTÁNDAR		MODIFICADO
PESO DEL MARTILLO	5.5 lbf (2.49 kg)		10lbf (4.54 kg)
ALTURA DE CAÍDA	12"(305 mm)		18"(457 mm)
NÚMERO DE CAPAS	3 capas		5 capas
PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	A	B	C
MATERIAL EMPLEADO	< #4	<3/8"	< 3/4"
DIÁMETRO DEL MOLDE	4"	4"	6"
NÚMERO DE GOLPES	25	25	56
GRADACIÓN	Hasta 20% > #4	Más de 20% > #4 y hasta 20% > 3/8"	Más de 20% > 3/8" y menos de 30% > 3/4"

Fuente: Guía de Laboratorio de Mecánica de Suelos

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de estudio

En el presente informe técnico se desarrolla utilizando el método analítico – sintético, con un enfoque cuantitativo.

3.2. Tipo de estudio

Este informe técnico fue de tipo aplicado, ya que se basa en la aplicación de la teoría a la solución de problemas y circunstancias objetivas, para ello se utiliza los conocimientos adquiridos en los manuales del Ministerio De Transportes y Comunicaciones que determinará la evaluación y el análisis para la estabilización de suelos, es decir de la teoría a la práctica.

3.3. Nivel de estudio

El presente informe tuvo un nivel analítico, porque busca describir los hechos y circunstancias propios de la evaluación para la mejora de estabilización de subrasante.

3.4. Diseño de estudio

El diseño es tipo experimental, ya que se apoya en la observación de fenómenos o comportamientos que se producen como producto de la manipulación de la variable independiente y analizar las respuestas sobre una o más variables dependientes.

3.4. Población

La población de estudio estuvo constituida por la carretera Centro Poblado Viñas, ubicada en el departamento de Huancavelica, provincia de Tayacaja y distritos de Pampas.

3.4. Muestra

El tipo de muestro fue el no aleatorio o dirigido, y que para este informe se seleccionó el tramo Mariscal Cáceres - centro poblado viñas progresivas Km. 1+250- Km. 1+500- Km. 1+750. (Ver anexo 6)

3.4. Técnicas, instrumentos de recolección de datos y procesamiento y análisis de datos.

Técnica:

Las técnicas usadas en la recolección de datos son las diversas maneras de conseguir la información. Para una adecuada selección de datos se eligió la técnica de observación directa, mediante ello permitió ubicar las muestras más representativas para los ensayos.

La observación directa permitió ver la realidad problemática in situ que presenta el terreno natural, y así obtener una primera impresión del suelo en estudio.

Instrumentos de recolección de datos:

Para el presente estudio se procedió a un trabajo de campo para el muestreo de suelos mediante calicatas y determinar las propiedades físicas y mecánicas en el suelo natural con y sin adición de la cal y la ceniza de quinua.

También se procedió a un trabajo de laboratorio para la recolección de datos mediante formatos de registro, sobre la realización de los ensayos del suelo obtenido en campo, considerando las normas ASTM.

Procesamiento y análisis de datos:

El procesamiento de los datos de estudio se efectuó con la ayuda de las hojas de cálculo utilizando el Microsoft Office: Microsoft Excel, cuyos parámetros de información son afortunadamente conveniente para todos los ensayos efectuados en el estudio.

Para el análisis de los resultados del laboratorio se utilizaron herramientas como histogramas, gráficos de barra, gráficos de líneas, en la cual; se pudo obtener los indicadores del estudio.

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL INFORME

4.1. Resultados

4.1.1. Trabajos ejecutados-estudio geotécnicos

Se procedió a la identificación de los suelos mediante exploraciones de subsuelo a través de calicatas, para obtener muestras y efectuar los ensayos correspondientes y así definir las propiedades geotécnicas más importantes de los mismos. Los datos obtenidos sirvieron para tomar decisiones sobre la necesidad de cortes, rellenos y estabilizaciones.

A) Exploración de campo

Para identificar y evaluar la valoración geotécnica del suelo de la sub rasante existente a lo largo del trazo, se procedió mediante un programa de exploración de campo, excavación de calicata, recolección de muestra para ser ensayada en el laboratorio. En general se excavo 3 pozos "a cielo abierto", de la siguiente manera:

- C-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250
- C-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km.1+500
- C-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750

Todas ellas coinciden con la ubicación de la progresiva ya existente. La profundidad alcanzada en las perforaciones referidas con anterioridad fue de 1.50 m por debajo de la proyectada sub rasante y ubicada al lado derecho e izquierdo de la vía en estudio.

En cada calicata se examinó el perfil estratigráfico del suelo de la sub rasante, identificando visualmente los materiales mediante el procedimiento de campo establecido por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)

Al detectar variaciones en las características de los suelos en la excavación, se cogió una muestra para la identificación y evaluación correspondiente.

De cada estrato de suelo, se tomaron muestras representativas, y fueron embaladas como paquetes en bolsas de polietileno y transportadas al laboratorio para realizar pruebas de ensayo de sus propiedades físicas y mecánicas.

Con el apoyo del perfil estratigráfico del tramo efectuado, el cual permitió determinar las características de las secciones, identificando los puntos representativos generales y específicos de las calicatas seleccionadas, los generales para determinar las características de los suelos predominantes y similares y los específicos para establecer las cualidades mecánicas. Para el estudio se realizaron calicatas de forma manual utilizando las herramientas de pala y pico a un lado del tramo de la vía del cual se está estudiando, las características del terreno fueron

homogéneas, por tanto, no ha sido necesario ejecutar trazos a menor distancia. (Ver anexo 5)

Se obtuvieron las muestras de cada estrato para su evaluación. Con el resultado de los análisis de la muestra de la carretera, se estableció el perfil estratigráfico en donde muestra la colocación de cada una de las calicatas realizadas como también las características del material en cada una de ellas. Las muestras obtenidas de las calicatas C-1, C-2 y C-3 se clasificaron de acuerdo a SUCS y AASTHO basado en la NTP:339.128: 2014, donde los tipos de suelo de acuerdo a SUCS son limo arcillosas de baja plasticidad (CL), mientras que de acuerdo a AASTHO se clasifican en los grupos A-4(4), A-6(7) y A-4(6) (Ver anexo 1)

B) Ensayos de laboratorio

En base a los parámetros de la normativa E.050 se realizan los ensayos por cada variación estratigráfica de los suelos y características, como también la normativa C.010 pavimento urbanos del RNE.

Por medio de ensayos físicos y mecánicos de las muestras disturbadas de suelo procedente de las exploraciones se realizó los trabajos de laboratorio que permitieron evaluar las propiedades de los suelos. (Ver anexo 4)

C) Características del subsuelo

Se ejecutó las respectivas exploraciones, en toda la longitud del Proyecto Total, del cual se han muestreado para su estudio físico y mecánico del suelo. La característica del subsuelo es que presenta en un primer nivel (h=0.20 m promedio) material de cantera seleccionado (caliche), para siguientes niveles (1.50 mts), presenta capas de arcillas limosas de media plasticidad, subsuelo de buena capacidad de soporte.

Un regular a alto, que no necesita mejoramiento en la sub rasante o subsuelo, según los estudios de suelos realizados

D) Perfil del suelo

Para la elaboración del perfil estratigráfico se procedió a la clasificación de materiales extraídas del trabajo de campo se necesita y de los ensayos. La interpretación de los resultados obtenidos ha permitido clasificar los suelos, definir los horizontes de material homogéneo y establecer el Perfil.

El perfil estratigráfico del área de estudio, es homogéneo en toda el área del proyecto compuesto por arcillas limosas, de baja capacidad de soporte. (Ver anexo 1)

E) Ensayos de mecánica de suelos

En el Cuadro "Ensayos de Mecánica de Suelos" se presenta todos los ensayos realizados, describiendo el objetivo de cada uno. (Ver anexo 1)

Tabla N° 12: Ensayos de mecánica de suelos

NOMBRE DEL ENSAYO	USO	MÉTODO AASHTO	ENSAYO ASTM	TAMAÑO MUESTRA	PROPOSITO DEL ENSAYO
Análisis granulométrico por tamizado	clasificación	T88	D42	2,50kg	Para determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Contenido de humedad	clasificación		D2216	2,50kg	Para determinar en contenido de humedad existente en el terreno.
Límite líquido	clasificación	T89	D4318	2,50kg	Hallar el contenido de agua entre los estados líquido y plástico
Límite plástico	clasificación	T90	D4318	2,50kg	Hallar el contenido de agua entre los estado plásticos semi sólidos
Índice plástico	clasificación	T90	D4318	2,50kg	Hallar el rango de contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico.
Compactación proctor modificado	diseño de espesores	T180	D1557	45.0kg	Determinar la capacidad de soporte del terreno
CBR	diseño de espesores	T193	D1883	45.0kg	Determinar la capacidad de carga. Permite inferir el módulo resiliente

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2. Propiedades físicas

En cuanto a los ensayos considerados, se puede realizar una breve explicación de los ensayos y los objetivos de cada uno de ellos. Cabe anotar que los ensayos físicos corresponden a aquellos que determinan las propiedades índices de los suelos y que permiten su clasificación.

A)Análisis Granulométrico Por Tamizado (Curvas Granulométricas)

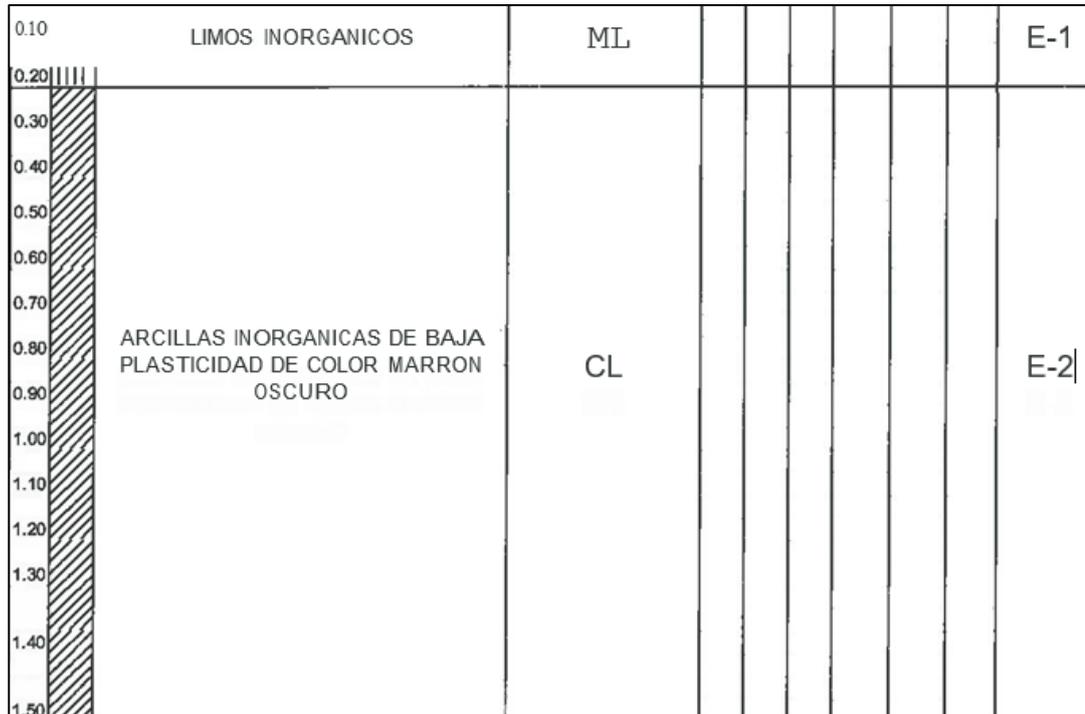
La granulometría es la distribución de las partículas de un suelo de acuerdo a su tamaño, que se determina mediante el tamizado o paso del agregado por mallas de distinto diámetro hasta el tamiz No 200 (de diámetro 0.074 milímetros), considerándose el material que pasa dicha malla en forma global. Para conocer su distribución granulométrica por debajo de ese tamiz se hace el ensayo de sedimentación. El análisis granulométrico deriva en una curva granulométrica, donde se plotea el diámetro de tamiz versus porcentaje acumulado que pasa o que retiene el mismo, de acuerdo al uso que se quiera dar al agregado con los resultados se establece el Perfil Estratigráfico. (Ver anexo 1)

Tabla N° 13: Cuadro de análisis granulométrico

ITEM	PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	CLASIFICACION
1	C-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES- CENTROPOBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250	C-1	M-1	CL
2	C-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES- CENTROPOBLADO VIÑAS PROG. Km. 1 +500	C-2	M-1	CL
3	C-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES- CENTROPOBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750	C-3	M-1	CL

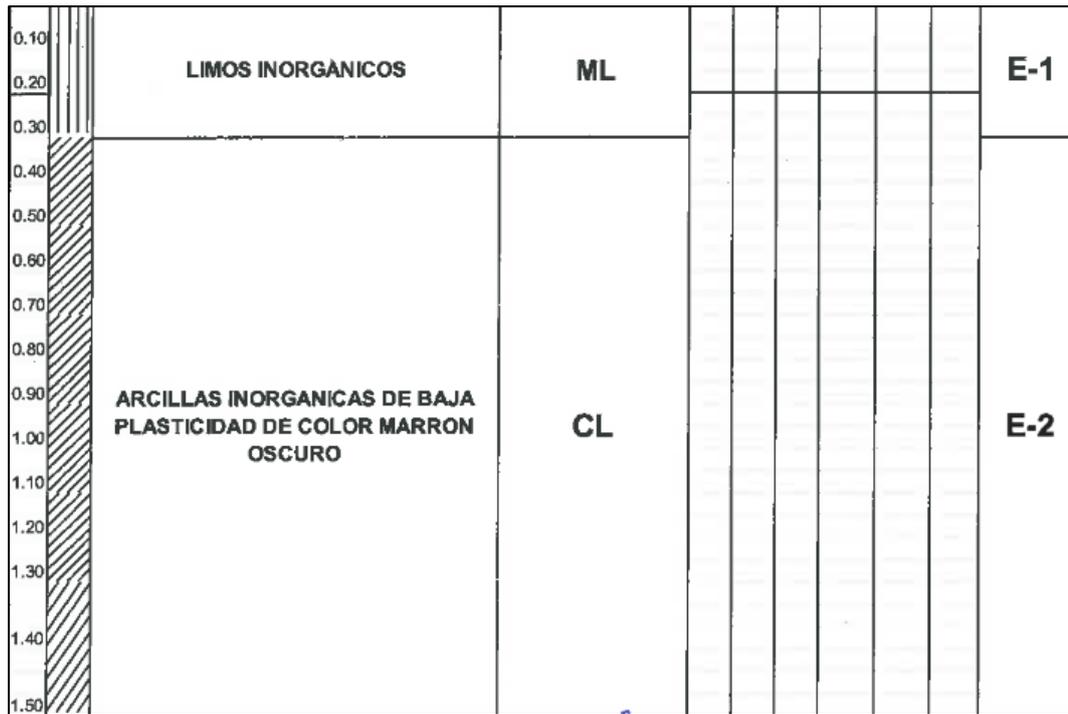
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 06: Perfil estratigráfico C-1



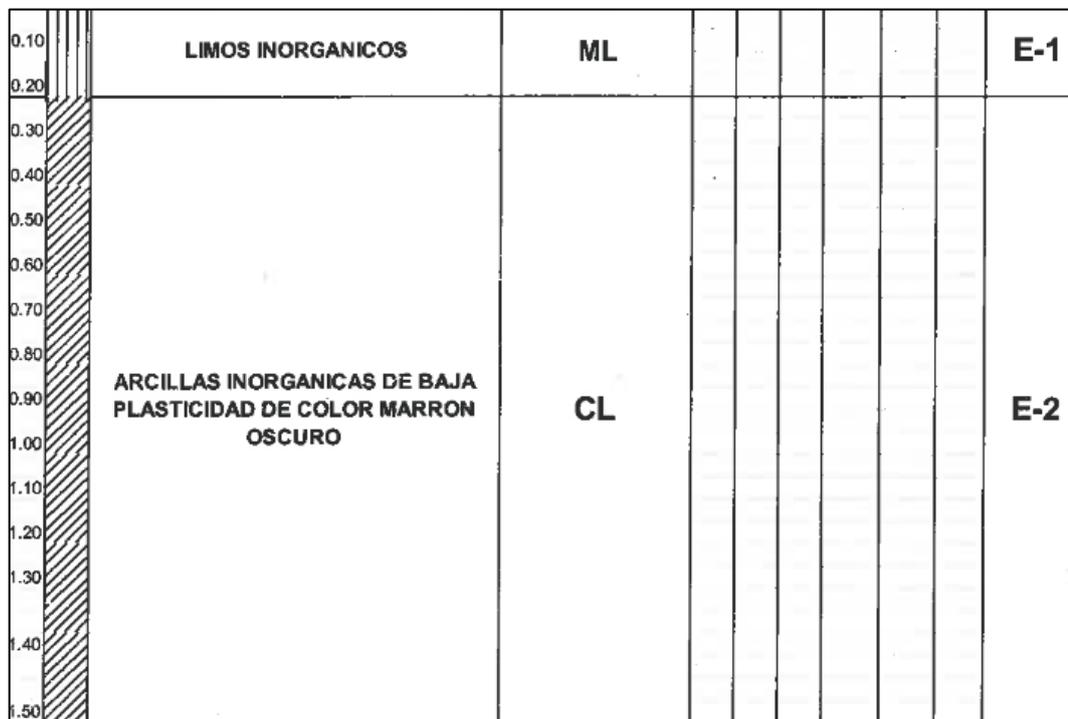
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 07: Perfil estratigráfico C-2



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 08: Perfil estratigráfico C-3



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 14: Descripción SUCS

ITEM	CALICATA	SUCS	DESCRIPCION
1	C-1, TRAMO MARISCAL CACERES-CENTROPOBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250	CL	ARCILLAS LIMOSAS DE BAJA PLASTICIDAD
2	C-2, TRAMO MARISCAL CACERES-CENTROPOBLADO VIÑAS PROG. Km. 1 +500	CL	ARCILLAS LIMOSAS DE BAJA PLASTICIDAD
3	C-3, TRAMO MARISCAL CACERES-CENTROPOBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750	CL	ARCILLAS LIMOSAS DE BAJA PLASTICIDAD

Fuente: Elaboración Propia

B) Limite Liquido y Limite Plástico

Dependerá de la cantidad de arcilla que pasa la malla N° 200, ya que este material ejerce como ligante, este material de acuerdo al contenido de humedad pasa por tres estados definidos, líquidos, plásticos y secos.

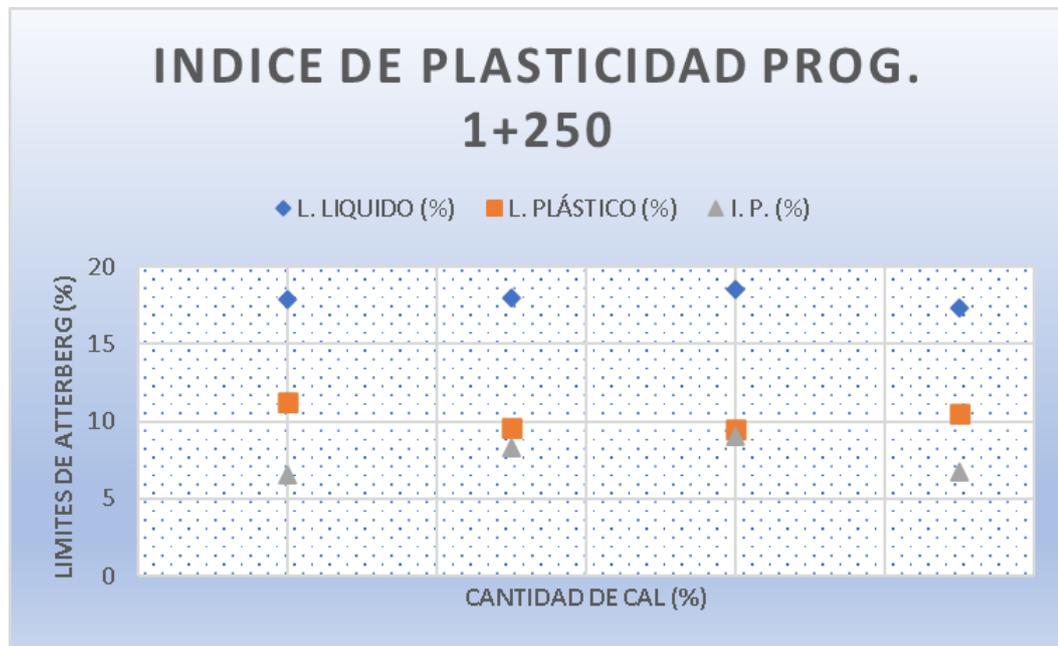
Cuando el material está en estado semilíquido quiere decir; que el material se encuentra húmedo. A medida que se va reduciendo agua, adquiere una solidez que lo permite hacer trabajable, entonces esta se encuentra en estado plástico, Al seguir reduciendo más agua, el material deja de ser trabajable y se cuarteo al tratar de moldearlo, entonces se dice que está en un estado semi seco. El contenido de humedad en el cual el agregado pasa del estado semilíquido al plástico es el Limite Liquido (ASTM D-4318), y el contenido de humedad es el que pasa del estado plástico al semi seco es el Limite Plástico (ASTM D-4318).

Tabla N° 15: C-1 limite líquido y plástico progresiva Km. 1+250

ITEM	PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	L. LIQUIDO (%)	L. PLÁSTICO (%)	I. P. (%)
1	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+250 TERRENO NATURAL	C-1	M-1	17.87	11.29	6.58
2	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+250 TERRENO NATURAL + 3% CAL	C-1	M-2	17.95	9.62	8.3
3	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+250 TERRENO NATURAL + 5% CAL	C-1	M-3	18.56	9.53	9.03
4	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+250 TERRENO NATURAL + 7% CAL	C-1	M-4	17.31	10.54	6.77

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 09: Detalles del límite líquido y plástico



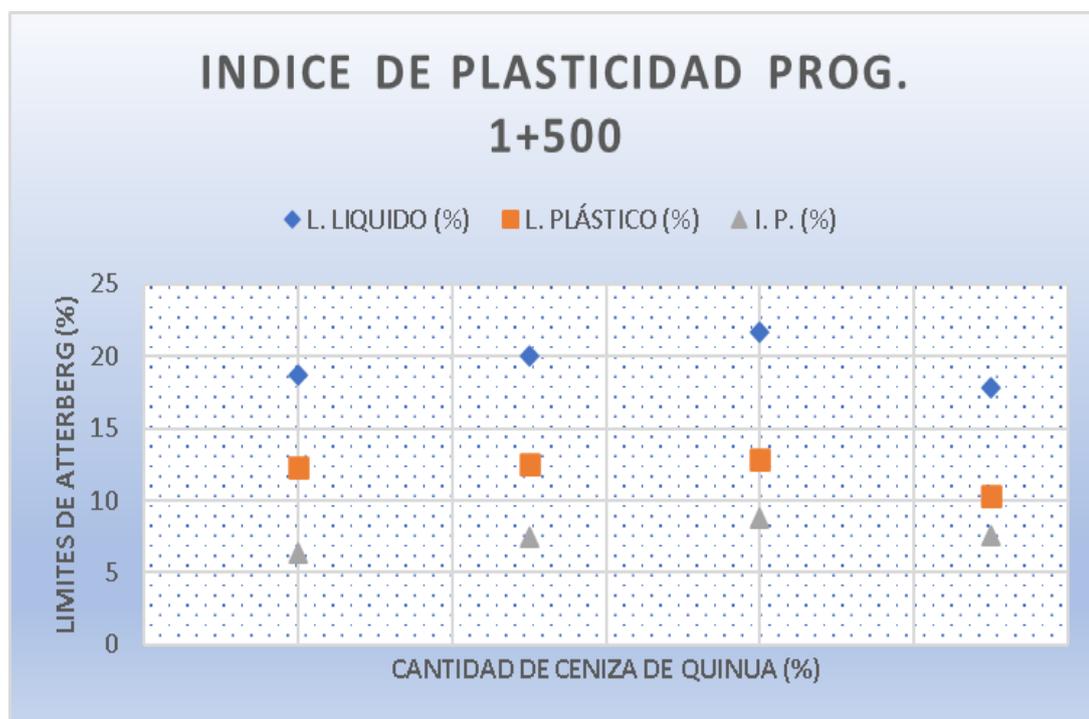
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 16: C-2 limite líquido y plástico progresiva Km. 1+500

ITEM	PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	L. LIQUIDO (%)	L. PLÁSTICO (%)	I. P. (%)
1	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+500 TERRENO NATURAL	C-2	M-1	18.74	12.34	6.4
2	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+500 T. NATURAL + 15% CENIZA QUINUA	C-2	M-2	19.98	12.48	7.5
3	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+500 T. NATURAL + 20% CENIZA QUINUA	C-2	M-3	21.64	12.90	8.74
4	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+500 T. NATURAL + 25% CENIZA QUINUA	C-2	M-4	17.82	10.28	7.54

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 10: Detalles del límite líquido y plástico



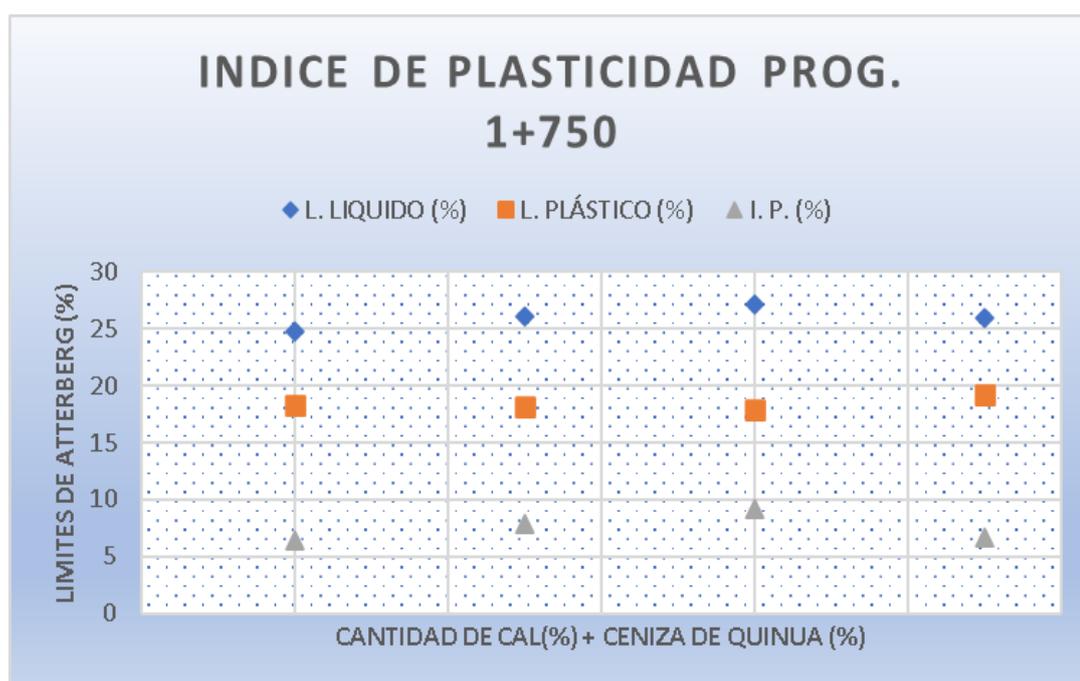
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 17: C-3 limite líquido y plástico progresiva Km. 1+750

ITEM	PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	L. LIQUIDO (%)	L. PLÁSTICO (%)	I. P. (%)
1	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+750 TERRENO NATURAL	C-3	M-1	24.78	18.37	6.41
2	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+750 T. N. + 5% CAL + 10% C. QUINUA	C-3	M-2	26.09	18.18	7.91
3	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+750 T.N. + 7% CAL + 15% C. QUNUA	C-3	M-3	27.15	17.91	9.24
4	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+7 50 T.N. + 10% CAL + 20% C. QUINUA	C-3	M-4	25.95	19.28	6.67

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 11: Detalles del límite líquido y plástico



Fuente: Elaboración Propia

C) Contenido de Humedad Natural (ASTM D-2216)

Para el contenido de humedad se realizó el ensayo y se trabajó inmediatamente, con este resultado obtenido se evita distorsiones al momento de realizar el análisis de cálculo.

D) Clasificación de Suelos por el Método SUCS y por el Método AASHTO

Para determinar la proporción del tamaño de las partículas según el tipo de ensayos que se hacen para obtener los límites de la dureza. El más usado sistema para clasificar los suelos es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), que lo divide al suelo en 15 grupos reconociéndolos por el nombre y por términos simbólicos.

Con el sistema de clasificación para Construcción de Carreteras AASHTO, es otro método usado generalmente.

Con este detalle se muestran los resultados del laboratorio, se analiza el resumen de los valores de humedad que muestran los suelos. "Contenidos de Humedad" que se asocia la profundidad, la ubicación, las humedades por estrato y la humedad representativa de la calicata que se está evaluando.

Tabla N° 18: Clasificación por SUCS Y AASHTO

ITEM	PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	CLASIFICACION	
	PROG.	TR	M	SUCS	AASHTO
1	C-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES- CENTROPOBLADO VINAS PROG. Km. 1+250	C-1	M-1	CL	A-4(4)
2	C-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES- CENTROPOBLADO VINAS PROG. Km. 1 +500	C-2	M-1	CL	A-6(7)
3	C-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES- CENTROPOBLADO VINAS PROG. Km. 1+750	C-3	M-1	CL	A-4(6)

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3. Propiedades mecánicas

Ello permitió establecer la resistencia y dureza de los suelos como también el comportamiento a las sollicitaciones de cargas.

A) Ensayo de Densidad de Campo (ASTM D-1556)

Teniendo en cuenta la observación del comportamiento realizado en el campo, se analiza la densidad como la propiedad física del suelo, y para ello, cumple el requisito mínimo e indispensable para la investigación de compactación de los suelos.

Esto refleja al mejorar las cualidades de comportamiento mecánico del suelo.

En el estudio, esta prueba se efectuó empleando el aparato del cono de arena, esta herramienta constituye un procedimiento práctico para la determinación de la densidad in situ de los suelos.

Este ensayo se realizó con el fin de comprobar el grado de compactación en rellenos de suelos compactados de forma artificial. Por otra parte es beneficioso los suelos sin cohesión (gravas y arenas), que no muestran muestras inalteradas, y con la densidad in situ a partir de la muestra alterada se puede producir el suelo natural en la densidad natural.

B) Ensayo de Próctor Modificado (ASTM D-1557)

Se realiza para establecer un excelente contenido de humedad, en la cual se obtiene la óptima densidad seca del suelo con una determinada compactación. El ensayo se realizó antes de utilizar la mezcla sobre el terreno, con ello se determina la cantidad de agua que se agrega para conseguir una óptima compactación. Con esta técnica de compactación se analiza la influencia que produce en el desarrollo la cantidad reciente de agua del suelo hallando que el valor es de vital importancia en la compactación realizada. Al momento de observar la cantidad de humedad creciente, cuando se obtienen los valores bajos, se tienen lo más altos específicos secos y por ello las óptimas compactaciones del suelo, este comportamiento no se mantiene paulatinamente, ya que al pasar el valor de la humedad, los pesos específicos secos obtenidos se reducen, dando como respuesta malas

compactaciones para la muestra. Para un suelo dado, hay una humedad, llamada la "óptima", que rinde el mayor peso específico seco que se logra con esta técnica de compactación. Se debe tener en cuenta que, a bajas cantidades de proporciones de agua, en los suelos del tipo arcillosos, el agua produce compresiones en forma de capilar entre las partículas del suelo que forma grumos disociados que entorpecen la compactación.

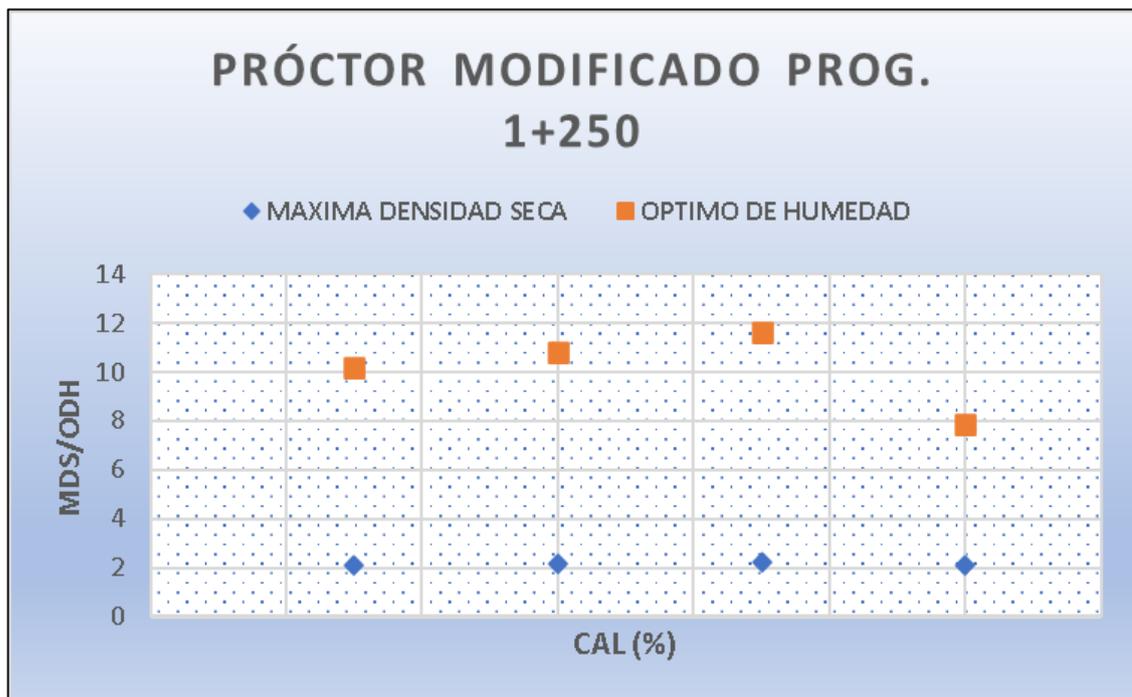
Cuando aumenta el contenido de agua tiende a reducirse la tensión del capilar en el agua, esto hace que la compactación tenga buenos resultados. Pero si en la cantidad del agua es tanto que hay exceso de agua libre, esto hace que no haya una buena compactación, ya que, no puede desplazarse al instante con los impactos del pisón. (Ver anexo 2)

Tabla N° 19: C-1 Proctor modificado progresiva Km 1+250

ITEM	PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	MAXIMA DENSIDAD SECA	OPTIMO DE HUMEDAD
1	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+250 TERRENO NATURAL	C-1	M-1	2.10	10.17
2	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+250 TERRENO NATURAL + 3% CAL	C-1	M-2	2.15	10.8
3	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+250 TERRENO NATURAL + 5% CAL	C-1	M-3	2.26	11.6
4	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+250 TERRENO NATURAL + 7% CAL	C-1	M-4	2.08	7.90

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 12: Detalles del límite Proctor modificado



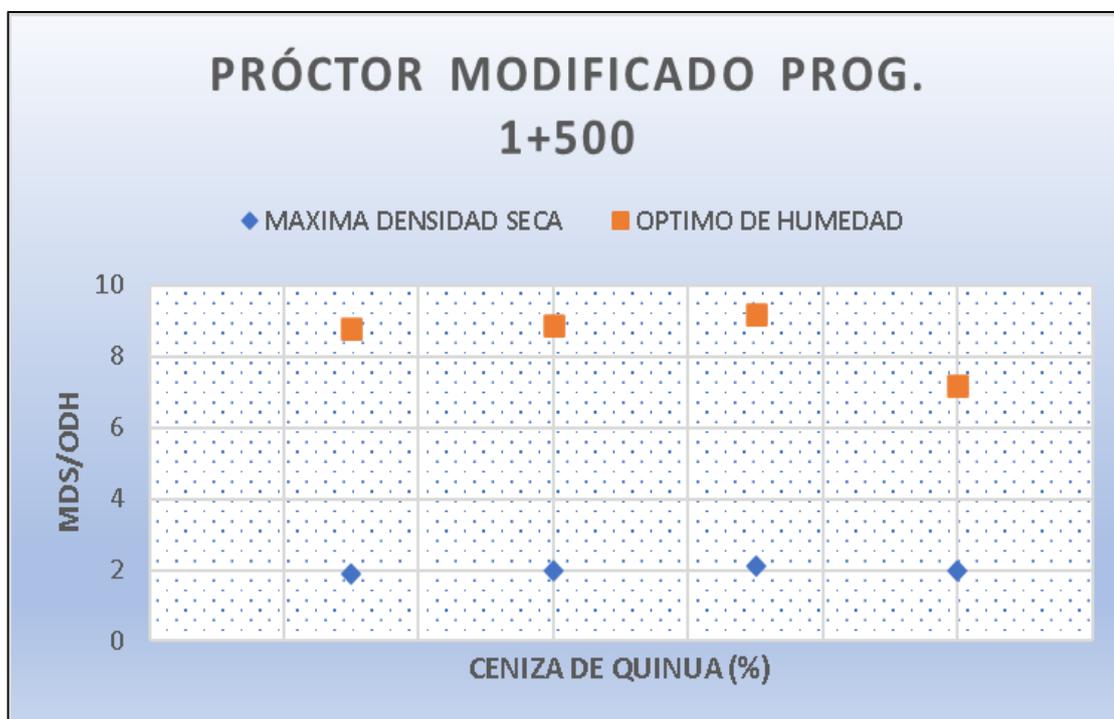
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 20: C-2 Proctor modificado progresiva Km 1+500

ITEM	PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	MAXIMA DENSIDAD SECA	OPTIMO DE HUMEDAD
1	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+500 TERRENO NATURAL	C-2	M-1	1.90	8.80
2	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+500 T. NATURAL + 15% CENIZA QUINUA	C-2	M-2	1.99	8.90
3	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+500 T. NATURAL + 20% CENIZA QUINUA	C-2	M-3	2.10	9.20
4	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+500 T. NATURAL + 25% CENIZA QUINUA	C-2	M-4	1.96	7.20

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 13: Detalles del límite Proctor modificado



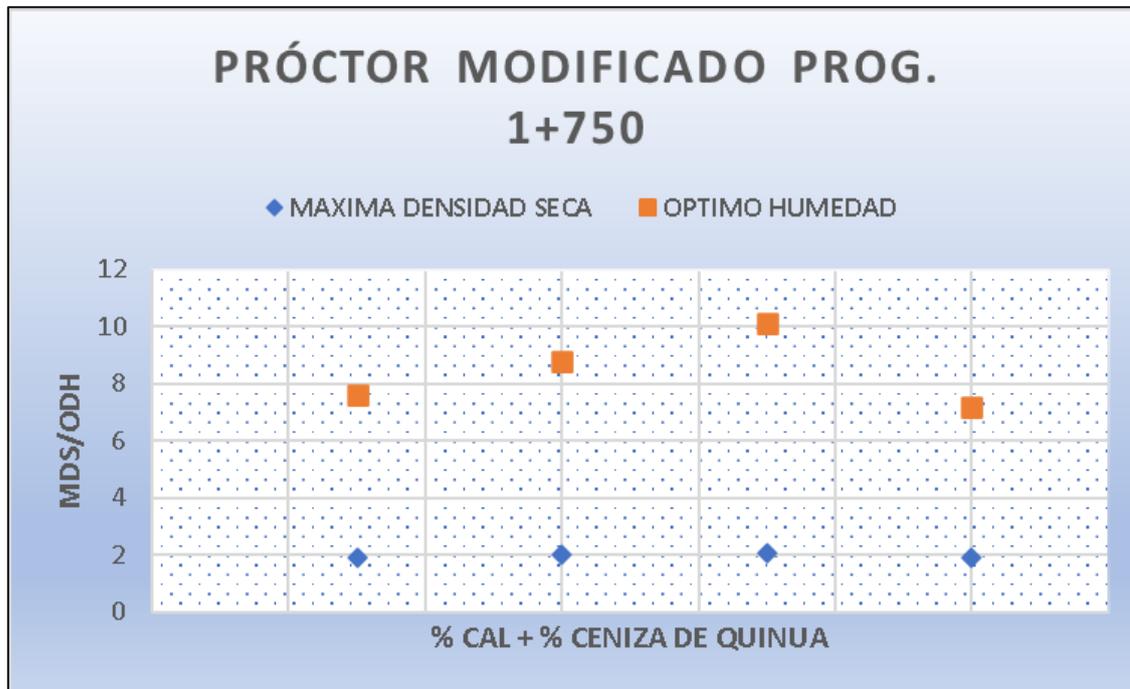
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 21: C-3 Proctor modificado progresiva Km 1+750

ITEM	PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	MAXIMA DENSIDAD SECA	OPTIMO HUMEDAD
1	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+750 TERRENO NATURAL	C-3	M-1	1.91	7.60
2	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+750 T. N. + 5% CAL + 10% C. QUINUA	C-3	M-2	1.98	8.80
3	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+750 T.N. + 7% CAL + 15% C. QUNUA	C-3	M-3	2.08	10.10
4	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+7 50 T.N. + 10% CAL + 20% C. QUINUA	C-3	M-4	1.92	7.20

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 14: Detalles del límite Proctor modificado



Fuente: Elaboración Propia

C) California Bearing Ratio - CBR (ASTM D-1883)

El Índice de California (CBR) muestran los valores de carga unitaria para distintas profundidades realizadas en el estudio esta penetración de la muestra está determinados.

El CBR que se utiliza para la proyección, es el referente que se logra el 0.1 pulgada profundidad. En el laboratorio se repite siguiendo las condicione de campo, ya que; el CBR de un agregado que varía de acuerdo al contenido de humedad y a su grado de compactación, para lo cual que se necesita tener un control minucioso.

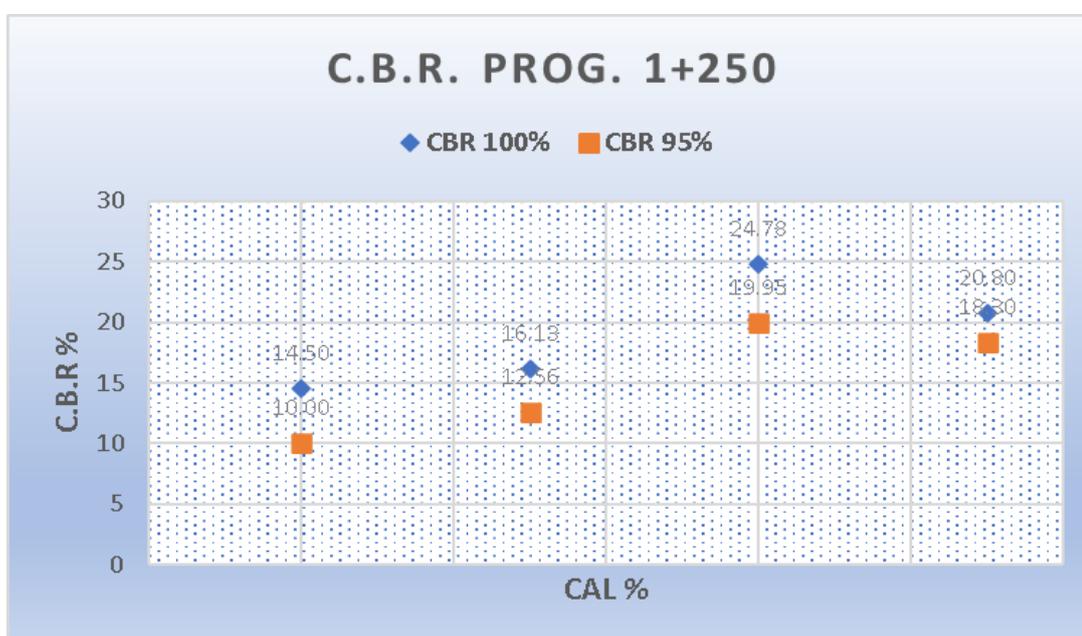
O se necesitaría tener la seguridad que el suelo no acumule la humedad después de la construcción, se debe de tener en cuenta que los ensayos CBR se realizaron sobre muestras saturadas. (Ver anexo 3)

Tabla N° 22: C-1, CBR progresiva Km 1+250

ÍTEM	PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	C.B.R. a 0.1"	
				CBR 100%	CBR 95%
1	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+250 TERRENO NATURAL	C-1	M-1	14.50	10.00
2	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+250 TERRENO NATURAL + 3% CAL	C-1	M-2	16.13	12.56
3	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+250 TERRENO NATURAL + 5% CAL	C-1	M-3	24.78	19.95
4	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+250 TERRENO NATURAL + 7% CAL	C-1	M-4	20.80	18.30

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 15: Detalles del CBR



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 23: C-2, CBR progresiva Km 1+500

ÍTEM	PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	C.B.R. a 0.1"	
				CBR 100%	CBR 95%
1	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+500 TERRENO NATURAL	C-2	M-1	14.50	10.00
2	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+500 T. NATURAL + 15% CENIZA QUINUA	C-2	M-2	16.13	12.56
3	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+500 T. NATURAL + 20% CENIZA QUINUA	C-2	M-3	24.78	19.95
4	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+500 T. NATURAL + 25% CENIZA QUINUA	C-2	M-4	20.80	18.30

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 16: Detalles del CBR



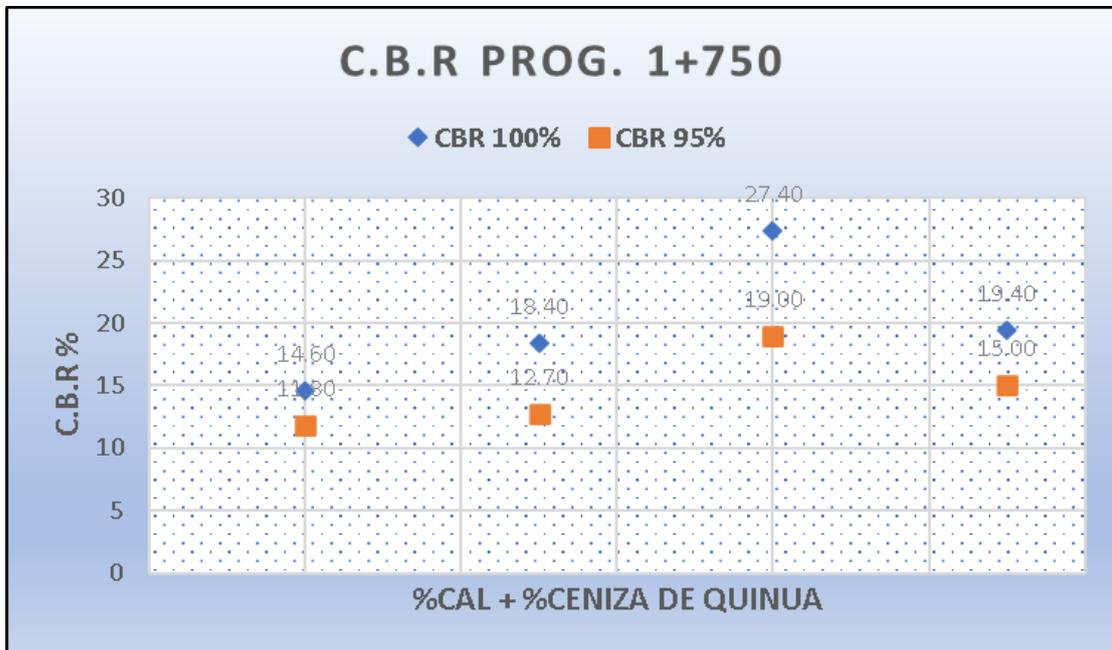
Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 24: C-3, CBR progresiva Km 1+750

ÍTEM	PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	C.B.R. a 0.1"	
				CBR 100%	CBR 95%
1	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+750 TERRENO NATURAL	C-3	M-1	14.60	11.80
2	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+750 T. N + 5% CAL + 10% C. QUINUA	C-3	M-2	18.40	12.70
3	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+750 T.N. + 7% CAL + 15% C. QUNUA	C-3	M-3	27.40	19.00
4	TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km 1+7 50 T.N. + 10% CAL + 20% C. QUINUA	C-3	M-4	19.40	15.00

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 17: Detalles del CBR



Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 25: CUADRO RESUMEN

CALIC.	PROGRESIVA	CLASIF.	CLASIF.	MUESTRA	PROCTOR		C.B.R a 0.1"		LIMITE LIQUIDO	I. P.
					MAX. DENS. SECA	OPT. HUMEDAD	100%	95%		
	PROG.	SUCS	AASTHO	M						
C-1	C-1, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, TERRENO NATURAL	CL	A-4(4)	M-1	2.1	7.9	14.5	10	17.87	6.58
	C-1, M-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, 3% CAL	CL	A-4(4)	M-2	2.15	10.8	16.13	12.56	17.95	8.33
	C-1, M-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, 5% CAL	CL	A-4(4)	M-3	2.26	11.6	24.78	19.95	18.56	9.03
	C-1, M-4, TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, 7% CAL	CL	A-4(4)	M-4	2.08	7.9	20.8	18.3	17.31	6.77
C-2	C-2, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, TERRENO NATURAL	CL	A-6(7)	M-1	1.9	8.8	14.6	11.8	18.74	6.4
	C-2, M-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, 15% CENIZA DE QUINUA	CL	A-6(7)	M-2	1.99	8.9	18.4	12.7	19.98	7.5
	C-2, M-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, 20% CENIZA DE QUINUA	CL	A-6(7)	M-3	2.1	9.2	27.4	19	21.64	8.74
	C-2, M-4, TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, 25% CENIZA DE QUINUA	CL	A-6(7)	M-4	1.96	7.2	19.4	15	17.82	7.54
C-3	C-3, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, TERRENO NATURAL	CL	A-4(6)	M-1	1.91	7.6	14.3	10.5	24.78	6.41
	C-3, M-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750, MEZCLA 5% CAL + 10% CENIZA	CL	A-4(6)	M-2	1.98	8.8	18.55	15.65	26.09	7.91
	C-3, M-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750, MEZCLA 7% CAL +15% CENIZA	CL	A-4(6)	M-3	2.08	10.1	25.4	20.75	27.15	9.24
	C-3, M-4, TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750, MEZCLA 10% CAL+20% CENIZA	CL	A-4(6)	M-4	1.92	7.2	20	17	25.95	6.67

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Discusión de resultados

4.2.1. Ensayo Proctor Modificado

De determinó con el propósito de hallar el contenido de humeada, para ello se calculó la máxima densidad seca. Este ensayo se realiza en laboratorio antes de colocar el material en la vía de esta manera saber cuál será la humedad óptima para que la compactación sea la mejor. Es importante tener estos valores para determinar en el terreno la densidad de campo que es para

saber el grado de compactación, que debe de estar dentro del rango permitido por el manual de carreteras.

El perfil estratigráfico del área de estudio, es homogéneo en toda el área del proyecto compuesto por arcillas inorgánicas de baja plasticidad.

Para la calicata C-1 del TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, cuenta con cuatro muestras la primera es muestra del terreno natural contando con valores dentro de lo permitido, la segunda con 3% de cal, la tercera con 5% de cal, la cuarta con 7% de cal, para finalmente observar que tanto a nivel de terreno natural y con adición de cal los resultados de la máxima densidad seca y la humedad optima están dentro del rango de lo permitido como muestra la tabla N°19.

Para la calicata C-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500 la primera es muestra del terreno natural contando con valores dentro de lo permitido, la segunda con 15% de ceniza quinua, la tercera con 20% de ceniza quinua, la cuarta con 25% de ceniza quinua, tanto a nivel de terreno natural y con adición de ceniza quinua, los resultados de la máxima densidad seca y la humedad optima están dentro de los parámetros establecidos como muestra la tabla N°20.

Para la calicata C-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km.1+750 cuenta con cuatro muestras la primera es muestra del terreno natural contando con valores dentro de lo permitido, la segunda con 5% de cal+10%de ceniza de quinua, la tercera con 7% de cal+15%de ceniza de quinua, la cuarta con 10% de cal+20%de ceniza de quinua, para finalmente observar que tanto a nivel de terreno natural y con adición de cal y ceniza natural los resultados de la máxima

densidad seca y la humedad optima están dentro del rango de lo permitido como muestra la tabla N°21.

4.2.2. Capacidad portante

El Estudio de CBR del proyecto "Estabilización de Sub Rasante Mediante Cal y Ceniza de Quinoa en Suelos del Centro Poblado Viñas, Tayacaja, Huancavelica" es parte del presente estudio.

El ensayo de C.B.R. Mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, la ASTM denomina a este ensayo, simplemente como "Relación de soporte" y esta normado con el número ASTM D 1883-73.

Se aplica para evaluación de la calidad relativa de suelos de subrasante, algunos materiales de sub - bases y bases granulares, que contengan solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz de 50 mm, y que es retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que la fracción no exceda del 20%.

Este ensayo puede realizarse tanto en laboratorio como en terreno, aunque este último no es muy practicado.

De la calicata C-1 del TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, la primera es la muestra del terreno natural, la segunda con 3% de cal, la tercera con 5% de cal, la cuarta con 7% de cal, para finalmente observar que el terreno natural y con la adición

de cal cuenta con lo establecido de ser un suelo con $CBR > 6\%$ indicando la buena calidad de soporte, cabe mencionar que mientras más proporción de cal, mayor es el CBR o la capacidad de soporte como indica los resultados para la muestra 3 presentando un CBR al 95% de 19.95% como lo indica la tabla N°22.

De la calicata C-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500 la primera es muestra del terreno natural contando con valores dentro de lo permitido, la segunda con 15% de ceniza natural, la tercera con 20% de ceniza natural, la cuarta con 25% de ceniza natural, se puede observar para cada una de las muestras que los CBR calculados son mayores a 6%, indicando la buena capacidad de soporte tanto en el terreno natural, y con las adicione de ceniza de quinua que cumplen satisfactoriamente los requisitos de calidad como lo indica la tabla N°23.

Para la calicata C-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km.1+750 la primera es muestra del terreno natural contando con valores dentro de lo permitido, la segunda con 5% de cal+10% de ceniza de quinua, la tercera con 7% de cal+15%de ceniza de quinua, la cuarta con 10% de cal+20%de ceniza de quinua, los resultados para esta dosificación cumplen satisfactoriamente al presentar CBR para ser una subrasante muy buena para cada una de las muestras como lo indica la tabla N°24.

4.2.3. Dosificaciones

Se cuentan con tres calicatas y de cada calicata se tiene cuatro muestras que para ello se tienen diferentes dosificaciones para cada tipo de muestra cómo se muestra a continuación:

Para ello tenemos la primera calicata C-1 del TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, donde la primera es la muestra del terreno natural, la segunda con 3% de cal, la tercera con 5% de cal, la cuarta con 7% de cal.

También se presenta la calicata C-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500 la primera es muestra del terreno natural contando con valores dentro de lo permitido, la segunda con 15% de ceniza natural, la tercera con 20% de ceniza natural, la cuarta con 25% de ceniza natural.

También se tiene la calicata C-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES- CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km.1+750 la primera es muestra del terreno natural contando con valores dentro de lo permitido, la segunda con 5% de cal+10%de ceniza de quinua, la tercera con 7% de cal+15%de ceniza de quinua, la cuarta con 10% de cal+20%de ceniza de quinua.

Los resultados para esta dosificación cumplen satisfactoriamente al presentar CBR para ser una subrasante muy buena para cada una de las

muestras y en el terreno natural también, así mismo los resultados de Proctor Modificado tanto a nivel de terreno natural y con adición de cal y ceniza de quinua sus resultados de la máxima densidad seca y la humedad óptima están dentro del rango de lo permitido para una subrasante.

Los trabajos de mecánica de suelos se han desarrollado con la finalidad de determinar las características del suelo que permitan establecer los criterios de diseño de la vía, los trabajos se desarrollaron en tres etapas; inicialmente los trabajos correspondientes al levantamiento de información, ejecutados en el campo; posteriormente los trabajos que evalúan las características de los materiales involucrados en el proyecto; y finalmente el procesamiento de toda la información recopilada que permita establecer los parámetros de diseño. Los trabajos de campo se orientaron a explorar la superficie de rodadura y el sub suelo (sub rasante), mediante la ejecución de calicatas distribuidas en el área de estudio. Se tomaron muestras disturbadas de cada una de las exploraciones ejecutadas, las mismas que fueron remitidas al laboratorio especializado

Los trabajos en el laboratorio se han orientado a determinar las características físicas y mecánicas de los suelos obtenidos del muestreo, las que sirvieron de base para determinar las características de diseño.

4.2.4. Contenido de humedad

Se ha determinado el límite líquido y plástico para cada uno de las calicatas y para cada uno de sus muestras.

Para ello se obtiene de la calicata C-1 del TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, la primera es la muestra del terreno natural, la segunda con 3% de cal, la tercera con 5% de cal, la cuarta con 7% de cal, para finalmente presentar su índice de plasticidad IP de 7.70%, 8.40%, 8.61% y 8.14% respectivamente reflejándonos que estos límites son menores a 11%, indicándonos que cumplen con los requerimientos de calidad para una subrasante del manual de carreteras.

De la calicata C-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500 la primera es muestra del terreno natural contando con valores dentro de lo permitido, la segunda con 15% de ceniza natural, la tercera con 20% de ceniza natural, la cuarta con 25% de ceniza natural, para finalmente presentar su índice de plasticidad IP de 6.40%, 7.50%, 8.74% y 7.54% respectivamente reflejándonos que estos límites son menores a 11%, indicándonos que cumplen con los requerimientos de calidad para una subrasante del manual de carreteras.

Para la calicata C-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES-CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km.1+750 la primera es muestra del terreno natural contando con valores dentro de lo permitido, la segunda con 5% de cal+10%de ceniza de quinua, la tercera con 7% de cal+15%de ceniza de

quinua, la cuarta con 10% de cal+20%de ceniza de quinua, para finalmente presentar su índice de plasticidad IP de 6.41%, 7.91%, 9.24% y 6.67% respectivamente, reflejándonos que estos resultados están por el límite de lo admisible.

CONCLUSIONES

1. La adición de cal y ceniza de quinua en muestras de suelo de subrasante incrementan los valores de la máxima densidad seca, así también para el C.B.R, según más sea la dosificación aumenta la capacidad portante siendo así todas las muestras mayores al 6%, para el índice plástico mientras se le adiciona más porcentaje de cal o ceniza de quinua el IP aumenta quedando muy por el límite de 11%.
2. Las dosificaciones con cal, ceniza de quinua en la subrasante evaluadas mediante ensayos de Proctor Modificado, generan incrementos en los valores de la máxima densidad seca en 7.61% con un 5% cal en suelo A-4(4), 10.5% con 20% ceniza de quinua en el suelo A-6(7) y 8.9% con mezclas 7% cal/15% ceniza de quinua en el suelo A-4(6), estos incrementos están relacionados directamente con la capacidad portante viéndose reflejados en el C.B.R.
3. Las dosificaciones con cal y ceniza de quinua mediante los ensayos de CBR al 95% y 100% con cal al 5%, ceniza de quinua al 20% y mezclas de 7% cal /15% ceniza de quinua, muestran incrementos del CBR al 95% en 99.5%, 61% y 97.6% respectivamente, mientras que el CBR al 100% incrementos en 70.9%, 87.7% y 77.6%

respectivamente, ambos respecto del suelo natural, por tanto la cal como la ceniza de quinua y sus mezclas favorecen las propiedades mecánicas del suelo.

4. los límites de consistencia de las calicatas C-1, C-2 y C-3 de las progresivas Km. 1+250, 1+500 y 1+750 respectivamente, presentan variación del límite líquido e índice de plasticidad con adiciones de 5% cal, 20% ceniza de quinua y 7% cal/15% ceniza de quinua, por tanto la adición de cal, ceniza de quinua y mezclas de ambos incrementan el índice de plasticidad (IP) pero que son menores a 11% cumpliendo con los requerimientos de calidad para una subrasante.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda contar con un personal adecuado y los formatos de registro para tener un buen control detallado de los ensayos de suelos, dichos análisis son esenciales para tomar decisiones en el uso de materiales para evitar ahuellamientos, piel de cocodrilo, fisuras etc., y así extender la vida útil de la vía en ejecución.
2. Se recomienda realizar más estudios con cenizas de quinua y evaluar el comportamiento físico y mecánico de los suelos con CBR < 6% y su adición de concentraciones diferenciadas.
3. Se recomienda realizar un análisis de costos unitarios respecto a la aplicación de ceniza de quinua como agente de mantenimiento de trochas carrozables.
4. Se recomienda realizar un estudio de impacto ambiental respecto de la aplicación de ceniza de quinua como agente estabilizante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Manuel Gerardo Parra Gómez (2018). “Estabilización de un Suelo con Cal y Ceniza Volante”. Bogotá, Colombia
2. Cañar Tiviano Edwin Santiago (2017). “Análisis Comparativo de la Resistencia al Corte y Estabilización de Suelos Arenosos Finos y Arcillosos Combinadas con Ceniza de Carbón”. Quito, Ecuador
3. Loreto Millaray Acevedo Alvarado (2009). “Estudio del Comportamiento de Suelos Potencialmente Expansivos en Zonas Forestales Estabilizados con Cenizas FBC”. Santiago de Chile
4. Landa Alarcon, Jacques Yitzhak (2019). “Mejoramiento de Suelos Arcillosos en Subrasante mediante el uso de Cenizas Volantes de Bagazo de Caña de Azúcar y Cal“. Lima, Perú.
5. Lux Eva Mamani Barriga (2017). “Estabilización de Suelos Arcillosos Aplicando Ceniza de Madera de Fondo, Producto de Ladrilleras Artesanales en el Departamento de Ayacucho”. Lima, Perú.
6. Díaz Vásquez, Fernando (2018). “Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv San Martín – Lonya Grande, Amazonas 2018”. Lima, Perú.
7. Gregory Felix Honores Tantalean (2018). “Estabilización de Suelos Arcillosos con Conchas de Abanico y Cenizas de Carbón con Fines de Pavimentación”. Chimbote, Perú.

- 8.** Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Per. (2018). "Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción". Lima, Peru.
- 9.** Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Per. (2018). "Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos". Lima, Peru.
- 10.** Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Per. (2016). "Manual de Ensayo de Materiales". Lima, Peru.

ANEXOS

ANEXOS 1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y PERFIL ESTRATIGRÁFICO
(CALICATAS C-1. C-2 Y C-3)



SOLICITANTE : Bach. IVÁN MAX ALMONACID ROMÁN

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE CAL Y CENIZA DE QUINUA EN SUELOS DEL CENTRO POBLADO VIÑAS, TAYACAJA, HUANCVELICA"

UBICACIÓN : TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250

FECHA : 11 DE NOVIEMBRE DEL 2019

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-1, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, TERRENO NATURAL

Muestra : M-1

PROG : M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, TERRENO NATURAL

Prof. (m) : 1.50 mts

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422

Tamiz	Abertura (mm)	%		(% Acumulado)	
		Parcial	Reto	Reto	Pasa
3"	76.200	-	-	-	-
2"	50.300	-	-	-	100.0
1 1/2"	38.100	-	-	-	100.0
1"	25.400	-	-	-	100.0
3/4"	19.050	-	-	-	100.0
1/2"	12.700	-	-	-	100.0
3/8"	9.525	0.1	0.1	99.9	
1/4"	6.350	0.4	0.5	99.5	
Nº4	4.750	1.0	1.5	98.5	
Nº10	2.000	1.5	3.0	97.0	
Nº20	0.840	1.0	3.9	96.1	
Nº30	0.590	1.2	5.1	94.9	
Nº40	0.425	1.1	6.2	93.8	
Nº60	0.250	1.7	7.9	92.1	
Nº100	0.149	1.3	9.1	90.9	
Nº200	0.074	1.5	10.6	89.4	
- Nº200				89.4	

% grava	: 1.5
% arena	: 9.1
% finos	: 89.4

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	: 17.87
LÍMITE PLÁSTICO (%)	: 10.17
ÍNDICE PLÁSTICO (%)	: 7.70

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : **CL**
 Clasificación AASTHO ASTM D-3282 : **A-4(4)**
 Contenido de Humedad ASTM D-2216 : **8.9%**



JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
 (ALTURA DEL PUENTE CARRION)
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
 RUC. 20568764995,

José Luis Chibana Vila
 ESPECIALISTA MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

CEL 968111156, RPM #968111156
 CEL 971337776, RPM #971337776



PERFIL ESTRATIGRAFICO

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE CAL Y CENIZA DE QUINUA EN SUELOS DEL CENTRO POBLADO VIÑAS, TAYACAJA, HUANCAMELICA"

TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250

UBICACIÓN: TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250
 FECHA : 11 DE NOVIEMBRE DEL 2019
 SOLICITANTE: Bach. IVÁN MAX ALMONACID ROMÁN
 FECHA DE EXCAVACIÓN: 11/11/2019
 PROFUNDIDAD TOTAL (m): 1.50 mts
 PROF. NIVEL FREÁTICO (m): N.P.
 MUESTRA: **M-1**
 CALICATA: C-1, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, TERRENO NATURAL
 PROGRESIVA: M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, TERRENO NATURAL

Prof. (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de bolcos / cantos, etc.	SUCS	GRANULOMETRIA							
			0.075		0.425		2.0		75	
			%	%	%	%	%	%	%	
0.10	LIMOS INORGANICOS	ML								
0.20										
0.30	ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD DE COLOR MARRON OSCURO	CL								
0.40										
0.50										
0.60										
0.70										
0.80										
0.90										
1.00										
1.10										
1.20										
1.30										
1.40										
1.50										

NO DETERMINADO

OBSERVACIONES

José Luis Chipana Vila
 ESPECIALISTA MECÁNICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
 ASESOR TÉCNICO CIP 145416
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
 (ALTURA DEL PUENTE CARRION)
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
 RUC. 20568764995,

CEL 96811156, RPM #96811156
 CEL 97133776, RPM #97133776



SOLICITANTE : Bach. IVAN MAX ALMONACID ROMAN

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE CAL Y CENIZA DE QUINUA EN SUELOS DEL CENTRO POBLADO VIÑAS, TAYACAJA, HUANCVELICA"

TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km.

UBICACIÓN : 1+500

FECHA : 11 DE NOVIEMBRE DEL 2019

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-2, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, TERRENO NATURAL

Muestra : M-1

PROG : M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, TERRENO NATURAL

Prof. (m) : 1.50 mts

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422

Tamiz	Abertura (mm)	(%)	
		Parcial	(%) Acumulado
3"	76.200	-	-
2"	50.300	-	100.0
1 1/2"	38.100	-	100.0
1"	25.400	-	100.0
3/4"	19.050	-	100.0
1/2"	12.700	0.5	99.5
3/8"	9.525	0.3	99.2
1/4"	6.350	0.9	98.3
Nº4	4.760	0.6	97.7
Nº10	2.000	0.5	97.3
Nº20	0.840	1.1	96.2
Nº30	0.590	1.4	94.7
Nº40	0.426	0.8	93.9
Nº60	0.250	1.1	92.9
Nº100	0.149	1.5	91.4
Nº200	0.074	1.9	89.5
- Nº200		89.5	

% grava	: 2.3
% arena	: 8.3
% finos	: 89.5

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	: 22.15
LÍMITE PLÁSTICO (%)	: 12.80
ÍNDICE PLÁSTICO (%)	: 9.35

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : CL
Clasificación AASTHO ASTM D-3282 : A-6(7)
Contenido de Humedad ASTM D-2216 : 10.4%



JR 28 DE OCTUBRE Nº 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995,

GEOLUMAS SAC.
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
José Luis Chipana Vila
ESPECIALISTA MECÁNICA DE SUELOS

GEOLUMAS SAC.
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO - OIR-149418
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



PERFIL ESTRATIGRAFICO

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE CAL Y CENIZA DE QUINUA EN SUELOS DEL CENTRO POBLADO VIÑAS, TAYACAJA, HUANCAVELICA"

UBICACIÓN: TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500

FECHA : 11 DE NOVIEMBRE DEL 2019
SOLICITANTE: Bach. IVÁN MAX ALMONACID ROMÁN
MUESTRA: M-1

FECHA DE EXCAVACIÓN :
PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 1.50 mts
PROF. NIVEL FREÁTICO (m) : N.P

CALICATA : C-2, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, TERRENO NATURAL

PROGRESIVA: M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, TERRENO NATURAL

PROF. (m)	DESCRIPCIÓN DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; Índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de bolones / cantos, etc.	SUCS	GRANULOMETRÍA							
			0.075	0.150	0.300	0.600	1.180	2.000	75	200
			<	mm	mm	L.L.	U.P.	H.M.	Nº DE MUESTRA	
0.10	LIMOS INORGANICOS	ML								
0.20										
0.30	ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD DE COLOR MARRON OSCURO	CL								
0.40										
0.50										
0.60										
0.70										
0.80										
0.90										
1.00										
1.10										
1.20										
1.30										
1.40										
1.50										

NO DETERMINADO

OBSERVACIONES

GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
José Luis Chipana Vila
ESPECIALISTA MECÁNICA DE SUELOS

GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CPI 149416
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995.

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776



SOLICITANTE : Bach. IVAN MAX ALMONACID ROMÁN

TESIS : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE CAL Y CENIZA DE QUINUA EN SUELOS DEL CENTRO POBLADO VIÑAS, TAYACAJA, HUANCVELICA"

TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km.

UBICACIÓN : 1+750

FECHA : 11 DE NOVIEMBRE DEL 2019

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Calicata : C-3, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750, TERRENO NATURAL

Muestra : M-1

PROG : M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750, TERRENO NATURAL

Prof. (m) : 1.50 mts

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D-422

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Parcial Retenido	(%) Reto	(%) Acumulado Pasa
3"	76.200	-	-	100.0
2"	50.300	-	-	100.0
1 1/2"	38.100	-	-	100.0
1"	25.400	-	-	100.0
3/4"	19.050	0.3	0.3	99.7
1/2"	12.700	0.6	0.9	99.1
3/8"	9.525	0.4	1.3	98.7
1/4"	6.350	0.2	1.4	98.6
Nº4	4.760	0.1	1.6	98.4
Nº10	2.000	0.6	2.2	97.8
Nº20	0.840	1.7	3.9	96.1
Nº30	0.590	1.1	5.0	95.0
Nº40	0.426	1.6	6.6	93.4
Nº60	0.250	2.0	8.6	91.4
Nº100	0.149	1.5	10.1	89.9
Nº200	0.074	2.0	12.1	87.9
-Nº200		87.9		

% grava	: 1.6
% arena	: 10.6
% finos	: 87.9

LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	: 24.78
LÍMITE PLÁSTICO (%)	: 15.31
ÍNDICE PLÁSTICO (%)	: 9.47

Clasificación SUCS ASTM D-2487 : **CL**
 Clasificación AASTHO ASTM D-3282 : **A-4(6)**
 Contenido de Humedad ASTM D-2216 : **9.0%**



JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
 (ALTURA DEL PUENTE CARRION)
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
 RUC. 20568764995,

GEOLUMAS SAC
 LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
 José Luis Chipana Vila
 ESPECIALISTA MECÁNICA DE SUELOS

GEOLUMAS SAC
 LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
 Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
 ASESOR TÉCNICO, CIP 119416
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS,
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

CEL 968111156, RPM #968111156
 CEL 971337776, RPM #971337776

ANEXOS 2

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE
PAVIMENTACION**

TESIS:

**“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE
CAL Y CENIZA DE QUINUA EN SUELOS DEL
CENTRO POBLADO VIÑAS, TAYACAJA,
HUANCAVELICA”**

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
C-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO
POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250
(TERRENO NATURAL + 3%, 5% Y 7% DE CAL)**

SOLICITANTE:

Bach. IVÁN MAX ALMONACID ROMÁN

11 DE NOVIEMBRE DEL 2019

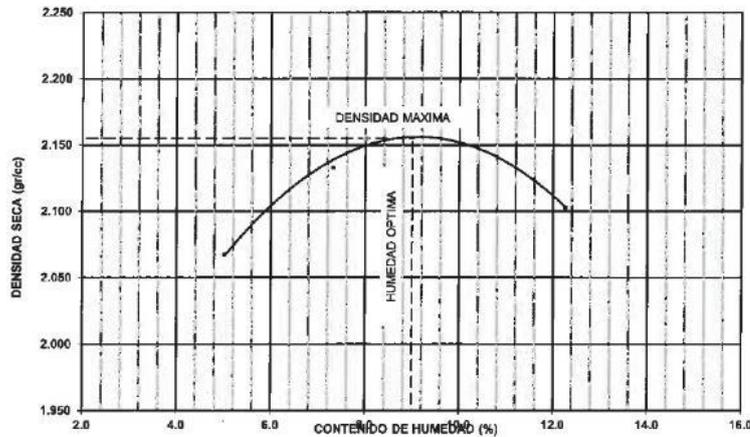


LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS :	"ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE CAL Y CENIZA DE QUINUA EN SUELOS DEL CENTRO POBLADO VIÑAS, TAYACAJA, HUANCAMELICA"	FECHA :	11 DE NOVIEMBRE DEL 2018
UBICACIÓN :	C-1, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, TERRENO NATURAL	HECHO POR :	EPD
PROGRESIVA :	M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, TERRENO NATURAL	CANTERA :	
SOLICITADO POR :	Bach. IVAN MAX ALMONACID ROMÁN	CALICATA :	C-1
LADO :	DERECHO	MUESTRA :	M-1
		PROF. :	1.50 mts

PROCTOR MODIFICADO
METODO ASTM D 1557

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO								
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2137	PESO DEL MOLDE (gr) :	5852	MOLDE Nro.	1			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3					
PESO SUELO + MOLDE	10481	10709	10833	10633				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4639	4867	4981	5081				
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.171	2.273	2.331	2.378				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
RECIPIENTE Nro.	6	20	21	8	15	13	15	13
PESO SUELO HUMEDO + TARA	184.64	167.04	178.20	181.18	175.50	173.07	175.50	173.07
PESO SUELOS SECO + TARA	174.62	162.72	168.72	169.58	164.32	162.30	158.32	155.30
PESO DE LA TARA	30.68	31.14	25.00	24.50	26.10	27.00	26.10	27.00
PESO DE AGUA	9.92	4.32	9.48	11.58	11.18	10.77	17.18	17.77
PESO DE SUELO SECO	143.96	137.72	144.22	143.48	137.32	138.20	131.32	155.30
CONTENIDO DE AGUA	6.88	3.14	6.57	8.07	8.14	7.91	13.08	11.44
% PROMEDIO DE AGUA	5.01		7.32		8.02		12.26	
PESO VOLUMETRICO SECO	2.067		2.133		2.156		2.103	
DENSIDAD MAXIMA SECA	2.155 gr/cc.		HUMEDAD OPTIMA		9.00 %			

GRAFICO DEL PROCTOR



OBSERVACIONES :

José Luis Chipana Vila
 ESPECIALISTA MECANICA DE SUELOS

Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
 ASESOR TECNICO. CIP 145416
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS, CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995.

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776

RESUMEN DE PROCTOR MODIFICADO

**C-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO
VIÑAS PROG. Km. 1+250**

ITEM	PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	PROCTOR	
				MAXIMA DENSIDAD SECA	OPTIMO DE HUMEDAD
	PROG.	TR	M		
1	C-1, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, TERRENO NATURAL	C-1	M-1	2.10	7.90
2	C-1, M-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, 3% CAL	C-1	M-2	2.15	10.80
3	C-1, M-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, 5% CAL	C-1	M-3	2.26	11.60
4	C-1, M-4, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, 7% CAL	C-1	M-4	2.08	7.90

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE
PAVIMENTACION**

TESIS:

**“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE
CAL Y CENIZA DE QUINUA EN SUELOS DEL
CENTRO POBLADO VIÑAS, TAYACAJA,
HUANCAVELICA”**

**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
C-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO
POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500
(TERRENO NATURAL + 15%, 20% Y 25%
DE CENIZA DE QUINUA)**

SOLICITANTE:

Bach. IVÁN MAX ALMONACID ROMÁN

11 DE NOVIEMBRE DEL 2019



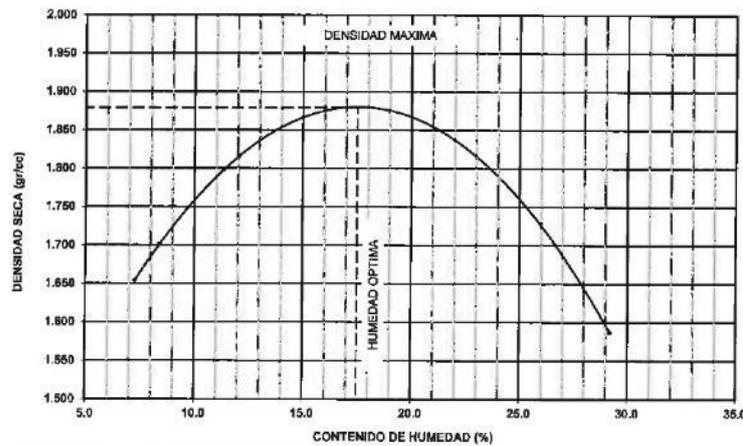
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TEJIS :	*ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE CAL Y CENIZA DE QUINUA EN SUELOS DEL CENTRO POBLADO VIÑAS, TAYACAJA, HUANCAMELICA*	FECHA :	11 DE NOVIEMBRE DEL 2019
UBICACIÓN :	C-2, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, TERRENO NATURAL	HECHO POR :	EPD
PROGRESIVA :	M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, TERRENO NATURAL	CANTERA :	
SOLICITADO POR :	Bach. IVÁN MAX ALMONACID ROMÁN	CALICATA :	C-2
LADO :	IZQUIERDO	MUESTRA :	M-1
		PROF :	1.50 mts

PROCTOR MODIFICADO

METODO ASTM D 1557

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO								
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2180	PESO DEL MOLDE (gr) :	5090	MOLDE Nro.	2			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4				
PESO SUELO + MOLDE	8988	9107	9543	9584				
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	3868	4017	4453	4494				
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.774	1.843	2.043	2.061				
CONTENIDO DE HUMEDAD								
RECIPIENTE Nro.	18	23	4	25	24	12	19	20
PESO SUELO HUMEDO + TARA	193.16	182.30	153.03	152.41	134.28	134.62	131.88	140.05
PESO SUELOS SECO + TARA	183.38	170.43	143.71	142.83	122.80	123.80	108.60	115.91
PESO DE LA TARA	26.90	27.40	31.02	30.84	30.85	30.87	30.44	31.14
PESO DE AGUA	9.78	11.87	9.32	9.58	11.48	10.82	23.38	24.14
PESO DE SUELO SECO	156.48	143.03	112.69	111.99	91.96	92.93	78.06	84.77
CONTENIDO DE AGUA	6.25	8.30	8.27	8.55	12.48	11.64	29.93	28.48
% PROMEDIO DE AGUA	7.27		8.41		12.06		29.20	
PESO VOLUMETRICO SECO	1.654		1.702		1.816		1.587	
DENSIDAD MAXIMA SECA	1.879 gr/cc.		HUMEDAD OPTIMA		17.50 %			

GRAFICO DEL PROCTOR



OBSERVACIONES :

GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
José Luis Chipana Vila
ESPECIALISTA MECANICA DE SUELOS

GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TECNICO CIP 145416
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995,

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776

**C-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO
VIÑAS PROG. Km. 1+500**

ITEM	PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	PROCTOR	
				MAXIMA DENSIDAD SECA	OPTIMO DE HUMEDAD
	PROG.	TR	M		
1	C-2, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, TERRENO NATURAL	C-2	M-1	1.90	8.80
2	C-2, M-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, 15% CENIZA DE QUINUA	C-2	M-2	1.99	8.90
3	C-2, M-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, 20% CENIZA DE QUINUA	C-2	M-3	2.10	9.20
4	C-2, M-4, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, 25% CENIZA DE QUINUA	C-2	M-4	1.96	7.20

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE
PAVIMENTACION**

TESIS:

**“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE
CAL Y CENIZA DE QUINUA EN SUELOS DEL
CENTRO POBLADO VIÑAS, TAYACAJA,
HUANCAVELICA”**

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

**C-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO
POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750**

**(TERRENO NATURAL + 5% CAL Y 10% CENIZA
DE QUINUA, 7% CAL Y 15% CENIZA DE QUINUA,
10% CAL Y 20% CENIZA DE QUINUA)**

SOLICITANTE:

Bach. IVÁN MAX ALMONACID ROMÁN

11 DE NOVIEMBRE DEL 2019



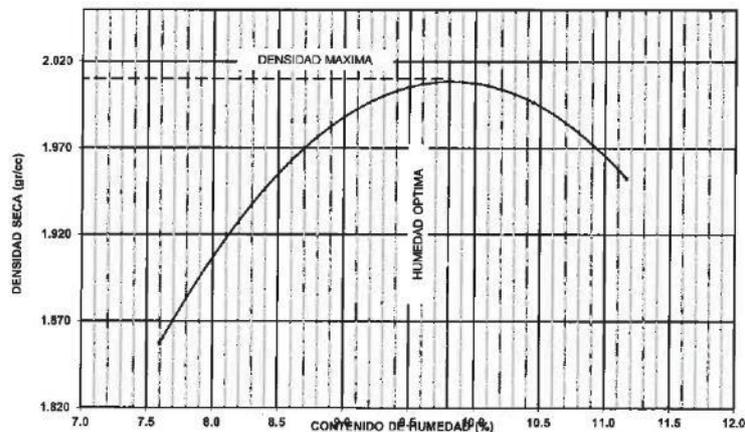
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS :	"ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE CAL Y CENIZA DE QUINUA EN SUELOS DEL CENTRO POBLADO VIÑAS, TAYACAJA, HUANCavelica"	FECHA :	11 DE NOVIEMBRE DEL 2019
UBICACIÓN :	C-2, M-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, 15% CENIZA DE QUINUA	HECHO POR :	EPD
	M-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, 15% CENIZA DE QUINUA	CANTERA :	
PROGRESIVA :		CALICATA :	C-2
SOLICITADO POR :	Bach. IVÁN MAX ALMONACID ROMÁN	MUESTRA :	M-2
LADO :	IZQUIERDO	PROF :	1.50 mts

PROCTOR MODIFICADO

METODO ASTM D 1557

METODO DE COMPACTACION : PROCTOR MODIFICADO			
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2138	PESO DEL MOLDE (gr)	5851
MOLDE Nro.			3
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3
PESO SUELO + MOLDE	10123	10596	10486
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	4272	4744	4635
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	1.998	2.219	2.168
CONTENIDO DE HUMEDAD			
RECIPIENTE Nro.	14	18	24
	6	7	10
PESO SUELO HUMEDO + TARA	199.45	197.32	181.61
	185.83	173.38	178.58
PESO SUELOS SECO + TARA	185.61	186.51	165.93
	171.70	158.75	160.45
PESO DE LA TARA	26.88	27.56	24.77
	26.32	26.62	26.13
PESO DE AGUA	13.54	10.81	15.68
	14.13	14.63	18.13
PESO DE SUELO SECO	198.03	161.74	140.81
	145.08	132.62	160.45
CONTENIDO DE AGUA	6.51	6.68	11.15
	9.74	11.03	11.30
% PROMEDIO DE AGUA	7.60	10.45	11.17
PESO VOLUMETRICO SECO	1.857	1.996	1.953
DENSIDAD MAXIMA SECA	2.010 gr/cc.		HUMEDAD OPTIMA
			9.80 %

GRAFICO DEL PROCTOR



OBSERVACIONES :

GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
José Luis Chipana Vila
ESPECIALISTA MECÁNICA DE SUELOS

GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP 15416
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGÍA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995,

CEL 988111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776

**C-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO
VIÑAS PROG. Km. 1+750**

ITEM	PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	PROCTOR	
				MAXIMA DENSIDAD SECA	OPTIMO DE HUMEDAD
	PROG.	TR	M		
1	C-3, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750, TERRENO NATURAL	C-3	M-1	1.91	7.60
2	C-3, M-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750, MEZCLA 5% CAL + 10% CENIZA DE QUINUA	C-3	M-2	1.98	8.80
3	C-3, M-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750, MEZCLA 7% CAL + 15% CENIZA DE QUINUA	C-3	M-3	2.08	10.10
4	C-3, M-4, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750, MEZCLA 10% CAL + 20% CENIZA DE QUINUA	C-3	M-4	1.92	7.20

ANEXOS 3
ENSAYO CBR

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE
PAVIMENTACION**

TESIS:

**“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE
CAL Y CENIZA DE QUINUA EN SUELOS DEL
CENTRO POBLADO VIÑAS, TAYACAJA,
HUANCAVELICA”**

ENSAYO DE CBR

**C-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO
POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250
(TERRENO NATURAL + 3%, 5% Y 7% DE CAL)**

SOLICITANTE:

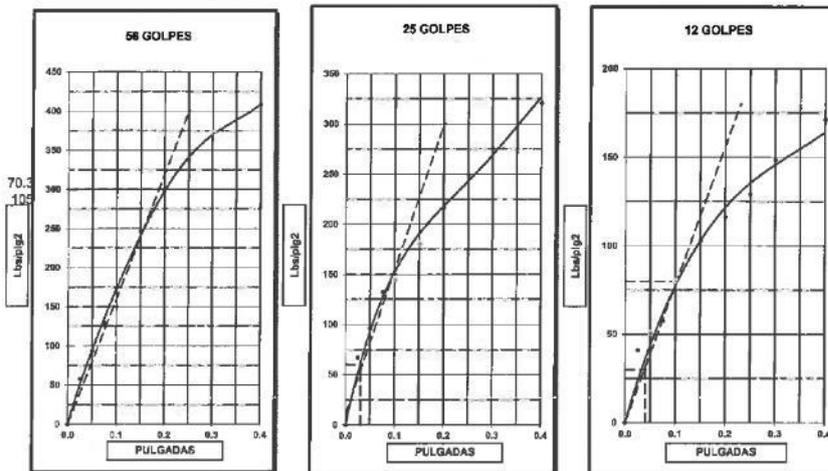
Bach. IVÁN MAX ALMONACID ROMÁN

11 DE NOVIEMBRE DEL 2019



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS		
TESIS :	"ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE CAL Y CENIZA DE QUINUA EN SUELOS DEL CENTRO POBLADO VIÑAS, TAYACAJA, HUANCAYELICA"	FECHA : 11 DE NOVIEMBRE DEL 2019
SOLICITADO :	Bch. IVÁN MAX ALMONACID ROMÁN	EFFECTUADO : EPD
UBICACIÓN :	C-1, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, TERRENO NATURAL	CALICATA : C-1
PROGRESIVA :	M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, TERRENO NATURAL	MUESTRA : M-1
LADO :	DERECHO	PROFUND.: 1.50 mts

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



VALORES DEL CBR	
CBR AL 100%	0.1" = 14.50 %
CBR AL 95%	0.1" = 10.00 %
CBR AL 100%	0.2" = 19.00 %
CBR AL 95%	0.2" = 14.80 %

LEYENDA	
—————	= 0.2" pulg.
- - - - -	= 0.1" pulg.
—————	= Corrección

DATOS DEL PROCTOR	
DENSIDAD SECA al 100%	= 2.16 gr./cc.
DENSIDAD SECA al 95%	= 2.05 gr./cc.
OPTIMO DE HUMEDAD	= 9.0 %

GEOLUMAS SAC.
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
José Luis Chipana Vila
José Luis Chipana Vila
ESPECIALISTA MECANICA DE SUELOS

GEOLUMAS SAC.
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TÉCNICO CIP 148478
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995,

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776

CUADRO C.B.R.

**C-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO
VIÑAS PROG. Km. 1+250**

ITEM	PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	C.B.R. a 0.1"	
	PROG.	TR	M	100%	95%
1	C-1, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, TERRENO NATURAL	C-1	M-1	14.50	10.00
2	C-1, M-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, 3% CAL	C-1	M-2	16.13	12.56
3	C-1, M-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, 5% CAL	C-1	M-3	24.78	19.95
4	C-1, M-4, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+250, 7% CAL	C-1	M-4	20.80	18.30

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE
PAVIMENTACION**

TESIS:

**“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE
CAL Y CENIZA DE QUINUA EN SUELOS DEL
CENTRO POBLADO VIÑAS, TAYACAJA,
HUANCAVELICA”**

ENSAYO DE CBR

**C-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO
POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500
(TERRENO NATURAL + 15%, 20% Y 25%
DE CENIZA DE QUINUA)**

SOLICITANTE:

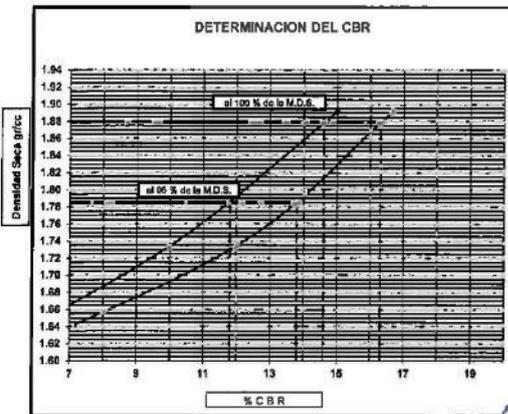
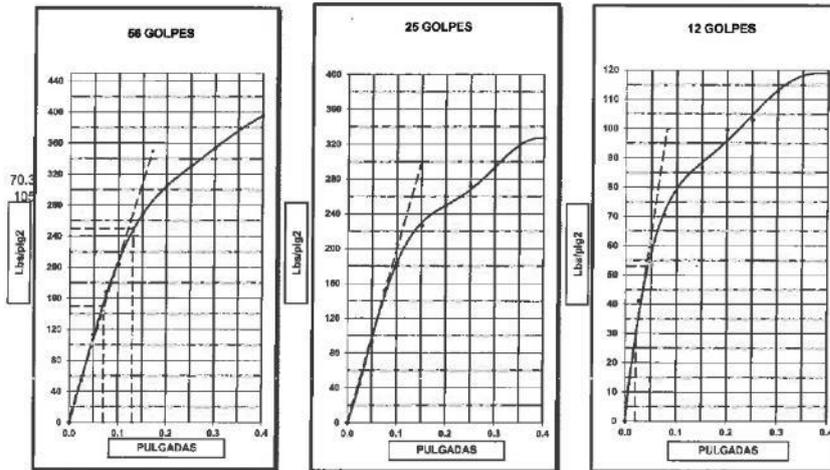
Bach. IVÁN MAX ALMONACID ROMÁN

11 DE NOVIEMBRE DEL 2019



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS:	"ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE CAL Y CENIZA DE QUINUA EN SUELOS DEL CENTRO POBLADO VIÑAS, TAYACAJA, HUANCAYELICA"	FECHA:	11 DE NOVIEMBRE DEL 2019
SOLICITADO:	Bach. IVÁN MAX ALMONACID ROMÁN	EFFECTUADO:	EPD
UBICACIÓN:	C-2, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, TERRENO NATURAL	CALICATA:	C-2
PROGRESIVA:	M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, TERRENO NATURAL	MUESTRA:	M-1
LADO:	IZQUIERDO	PROFUND.:	1.50 mts

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



VALORES DEL CBR	
CBR AL 100%	0.1" = 14.80 %
CBR AL 95%	0.1" = 11.80 %
CBR AL 100%	0.2" = 16.30 %
CBR AL 95%	0.2" = 13.80 %

LEYENDA	
—	= 0.2" pulg.
- - -	= 0.1" pulg.
---	= Corrección

DATOS DEL PROCTOR	
DENSIDAD SECA al 100%	= 1.88 gr./cc.
DENSIDAD SECA al 95%	= 1.70 gr./cc.
OPTIMO DE HUMEDAD	= 17.5 %

GEOLUMAS SAC
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
José Luis Chipana Vila
José Luis Chipana Vila
ESPECIALISTA MECANICA DE SUELOS

GEOLUMAS SAC.
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
ASESOR TECNICO CP 135415
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
CONCRETO, GEOTECHNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMSO HUANCAYO
(ALTURA DEL PUENTE CARRION)
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
RUC. 20568764995,

CEL 968111156, RPM #968111156
CEL 971337776, RPM #971337776

**C-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO
VIÑAS PROG. Km. 1+500**

ITEM	PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	C.B.R. a 0.1"	
				100%	95%
	PROG.	TR	M		
1	C-2, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, TERRENO NATURAL	C-2	M-1	14.60	11.80
2	C-2, M-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, 15% CENIZA DE QUINUA	C-2	M-2	18.40	12.70
3	C-2, M-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, 20% CENIZA DE QUINUA	C-2	M-3	27.40	19.00
4	C-2, M-4, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+500, 25% CENIZA DE QUINUA	C-2	M-4	19.40	15.00

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE
PAVIMENTACION**

TESIS:

**“ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE
CAL Y CENIZA DE QUINUA EN SUELOS DEL
CENTRO POBLADO VIÑAS, TAYACAJA,
HUANCAVELICA”**

ENSAYO DE CBR

**C-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO
POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750**

**(TERRENO NATURAL + 5% CAL Y 10% CENIZA
DE QUINUA, 7% CAL Y 15% CENIZA DE
QUINUA, 10% CAL Y 20% CENIZA DE
QUINUA)**

SOLICITANTE:

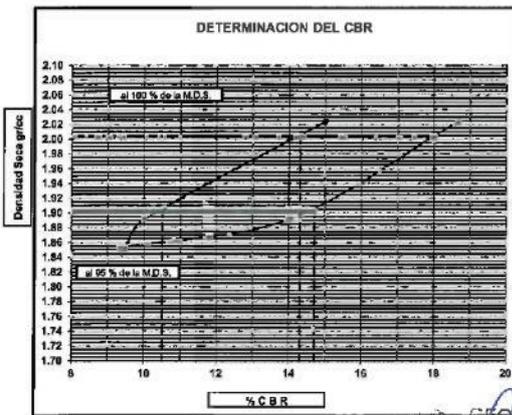
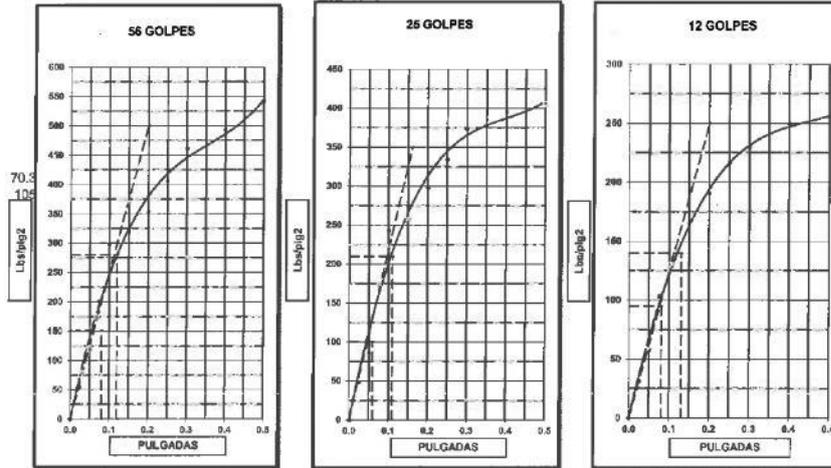
Bach. IVÁN MAX ALMONACID ROMÁN

11 DE NOVIEMBRE DEL 2019



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TESIS :	"ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE CAL Y CENIZA DE QUINUA EN SUELOS DEL CENTRO POBLADO VIÑAS, TAYACAJA, HUANCVELICA"	FECHA :	11 DE NOVIEMBRE DEL 2019
SOLICITADO :	Bech. IVÁN MAX ALMONACID ROMÁN	EFFECTUADO :	EPD
UBICACIÓN :	C-3, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750, TERRENO NATURAL	CALICATA :	C-3
PROGRESIVA :	M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750, TERRENO NATURAL	MUESTRA :	M-1
LADO :	DERECHO	PROFUND. :	1.50 mts

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



VALORES DEL CBR	
CBR AL 100%	0.1" = 14.30 %
CBR AL 95%	0.1" = 10.50 %
CBR AL 100%	0.2" = 18.00 %
CBR AL 95%	0.2" = 14.70 %

LEYENDA	
-----	= 0.2" pulg.
-----	= 0.1" pulg.
-----	= Corrección

DATOS DEL PROCTOR	
DENSIDAD SECA al 100%	= 2.00 gr./cc.
DENSIDAD SECA al 95%	= 1.90 gr./cc.
OPTIMO DE HUMEDAD	= 4.6 %


GEOLUMAS SAC.
 LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
Ing. Civil Edwin Peña Dueñas
 ASESOR TÉCNICO CP 145416
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS,
 CONCRETO, GEOTECNIA Y GEOLOGIA

JR 28 DE OCTUBRE N° 429 EL TAMBO HUANCAYO
 (ALTURA DEL PUENTE CARRION)
 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO.
 RUC. 20568764995,

CEL 968111156, RPM #968111156
 CEL 971337776, RPM #971337776

**C-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO
VIÑAS PROG. Km. 1+750**

ITEM	PROGRESIVA	CALICATA	MUESTRA	C.B.R. a 0.1”	
	PROG.			TR	M
1	C-3, M-1, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750, TERRENO NATURAL	C-3	M-1	14.30	10.50
2	C-3, M-2, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750, MEZCLA 5% CAL + 10% CENIZA DE QUINUA	C-3	M-2	18.55	15.65
3	C-3, M-3, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750, MEZCLA 7% CAL + 15% CENIZA DE QUINUA	C-3	M-3	25.40	20.75
4	C-3, M-4, TRAMO MARISCAL CÁCERES - CENTRO POBLADO VIÑAS PROG. Km. 1+750, MEZCLA 10% CAL + 20% CENIZA DE QUINUA	C-3	M-4	20.00	17.00

ANEXOS 4
PANEL FOTOGRAFICO DE LABORATORIO

Fotografía 1. Pesaje de muestra de ceniza de quinua



Fuente (Propio)

Fotografía 2. Tamizaje de muestras de suelo



Fuente (Propio)

Fotografía 3. Preparación de muestra para su colocación en horno.



Fuente (Propio)

Fotografía 4. Preparación de suelo para su posterior mezcla con la ceniza de quinua



Fuente (Propio)

Fotografía 5. Mezclado uniforme de la ceniza de quinua con el suelo.



Fuente (Propio)

Fotografía 6. Preparación de muestras para ensayo Proctor modificado



Fuente (Propio)

ANEXOS 5

PANEL FOTOGRAFICO DE EXPLORACIÓN DE CAMPO

Fotografía 1. Inspección de la trocha carrozable



Fuente (Propio)

Fotografía 2. Levantamiento topográfico



Fuente (Propio)

Fotografía 3. Excavación de la calicata



Fuente (Propio)

Fotografía 4. Observación del perfil estratigráfico del suelo



Fuente (Propio)

Fotografía 5. Evaluación de la calicata



Fuente (Propio)

Fotografía 6. Planta de quinua



Fuente (Propio)

ANEXOS 6

PLANO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

